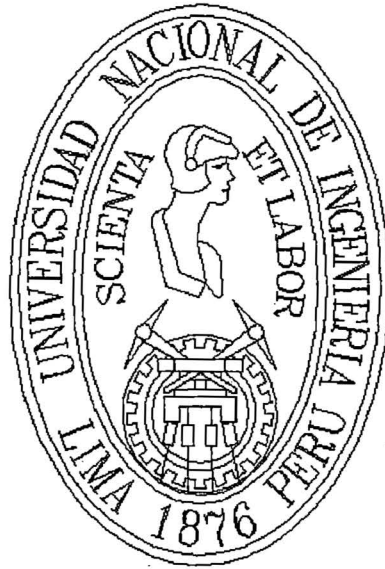


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



CONCRETOS COMPACTADOS POR RODILLADO

TESIS

**Para optar el Título Profesional de
INGENIERO CIVIL**

PERCI ADRIAN LUNAREJO CARRASCO

LIMA-PERU

2000

Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

Agradezco a mi madre por la dedicación y el esfuerzo desplegado durante las diferentes etapas de estudiante que me tocó vivir.

A mis hermanas Soledad, Lidu, Magali y Camucha por sus consejos y constancia para conmigo, durante toda la etapa de estudiante universitario.

A Susahan mi amor eterno y
agradecimiento por su apoyo
incondicional durante toda la
elaboración del presente trabajo.

A mi asesor el Ing. Enrique Rívva López por todo su apoyo y experiencia en la elaboración de trabajos de tesis, que hicieron posible la realización y desarrollo del presente tema.

Al **Consortio ODEBRECHT-CBPO** en Especial al Ing. Marcos Torres (Director de Obra) y al Ing. Dauderley de Oliveira (Gerente de Ingeniería y Comercial) por todas las facilidades brindadas para la realización del presente trabajo.

A mis compañeros de trabajo, en especial a los del Area de Ingeniería: Edwin Miranda, Alcides Soto, Carlos Untiveros, Walter Hidalgo, Maribell Morales, Marcial Chapañan, Carlos Gaona y Jorge Wertheman quienes de una u otra manera hicieron posible la ejecución del presente trabajo.

Un homenaje póstumo al profe Buenaventura Benitez quien ya no se encuentra con nosotros, porque fue él quien motivo en mí el interés en desarrollar el presente tema.

INTRODUCCION

Durante los últimos años, la noción de transportar, extender y compactar concreto empleando grandes equipos, que antes se empleaban únicamente para movimiento de tierras y compactación de enrocamientos, está cambiando radicalmente los conceptos de construcción tradicionalmente empleados en pavimentos y presas, al dar lugar a la aparición y creciente desarrollo de los denominados **"concretos compactados por rodillado" o concretos CCR.**

Aunque este tipo de concretos comienza a desarrollarse a inicios de la década de los 60 en Italia, la expresión **"Concretos compactados por rodillado"** se empleó por primera vez en 1975 en la **"Especificación General de Construcción N° G-48 para concreto compactado con rodillos"** de la Autoridad del Valle de Tennessee en los Estados Unidos. Esta especificación fue emitida para **"regir la producción y el colado de concreto sin asentamiento, mediante métodos de construcción relacionados normalmente con la colocación de enrocamientos compactados con rodillos"**.

El Comité 116 del American Concrete Institute define al concreto como **"un material compuesto que consiste esencialmente de un medio aglutinante dentro del que se encuentran contenidas fragmentos de agregado. En el concreto de cemento portland el aglutinante es una mezcla de cemento portland y agua"**. El concreto compactado por rodillado (CCR) puede definirse como uno que difiere del convencional sin asentamiento sobre todo en que requiere una consistencia lo bastante rígida para soportar el peso

de los rodillos vibratorios, pero con suficiente volumen de pasta para compactarse totalmente bajo vibración aplicada en el exterior.

El empleo creciente de los concretos compactados por rodillado, o concretos CCR, ha significado modificaciones importantes en el diseño estructural, en la selección de los materiales, en las diversas etapas del proceso de puesta en obra, y en el control de la calidad del producto terminado. Ha sido necesario desarrollar nuevas técnicas y procedimientos de trabajo en todos los aspectos mencionados. Las investigaciones y publicaciones sobre la materia son crecientes, adquiriendo este tipo de concretos importancia cada vez mayor en los Congresos.

Aunque el procedimiento de trabajo de los concretos CCR es diferente al de los concretos convencionales, y su consistencia seca corresponde a un asentamiento cuyo valor generalmente es cero en su estado no endurecido, sus propiedades al estado endurecido son similares a la de los concretos convencionales.

La aplicación de los concretos CCR a estructuras las cuales requieren que se tomen medidas para controlar y disipar el calor generado por la hidratación del material cementante, así como un mayor control de la permeabilidad, y una adecuada reducción de los cambios de volumen para llevar a un mínimo la contracción y el consiguiente agrietamiento, ha dado excelentes resultados. No así en la obtención de altas resistencias, aspecto que es secundario en elementos que trabajan por gravedad.

La presente Tesis se refiere al estudio de este tipo de concretos, cuya aplicación en el Perú recién se ha iniciado con la construcción de las estructuras del **Proyecto Marcapomacocha-MARCA III**, orientado a elevar el

INTRODUCCION

nivel de las aguas a ser derivadas para solucionar el problema de abastecimiento de la Gran Lima.

La Tesis esta dividida en dos partes. La primera de ellas comprende los diez primeros Capítulos en los que se analiza todos los aspectos referidos a los Concretos compactados por rodillado. Se estudia el concepto y desarrollo de este tipo de concretos así como los factores a considerar en su elección; el comportamiento físico-químico de estos concretos; las características principales de los materiales que deben ser empleados; las propiedades al estado no endurecido, incidiendo en la consistencia y procedimientos de determinación de la misma.

Se continúa con el estudio de las propiedades de los concretos CCR al estado endurecido, incidiendo en la gravedad específica, resistencia, propiedades elásticas, escurrimiento plástico, deformación por tensión, cambios de volumen, propiedades térmicas, coeficientes de esfuerzos térmicos, capacidad de deformación, porosidad, permeabilidad, durabilidad y peso unitario. La selección de las proporciones es un aspecto de gran importancia que es cuidadosamente analizado, ya sea que la misma se haga en función de la consistencia, por mezclas de prueba, o empleando los criterios de compactación de suelos.

A continuación se analiza el proceso constructivo de este tipo de concretos en sus diferentes etapas que van desde el procesamiento de los agregados, e incluyen la ubicación y manejo de las plantas dosificadoras, los procesos de mezclado, transporte, colocación y esparcido, compactación, juntas, encofrados, curado, sistemas de drenaje, etc. A ello sigue el procedimiento de analisis usualmente empleado para el diseño de las secciones de gravedad en las que se ha de emplear este tipo de concretos.

INTRODUCCION

Los ensayos de laboratorio y control del proceso en obra son analizados en detalle, incluyéndose criterios de entrenamiento del personal, de frecuencia de los ensayos, y de rechazo del material que pudiera considerarse inadecuado.

El primer capítulo de aplicaciones está dedicado a los pavimentos de concreto compactados por rodillado, y en él se explica todo el procedimiento a seguir en las diversas etapas del proceso para lograr estructuras de alta calidad a un bajo costo.

La segunda parte de la Tesis está dedicada al análisis del proyecto MARCA III de la derivación Marcapomacocha. En primer lugar se analiza la localización geográfica, facilidades de acceso, geología, tectónica, geodinámica, condiciones hidrometeorológicas y riesgo sísmico de la zona del proyecto.

A continuación se hace una descripción amplia y un análisis, que se ha tratado que sea lo más completo, del proceso constructivo seguido en el Proyecto Marcapomacocha MARCA III. Se incluye las consideraciones generales relativas al conjunto estructural; las consideraciones generales de diseño y construcción; los materiales empleados; el proceso de fabricación del concreto CCR; el control de la calidad de las mezclas; el proceso de transporte del concreto CCR desde la planta al punto de colocación; el proceso de colocación y compactación; las medidas de curado y protección; los tipos de encofrados y paramentos empleados; los equipos utilizados; las juntas de construcción y contracción; las obras complementarias construídas; y los tratamientos especiales empleados en la limpieza de la cimentación y en los concretos de regularización.

INTRODUCCION

Finalmente se incluyen conclusiones derivadas de la experiencia universal y de la nueva experiencia local y se incluye un listado de la amplia Bibliografía consultada.

Actualmente estoy trabajando en el Proyecto Marcapomacocha-MARCA III de forma tal que este documento conjunga aspectos teóricos revisados y estudiados con experiencia de obra. Espero que esta Tesis se constituya en un modesto aporte al estudio de un nuevo procedimiento constructivo en el campo del concreto.

INDICE

CAPITULO 1.- INTRODUCCION

1.-Definiciones	01
2.-Evolución de las presas de concreto	02
2.1.- Introducción	02
2.2.- Primera etapa	04
2.3.- Segunda etapa	05
3.-Desarrollo de los concretos CCR	10
4.-Expansión de los concretos CCR	16
5.-Factores en la elección de los concretos CCR	17
5.1.- Requerimientos del propietario	17
5.2.- Condiciones de la cimentación	18
5.3.- Disponibilidad de material cementante	18
5.4.- Condiciones sísmicas	19
5.5.- Condiciones ambientales	19
5.6.- Ancho del valle	20
5.7.- Rapidez de la construcción	20

CAPITULO 2.- FISICO-QUIMICA DE LOS CONCRETOS CCR

1.-Introducción	21
2.-Los concretos CCR	25
2.1.- Alcance	25
2.2.- La fase ligante hidratado	31
2.3.- Fase de transición agregado-ligante	32

2.4.- Zona de transición entre capas	33
--------------------------------------	----

CAPITULO 3.- MATERIALES

1.-Materiales cementantes	35
1.1.- Generalidades	35
1.2.- Cemento	38
1.3.- Puzolana	38
2.-Agregados	40
2.1.- Generalidades	40
2.2.- Agregado grueso	43
2.3.- Agregado fino	46
2.4.- Proporciones del agregado	47
3.-Aditivos	48

CAPITULO 4.- PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

1.-Consistencia	49
-----------------	----

CAPITULO 5.- PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

1.-Aspectos generales	52
2.-Gravedad Específica - Densidad	54
3.-Resistencia	55
3.1.- Resistencia en Compresión	55
3.2.- Resistencia en Tensión	58
3.3.- Corté	60
4.-Propiedades Elásticas	61
4.1.- Módulo de elasticidad	61
4.2.- Relación de Poisson	62

5.-Escurrimiento Plástico	63
6.- Capacidad de deformación por tensión	64
7.-Cambios de volumen	64
7.1.- Contracción por secado	64
7.2.- Cambio de volumen autógeno	65
8.-Propiedades térmicas	66
9.-Elevación de la temperatura adiabática	66
10.-Coeficientes de esfuerzos térmicos	67
11.-Capacidad de deformación	68
12.-Porosidad	69
12.1.- Introducción	69
12.2.- Clasificación de la porosidad	70
12.3.- Determinación de la porosidad	71
13.- Permeabilidad	73
13.1.- Definiciones	73
13.2.- Permeabilidad en los concretos CCR	74
13.3.- El coeficiente de permeabilidad	75
14.-Durabilidad	76
15.-Peso Unitario	78
16.-Comentarios y conclusiones	79

CAPITULO 6.- SELECCION DE LAS PROPORCIONES

1.-Introducción	81
2.-Aspectos Generales	84
3.-Selección en función de la consistencia	86
3.1.- Aspectos Generales	86
3.2.- Contenido de agua	87
3.3.- Contenido de material cementante	89
3.4.- Proporcionamiento del agregado grueso	90
3.5.- Proporcionamiento del agregado fino	93
3.6.- Selección de las proporciones	94

4.-Selección por mezclas de prueba	97
4.1.- Generalidades	97
4.2.- Contenido de agua	98
4.3.- Material cementante	99
4.4.- Agregados	99
4.5.- Selección de las proporciones	100
5.-Conceptos de compactación de suelos	102
5.1.- Conceptos generales	102
5.2.- Contenido de agua	104
5.3.- Contenido de material cementante	105
5.4.- Agregados	105

CAPITULO 7.- CONSTRUCCION

1.-Generalidades	106
2.-Procesamiento del agregado	112
3.-Ubicación de las plantas dosificadoras	114
4.-Mezclado	115
5.-Transporte	122
5.1.- Selección del equipo	122
5.2.- Segregación	123
5.3.- Procedimiento de colocación	124
6.-Colocación y esparcido	132
7.-Compactación	141
7.1.- Selección de los rodillos	141
7.2.- Pases mínimos y espesor de capas	144
7.3.- Tiempo y procedimiento	146
8.-Juntas horizontales	149
8.1.- Desarrollo de juntas	149
8.2.- Tratamiento de las juntas	152
8.3.- Juntas entre capas	155
9.-Consideraciones Térmicas	159

10.-Encofrados	161
10.1. Generalidades	161
10.2. Sardineles	164
10.3. Encofrados de concreto prefabricado	164
10.4. Talud no compactado	165
10.5. Encofrado de las caras	166
10.6. Resumen de encofrados de las caras	166
11.-Curado y protección del intemperismo	167
12.-Galerías y drenaje	172
13.-Características de una presa media	173

CAPITULO 8.- DISEÑO DE SECCIONES DE GRAVEDAD

1.-Generalidades	175
2.-Consideraciones de diseño	176
3.-Estabilidad contra el volteo	178
4.-Estabilidad contra el deslizamiento	180
5.-Análisis térmico	184
6.-Juntas de contracción	189
7.-Galerías y socavones	192
8.-Control de las filtraciones	193
9.-Instrumentación	196
10.-Cimentación	199
11.-Aliviaderos	202
12.-Estructuras de descarga	203

CAPITULO 9.- ENSAYOS DE LABORATORIO Y CONTROL DE OBRA

1.-Generalidades	204
2.-Entrenamiento del Personal	206
3.-Granulometría y agregados	207

4.-Proporcionamiento y mezclado	209
5.-Control del contenido de humedad	211
6.-Trabajabilidad y consistencia	212
7.-Resistencia	215
8.-Propiedades Elásticas	216
9.-Densidad	217
10.-Colocación y unión de juntas	219
11.-Frecuencia de los ensayos	220
12.-Control de la gradiente y alineamiento	221

CAPITULO 10.- PAVIMENTOS COMPACTADOS POR RODILLADO

1.-Alcance	223
2.-Materiales	225
2.1.- Cemento	225
2.2.- Agregados	225
2.3.- Agua	226
2.4.- Aditivos	226
3.-Dosificación	226
4.-Puesta en Obra	228
4.1.- Preparación de la mezcla	228
4.2.- Transporte	228
4.3.- Tiempo de uso	229
4.4.- Extendido del material	230
4.5.- Compactación y acabado	231
4.6.- Curado	232
4.7.- Juntas	232
5.-Control de calidad	233
5.1.- Control en Planta	233
5.2.- Control en Obra	234
6.-Reparación de Pavimentos	236
7.-Conclusiones	237

CAPITULO 11.-PROYECTO MARCAPOMACOCHA-ASPECTOS GENERALES

1.-Antecedentes	239
2.-Objeto del Proyecto	241
3.-Localización Geográfica	245
4.-Acceso	245
5.-Geología de la zona del proyecto	246
6.-Tectónica y estructuras	248
7.-Tectónica cuaternaria	249
8.-Geodinámica	251
9.-Geología del Reservoirio Antacoto	252
9.1.- Alcance	252
9.2.- Vaso del Reservoirio	252
9.3.- Divisoria Antacoto-Marcapomacocha	253
9.4.- Elementos Complementarios	254
10-Condicioness Hidrometeorológicas	256
11-Riesgo Sísmico	258
11.1- Introducción	258
11.2- Actividad Sísmica Histórica	258
11.3- Marco Tectónico y Fuentes Sísmicas	260
11.4- Implementación Sismotectónica	261
11.5- Marco Tectónico del Sitio	262
11.6- Respuesta Sísmica del Sitio	262
11.7- Conclusiones	263

CAPITULO 12.- PROCESO CONSTRUCTIVO-PROYECTO MARCA III

1.-Consideraciones Generales	267
2.-Consideraciones de Diseño y Construcción	269
2.1.- Generalidades	269
2.2.- Requerimientos Estructurales	271
2.3.- Criterios para el Diseño de Mezclas	272

2.4.- Concreto CCR	272
2.4.1.- Densidad y Relación pasta/mortero	273
2.4.2.- Permeabilidad	273
2.4.3.- Cohesión "in-situ" en las juntas	274
2.4.4.- Consistencia	274
2.4.5.- Criterios de Diseño de Mezclas	274
2.5.- Concreto para las caras exteriores	275
2.6.- Concreto de Regularización	276
2.7.- Requerimientos Estructurales	277
2.8.- Programa de Construcción	278
2.9.- Programa de Ensayos	278
2.10- Programa de Control de Calidad	279
3.-Materiales	279
3.1.- Generalidades	279
3.2.- Cemento	279
3.3.- Agregados	280
3.4.- Agua	282
3.5.- Aditivos	283
4.-Fabricación del concreto CCR	283
4.1.- Generalidades	283
4.2.- Composición de las mezclas	284
4.3.- Equipos y fabricación del concreto	285
5.-Control de calidad de las mezclas CCR	287
5.1.- Alcance	287
5.2.- Cemento	287
5.3.- Agregado	289
5.4.- Densidad Máxima y Consistencia	289
5.5.- Control de densidad en obra	290
5.6.- Control de humedad del concreto	291
5.7.- Control de resistencia del concreto	294
5.8.- Ensayo del tiempo Vebe	294
5.8.1.- Aparato	295
5.8.2.- Procedimiento	295

5.9.- Ensayo de la densidad Vebe	296
5.10- Vaciado de cilindros	297
6.-Transporte del concreto CCR	298
6.1.- Generalidades	298
6.2.- Transporte de la planta a la presa	299
6.3.- Transporte en el interior de la presa	301
6.4.- Capacidad de los equipos	302
7.-Colocación del concreto CCR	303
7.1.- Generalidades	303
7.2.- Condiciones climáticas	307
7.3.- Programación de la colocación	307
7.4.- Preparación de la superficie	310
7.4.1.- Alcance	310
7.4.2.- Descarga y Riego	312
7.4.3.- Procedimiento en caso de lluvia	315
8.-Compactación	316
9.-Curado y Protección	320
10-Encofrados y Paramentos	322
10.1- Generalidades	322
10.2- Sistemas alternativos	323
10.3- Tolerancias	323
11.-Equipos	325
11.1- Generalidades	325
11.2- Planta Chancadora	326
11.3- Planta para producción de mezclas	326
11.4- Equipos de transporte	327
11.5- Equipos de distribución	329
11.6- Equipos de compactación	330
11.6.1.- Rodillos Vibratorios grandes	330
11.6.2.- Rodillos Vibratorios pequeños	331
11.6.3.- Vibradores de Inmersión	332
11.7- Equipos de agua y aire a presión	333
11.8- Equipos para limpieza	333
11.9- Equipos para juntas frías	333

11.10 Otros Equipos	334
12.- Juntas Constructivas	334
12.1- Generalidades	334
12.2- Juntas con tratamiento normal	335
12.3- Juntas frías horizontales	335
12.3.1.- Tratamiento Tipo I	336
12.3.2.- Tratamiento Tipo II	337
12.4- Juntas en el frente de avance	337
13.- Juntas de contracción	338
14.- Construcción de obras complementarias	339
15.- Tratamientos especiales	340
15.1- Limpieza de la cimentación	340
15.2- Concreto de regularización	341
15.2.1.- Cimentación de Concreto Antiguo	342
16.- Tolerancias Constructivas	342

CAPITULO 13.- CONCLUSIONES	344
-----------------------------------	------------

ANEXOS

ANEXO A : RESULTADOS OBTENIDOS - PRESAS MARCA III

ANEXO B : PLANOS DE OBRA – PRESAS

BIBLIOGRAFIA

INDICE FOTOGRAFICO

Montaje Planta Dosificadora	116
Transporte y Colocación de CCR	125
Colocación y Esparcido de CCR	134
Compactación de CCR	142
Esparcido de Bedding Mix	156
Encofrados	162
Protección contra lluvias	169
Tuneles	240
Canal 2	242
Canal 3	243
Sifones	244
Pilotes y Canales	247
Presa Principal - Inyecciones	268
Planta de Concreto	284
Fabricación de CCR	285
Control de Compactación	292
Muestreo de probetas CCR	294
Ensayo de Consistencia Vebe "in-situ"	295
Transporte y Colocación de CCR	300
Colocación y Esparcido de CCR	304
Colocación de Bedding Mix	305
Colocación de Face Mix	306
Protección en caso de Lluvias	308
Presa Principal - Trabajos de Limpieza	311
Compactación de CCR	319
Juntas de Contracción Diques Intermedio y Norte B	339
Juntas de Contracción Dique Norte A y Presa Vertedora	339

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.- DEFINICIONES

El American Concrete Institute define a los términos "**compactación por rodillado**" y "**concreto compactado por rodillado**" como sigue:

- a) Se entiende por "**compactación por rodillado**" al proceso de compactar el concreto empleando un rodillo, a menudo un rodillo vibrador, o rodillo vibrante.

- b) Se entiende por "**concreto compactado por rodillado**" a aquel concreto que en estado no endurecido deberá soportar rodillado cuando está siendo compactado.

De las definiciones anteriores puede decirse que el concreto compactado por rodillado, también conocido como concreto CCR, es un concreto dosificado para, en estado no endurecido, soportar equipos de rodillado a fin de obtener compactación externa. Este concreto es diferente de los suelos cemento granulares, en los cuales se puede emplear métodos de colocación similares,

principalmente porque él contiene agregado grueso y porque desarrolla propiedades similares a las de los concretos que son colocados en forma convencional.

El concepto "**concreto CCR**" involucra un amplio rango de mezclas, cuyas propiedades dependen principalmente de las calidades del material empleado, el contenido del material cementante, el grado de compactación, y el grado de control ejercido.

Es por ello que materiales denominados en el pasado como "**rollcrete**" y "**rolled concrete**", y algunos materiales previamente referidos como suelo-cemento, o bases tratadas con cemento, pueden ser considerados como concretos CCR.

2.- EVOLUCION DE LAS PRESAS DE CONCRETO

2.1.- INTRODUCCION

El proceso constructivo de presas, desde aquellas levantadas por los romanos hasta las de nuestros días, se ha desarrollado alrededor de tres conceptos fundamentales: durabilidad, impermeabilidad y economía. En este siglo, a partir de la década de los 60, se ha desarrollado una nueva tecnología, la de los concretos compactados por rodillado o concretos CCR, más avanzada que la de las presas de concreto convencionales, en el intento de conseguir estructuras más seguras y económicas.

Esta nueva forma de concebir las presas de concreto no es más que la lógica consecuencia de la evolución de los sistemas convencionales hacia métodos y materiales de construcción acordes con el desarrollo de la técnica. Por una parte, los concretos CCR tienen la ventaja adicional de permitir que grandes volúmenes de concreto puedan ser transportados y colocados en un proceso continuo, empleando procedimientos más adecuados que aquellos convencionalmente utilizados en las presas de concreto; y por otra, el ligante empleado puede contener importantes cantidades de cenizas o puzolanas en sustitución del cemento portland.

En términos de evolución de las presas de concreto pueden establecer tres etapas:

- a) Una primera etapa, hasta 1936, que históricamente se considera como la etapa inicial.
- b) Una segunda etapa, entre 1936 y 1970, en que las presas de concreto convencional experimentan un gran desarrollo.
- c) Una tercera etapa, entre 1970 a la fecha, en la cual se comienza a experimentar con los concretos CCR y éstos comienzan a adquirir un desarrollo cada vez más importante.

2.2.- PRIMERA ETAPA

La mejor definición de lo ocurrido en la primera etapa del desarrollo de presas de concreto ha sido dada por J.L.Savage, del US Bureau of Reclamation quién, en el Segundo Congreso Internacional de Grandes Presas, realizado en Washington en 1936, afirma:

"En los últimos 50 años la tendencia ha sido desarrollar productos con muy alta resistencia y con la consiguiente alta temperatura de hidratación. Esta tendencia, conjuntamente con una mejora en los procedimientos constructivos, ha hecho evidente, durante los últimos años, la desventaja de construir grandes presas de concreto con cemento portland normal".

De acuerdo a las afirmaciones de Savage, ya en esa época existía gran preocupación entre los especialistas en concreto en relación con los problemas causados por la generación de calor de hidratación debido al empleo del cemento portland y a la relación entre éste calor y los procesos de agrietamiento.

En esta primera etapa los concretos eran colocados en capas horizontales de poco espesor, con una consistencia bastante fluída, siendo acomodados entre dos muros de albañilería y sin juntas de contracción. La lentitud de la colocación, conjuntamente con humedecimiento continuo de la capa superficial, fueron factores determinantes en la eliminación hacia el exterior del calor de hidratación y por lo tanto de la reducción de la posibilidad de agrietamiento de las presas.

La presa Bassalt, construída en Gran Bretaña en 1910, puede ser

presentada como un ejemplo de esta etapa en la historia de la construcción de presas; con paredes de albañilería, el cuerpo de la presa fue hecho de concreto colocado en capas de 70 cms de espesor, sin juntas de contracción y empleando irrigación superficial.

2.3.- SEGUNDA ETAPA

La segunda etapa, como ya se indicó, comprende el lapso entre los años 1936 y 1970, y abarca el período del desarrollo de las presas de concreto convencionales. En este período las presas se desarrollan en todos sus tipos; se modifican los tipos y cantidades de ligante, se combinan diferentes granulometrías de agregado; se modifican los procedimientos de colocación, etc.

El tipo de ligante empleado ya había sido cuestionado en la primera etapa. En ésta se desarrolla la idea de emplear cementos mezclados, con bajo calor de hidratación. Ellos se obtienen de una sustitución parcial del cemento con adiciones inorgánicas de naturaleza puzolánica o hidráulica. Las cenizas comienzan a ser empleadas con este propósito desde 1946.

En el Cuarto Congreso Internacional de Grandes Presas, celebrado en la India en 1954, se presenta la presa Bort, en la que se ha empleado como cementante una combinación de 30% de cemento portland, 68.5% de escoria granulada, y 1.5% de yeso. En el mismo evento, se presenta la presa Mettur, construída en la India, en la cual se ha empleado en el cuerpo de la estructura una mezcla de 107 kg/m³ de cemento portland y 21 kg/m³ de una arcilla cocida con propiedades puzolánicas.

En el Sexto Congreso Internacional de Grandes Presas, celebrado en Nueva York en 1958, el Bureau of Reclamation, anuncia las cinco grandes ventajas del empleo en el material ligante de cenizas de la clase F de la clasificación de la ASTM:

- .- Resistencias ligeramente menores antes de los 28 días e iguales o ligeramente mayores después de los 90 días.
- .- Valores de emisión de calor 50% a 60% menores.
- .- Mayor impermeabilidad.
- .- Menor expansividad.
- .- Mayor facilidad de colocación.

Igualmente se indica que estos concretos son menos resistentes a la congelación sugiriéndose, como solución a este problema, el empleo de aditivos incorporadores de aire.

En el Octavo Congreso Internacional de Presas celebrado en Edimburgo, Gran Bretaña, en 1964, el motivo principal del Congreso fue el empleo de material puzolánico, específicamente cenizas, como sustituto parcial del cemento portland y, por lo tanto, el empleo de cementos de bajo calor de hidratación. El experto ruso Stolnikov resume el problema indicando que un contenido excesivo de cemento puede ser peligroso. Los efectos positivos de sustituir 25% a 35% del cemento portland con materiales puzolánicos se han determinado a partir de la experiencia norteamericana con un gran número de concretos.

En esta etapa las diferencias en el contenido de ligante pueden ser clasificadas geográficamente: mezclas ricas con altos dosajes de ligante, alrededor de 200 kg/m³ en Europa, y mezclas pobres con bajo dosaje de ligante, alrededor de 150 kg/m³, en Norteamérica.

Conviene indicar que ya desde 1958 surgió en los Estados Unidos una clara tendencia en favor de emplear concretos con diferentes características, y por lo tanto diferentes contenidos de ligante, para el cuerpo y las caras de las presas. En las presas Hungry Horse, Hoover, Grand Coulee, Shata y Friand, construídas por el Bureau of Reclamation, se empleó en las mezclas usadas en el cuerpo de la presa 111 kg/m³ de cemento y 56 kg/m³ de ceniza (33%), y 167 kg/m³ de cemento y 56 kg/m³ de cenizas (25%) para la cara.

En el caso de los agregados, se sitúa el límite entre agregado grueso y arenas de alrededor de 5 mm; considerándose finos aquellos materiales que pasan la malla N° 200 y, en algunos casos, la Malla N° 100. En esta segunda etapa los debates principales en relación con el agregado se centran en la granulometría, en la conveniencia que sea continua o discontinua, en el tamaño máximo, en la proporción del agregado en la mezcla, y en el empleo de finos.

Igualmente en esta etapa, recogiendo en parte los criterios de Abrams, el especialista Reinus plantea en 1951 su posición sobre el tamaño máximo del agregado indicando que **"cuanto mayor sea el tamaño máximo del agregado empleado, menor será el contenido de cemento a ser empleado"**.

En general puede afirmarse que, en esta etapa, el tamaño máximo del agregado empleado en los concretos convencionales varía entre 80 a 150 mm. y excepcionalmente 200 mm. Se emplea con éxito agregados de granulometrías continua y discontinua.

En el Sexto Congreso Internacional de Grandes Presas realizado en Nueva York en 1958, se exponen diversos casos de empleo de agregado discontinuo ya sea para concretos de piedra bruta o concretos inyectados. El término "**Colcreto**" designa a los concretos empleados en la presa Rochon (Islas Seychelles) y en las presas Older, Oker y Borberina en Alemania. El concreto de base empleado en la presa Oker tiene un agregado de tamaño máximo de 30 mm y proporciones de mezcla con 300 kg/m³ de ligante en las que piedras de 200 a 400 mm son introducidas por vibración, hasta ocupar el 60% del volumen total, con lo que se reduce el ligante a un promedio de 165 kg/m³.

En el Setimo Congreso Internacional de Grandes presas, celebrado en Roma en 1961, se vió al agregado de granulometría continua como la opción generalmente aceptada, principalmente debido a argumentos de orden económico, debido a que el agregado de granulometría discontinua requiere el rechazo o reciclaje de determinados tamaños. Aún así, las siguientes ventajas fueron señaladas para el agregado de granulometría discontinua: economía en el mortero; y mejor trabajabilidad, características térmicas, contracción y durabilidad.

En este mismo Congreso se sugirió que, a fin de obtener la más adecuada curva granulométrica combinada, era mejor separar el agregado grueso en 3, 4 ó aún 5 tamaños, evitando en esta forma la formación de tamaños bien diferenciados. Se recomienda el empleo de dos tamaños de arena.

Uno de los aspectos más debatidos es el referido a los finos que pasan la Malla ASTM N° 200. Algunos investigadores solicitan el rechazo de todos los finos que pasan la Malla N° 200, y algunas veces aún la Malla N° 100 y, aunque la idea ha sido aceptada por unos y combatida por otros, quienes la defienden

lo justifican por la obtención de las siguientes ventajas:

- .- Mejora en la durabilidad.
- .- Mejora en la impermeabilidad.
- .- Mejora en la resistencia.
- .- Reducción en la demanda de agua.

Los ingenieros japoneses, en base a su experiencia en la construcción de las presas Yakuma y Tagora, indican la posibilidad de obtener mayores resistencias y más eficiencia de mezclas pobres, por el empleo de arenas con un contenido de filler del orden del 10%, sin perjuicios significativos en la durabilidad. Otros investigadores proponen monitorear el comportamiento de los finos sin eliminarlos. El Army Corps, en base a sus trabajos en mezclas pobres, propone el empleo de finos como una adición al ligante. Se indica que todas las opciones están condicionadas por la naturaleza de los finos.

En todos los casos debe considerarse que la actividad de los finos que están presentes en los agregados es una materia compleja que esta relacionada a las reacciones sólidas y topoquímicas así como a las reacciones de hidratación del ligante.

3.- DESARROLLO DE LOS CONCRETOS CCR

Los concretos CCR se desarrollaron como un resultado de los esfuerzos para diseñar presas de concreto más económicas y que pudieran construirse más rápidamente. En 1960 se plantea la idea de combinar las ventajas de presas hechas de material suelto con las ventajas de la construcción en concreto.

La primera colocación de concretos CCR en presas fue efectuada entre 1960-61 para el núcleo de la presa Shihmen en Taiwan. Se empleó el mismo agregado de granulometría continua utilizado para los concretos convencionales. La proporción del ligante en la mezcla fue de 107 kg/m³. Se empleó volquetes para transportar el concreto, el cual fue esparcido en capas de 30 cms de espesor empleando bulldozer. El material fue compactado por el tránsito de los volquetes y bulldozer empleados en la distribución y compactación del concreto. El óptimo contenido de humedad fue obtenido siguiendo el Método del Proctor Modificado.

La presa Alpe Gere, de 172 mts de altura, fue construida en Italia entre 1961 y 1965. Empleando el método del material pobre el concreto fue colocado con topadoras en capas de 70 cms de espesor. La compactación fue efectuada con grupos de vibradores internos soportados por maquinaria. Las juntas transversales fueron definidas por cortes en cada capa. La impermeabilidad de la presa fue garantizada por cobertura de la cara aguas arriba con placas metálicas.

Una metodología análoga fue aplicada en la construcción de la presa Quavira Della Miniera, también construida en Italia.

Igualmente en 1965 en la presa Manicougan, de 18 mts de altura, construída en Canada en 1965, una masa central de concreto pobre, fue colocada por topadoras e internamente vibrada entre encofrados deslizantes y bloques de concreto prefabricados para dos alas de la presa de gravedad.

En la Conferencia "**Rapid Construction of Concrete Dams**" celebrada en 1970, el especialista Raphael presenta una ponencia "**Las presas de gravedad óptimas**", en el cual extrapola de las aplicaciones de suelo-cemento el concepto de colocación y compactación de un terraplen, preparado con material de una cantera granular el cual ha sido enriquecido con cemento, empleando equipos de alta capacidad para el movimiento de tierras y la compactación.

En este estudio Raphael anota que el incremento en la resistencia al corte de los materiales estabilizados con cemento dará por resultado una reducción significativa de la sección transversal si se la compara con un presa típica de terraplén, así como que el empleo de procedimientos de colocación continua, similares a los empleados en presas de tierra, dará por resultado ahorros importantes en tiempo y dinero cuando se los compara con los procedimientos tradicionales de construcción de presas de gravedad de concreto.

Aunque los concretos CCR con las secciones masivas empleando agregado grande no eran una novedad, la ponencia de Raphael fue la primera en reconocer que ese método de construcción era el más conveniente para ser empleado en la construcción de grandes presas.

La aplicación de mezclas pobres a la presa Shihmen es descrita en 1962 por John Lowe, quien sugiere el posible empleo de compactadores metálicos

o con neumáticos para compactar el concreto. Él inventa la palabra **"rollcrete"** como una abreviación del concreto compactado por rodillado. Este trabajo permaneció sin ser difundido hasta 1981.

La presa Sly Creek Dam, para la irrigación Oroville-Wyandotte Irrigation, fue diseñada como una presa de suelo-cemento de alta compactación en 1967. El concreto CCR, conteniendo agregado grueso de cantera, fue empleado para la masa de cimentación que debía soportar los conductos exteriores de la presa Cochite en Nuevo México en 1968.

En 1972 Cannon presenta los resultados de los ensayos en un concreto pobre CCR, para el cual se empleo agregado de granulometría controlada transportado por camiones, esparcido empleando un cargador frontal, y compactado empleando un rodillo vibratorio en la presa Tims Ford. En 1972 y 1973 el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos construye, empleando concretos CCR, secciones de las presas Jackson, Missisipi y Lost Creek en Oregon.

Comenzando en 1974 y continuando hasta 1982, más de tres millones de metros cúbicos de concreto CCR fueron colocados en la presa Tarbela en Pakistán. La aplicación inicial fue para reemplazar rocas y terraplenes que se presentaron cuando uno de cuatro túneles de desfogue de 12 metros de diámetro colapso durante el llenado inicial del reservorio. La reparación fue seguida por trabajos de rehabilitación de los aliviaderos auxiliares y de servicio. En la reparación del tunel se colocaron 400,000 metros cúbicos de concreto CCR en 42 días de trabajo, con un promedio de cerca de 10,000 metros cúbicos por día y una colocación máxima diaria de 20,000 m³ de concreto CCR con agregado de tamaño máximo de 150 mm y contenido de cemento portland de 135 kg/m³. La confianza en la resistencia a la erosión de los concretos CCR fue confirmada cuando aliviaderos en servicio, en los cuales se empleó concreto

CCR con agregado grueso de 150 mm y aproximadamente 10% de finos pasando la Malla N° 200, fueron sometidos a un alto flujo en 1980 sin una erosión apreciable.

Uno de los primeros usos efectivos de los concretos CCR en los Estados Unidos fue en 1976 en la Planta Nuclear Bellefonte, en la que se empleó cerca de 7,000 metros cúbicos de concreto CCR para elevar, en tres metros, la base que soportaba las turbinas.

Igualmente se ha empleado entre 1978 y 1980 en canales de encausamiento adyacentes al río Tanana, en el proyecto Chena en Alaska, así como para protección de enrocados de la segunda casa de fuerza de Bonneville en Washington.

Basandose en la información desarrollada en sus investigaciones iniciales y en los resultados de los ensayos de secciones, el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos diseñó, en 1974, una alternativa de concreto CCR para la presa Zintel Canyon cerca de Kennewick en Washington, construída para sustituir a una presa de tierra. El concepto de una presa de gravedad más económica llevó a que encontraran que las secciones de enrocado podían ser reducidas a una sección típica de una presa convencional de gravedad con una cara vertical aguas arriba.

Si bien no fue construída siguiendo las técnicas de los concretos CCR, los conceptos aplicados en la presa Zintel Canyon fueron desarrollados en la presa Willow Creek, en Oregón, la cual, cuando fue terminada en 1982, fue la primera presa grande del mundo construída casi enteramente de concreto CCR.

La presa Willow Creek, de 50 metros de alto, confirmó la economía y rapidez de construcción que eran posibles empleando los concretos CCR. Más de 400,000 metros cúbicos de concreto CCR fueron colocados en menos de 5 meses con un costo aproximado de \$ 20/m³, incluyendo los paneles de concreto prefabricados que forman la cara vertical aguas arriba y todos los costos incidentales del concreto masivo CCR. El concreto CCR empleado fue diseñado con un agregado triturado de tamaño máximo de 76 mm y 4% a 10% de finos pasando la malla N° 200. La cantidad de ligante variaba dependiendo de la parte de la estructura en la que era empleado. Por ejemplo, para el concreto CCR de las partes internas se utilizó un ligante con 47 kg/m³ de cemento y 19 kg/m³ de cenizas. El espesor de las capas variaba de 24 a 34 cms y fue controlado por laser.

Aunque los concretos CCR han sido siendo desarrollados como un nuevo material y concepto en los Estados Unidos, se han realizado importantes investigaciones en el Reino Unido y en el Japón, orientadas principalmente a buscar mejores aplicaciones en presas.

En el Reino Unido, las investigaciones de laboratorio sobre los concretos CCR, a los que en una época se denominó "**concretos secos pobres**" se han efectuado en la Universidad de Newcastle entre 1971 y 1977. En la década de los 70 se ha efectuado un extenso programa de investigación sobre concretos CCR con alto contenido de cenizas, el cual fue auspiciado por la Construction Industry Research y conducido por la Southwest Water Authority. Además de las investigaciones de laboratorio, una sección de ensayos fue completada en Cornwall en 1976 y un ensayo a escala natural fue conducido en la presa Wimbleball en 1979.

Los resultados de las investigaciones anteriores no fueron aplicados en el Reino Unido en presas importantes, pero sirvieron de base para que el U.S.

Bureau of Reclamation los empleara en el diseño de la presa Upper Stillwater en Utah. Esta presa, terminada en 1987, tiene 90 metros de altura y en ella se han empleado un millón de metros cúbicos de concreto CCR colocado empleando encofrados deslizantes horizontales, y utilizando concreto con aire incorporado en los elementos de acabado.

En Japón se iniciaron, en 1974, las investigaciones relacionadas con el empleo de concretos CCR en presas, bajo la supervisión del Committee on Rationalized Construction of Concrete Dams. Los resultados condujeron al empleo del concreto CCR en el cuerpo principal de la presa Shimajigawa, de 89 mts de altura, comenzada en 1978 y finalizada en 1980, y para la losa de cimentación de la presa Ohkawa comenzada en 1979. Las proporciones de la mezcla del concreto CCR para ambas presas contenía 130 kg/m³ de un ligante compuesto de cemento portland y 30% de cenizas, y un agregado con un tamaño máximo de 80 mm.

Capas de 7 cms o mayores, esparcidas en tres a cinco capas, ligadas entre ellas por mortero colocado antes de vaciar la capa siguiente, es la característica de los concretos CCR japoneses. Las construcciones con concreto CCR han sido empleadas para las partes más importantes de la mayoría de las presas japonesas antes que en Estados Unidos se iniciara la presa Willow Creek. El uso importante de concretos CCR conjuntamente con los concretos convencionales, ha dado por resultado presas de gravedad de diseño, comportamiento y apariencia convencionales.

Canada fue, igualmente, uno de los primeros usuarios del concreto CCR empleándolo en la presa Revelstoke en British Columbia en 1980.

Desde estos primeros proyectos, los concretos CCR han ganado rápidamente popularidad y han sido empleados en estructuras completas en Brasil, Venezuela, Francia, Australia y Sudafrica. Los concretos CCR están siendo incorporados en otros tipos de estructuras, con diversos conceptos de diseño y construcción. Como en el caso de los concretos convencionales, no parece haber un límite al tamaño y tipo de las estructuras que pueden ser diseñadas y construídas con concretos CCR. Tal es el caso de los pavimentos de concreto CCR los cuales están siendo estudiados en profundidad por el Comité 325 del American Concrete Institute.

En las décadas de los 80 y los 90 ha continuado incrementandose, como se verá a continuación, la construcción de presas a base de concretos CCR. Las técnicas de colocación han mejorado, así como los criterios de selección y dosificación de los materiales. En la etapa actual la novedad más importante es como obtener la mejor combinación y armonización a fin de obtener procesos constructivos más rápidos y económicos.

En el Peru el proceso de construcción de presas empleando concretos CCR se inicia con el Proyecto Marcapomacocha-Marca III, el cual será descrito en el Capítulo 11

4.- EXPANSION DE LOS CONCRETOS CCR

A fines de 1986 únicamente habían 15 presas de concreto CCR completas en el mundo. De ellas seis en los Estados Unidos; dos en Sud Africa, Australia y Japón; y una en Brasil, España y China. A fines de 1994 existen 129 presas con concreto CCR completas y 32 estaban bajo construcción. Además

de los países indicados, había presas en Colombia, Chile, Argentina, Guayana FRancesa, Honduras, México, Canada, Francia, Italia, Rumania, Grecia, Marruecos, Angola, Tailandia y Australia.

Se han construido presas con concretos CCR en todo tipo de climas, desde los más áridos hasta los más fríos. Igualmente se han construido en todo tipo de países, desde los más desarrollados a los más pobres. Se estima que no hay ninguna área, excepto posiblemente aquellas con lluvias muy fuertes, en las que las presas de concreto CCR no sea una opción viable.

Las presas de concreto CCR han sido construidas para irrigación, control de flujo, abastecimiento de agua, generación de energía, navegación, recreación y control de la polución.

5.- FACTORES EN LA ELECCION DE LOS CONCRETOS CCR

Cada una de las presas CCR es única y el tipo elegido deberá depender de diversos factores. Algunos de ellos son considerados en este trabajo:

5.1.- REQUERIMIENTOS DEL PROPIETARIO

El factor más importante que puede influir en la elección del tipo de presa CCR son los requerimientos del propietario, quien establecerá las condiciones específicas que orientarán la labor del diseñador.

Todo proyecto de ingeniería, no únicamente las presas, deberá ser considerado en función del tiempo, calidad y costo. Generalmente, cuanto más rápidamente se requiere la terminación del proyecto mayor es el costo. En forma similar, cuanto más alta es la calidad mayor es el costo. Las presas preparadas con concreto CCR no escapan a esta regla general y el diseñador debe tener ello en consideración al elaborar el diseño y las especificaciones.

5.2.- CONDICIONES DE LA CIMENTACION

Si existe una excelente cimentación en roca probablemente que existan restricciones en la forma de la presa de concreto CCR. Si a una buena cimentación se añade un valle estrecho deberá considerarse una presa de gravedad en arco, o aún una presa en arco.

Sin embargo, si las condiciones de la cimentación son menos satisfactorias, algunas de las soluciones pensadas pueden ser menos viables. Por ejemplo, si el ancho de la base puede ser incrementado para una mejor distribución de las presiones, puede ser más económico pensar en un mayor volumen de un material más barato.

5.3.- DISPONIBILIDAD DE MATERIAL CEMENTANTE

Prácticamente todos los concretos CCR tienen alguna forma de puzolana. En la mayoría de los países la puzolana es disponible y si ella no es excesivamente costosa, la solución más viable usualmente es emplear presas con concreto CCR en las que el material cementante contenga una alta proporción de puzolana, y que tenga una resistencia relativamente alta y un bajo volumen. Por otra parte, si la puzolana es cara, deberá emplearse poca o

ninguna y pensarse en otra solución.

5.4.- CONDICIONES SISMICAS

Un número importante de grandes presas en las que se ha empleado o se emplea concretos CCR están siendo o han sido construídas en áreas de alta sismicidad. Ello, conjuntamente con las condiciones de cimentación puede influir en el perfil de la presa y el tipo de concreto CCR que es elegido.

Así, dadas una pobre cimentación y una alta carga sísmica, una presa de relleno consolidado, o una solución similar, puede ser una opción. De otra parte, dadas una buena cimentación y un valle estrecho, una presa de gravedad en arco de alta resistencia puede ser la solución. Es evidente que entre estos dos extremos hay muchas alternativas.

5.5.- CONDICIONES AMBIENTALES

En algunos sitios las condiciones de clima pueden ser extremas, pudiendo haber zonas de inviernos muy fríos. En esos casos la presa debe ser construída muy rápidamente durante la estación cálida y la estructura deberá tener un revestimiento muy durable.

En ciertas regiones de China, las presas de concreto CCR son diseñadas y construídas de manera tal que el concreto es colocado únicamente durante el invierno, el cual es relativamente seco y frío, y la construcción cesa durante el verano, el cual es cálido y húmedo.

5.6.- ANCHO DEL VALLE

Con un valle estrecho y una buena cimentación existe la posibilidad de una solución de una presa de gravedad en arco. Sin embargo, con un valle ancho, se ha encontrado que la formación de las caras por encofrados deslizantes es más viable. Pero esta solución es adecuada únicamente si hay suficiente longitud como para que la pavimentadora opere económicamente.

5.7.- RAPIDEZ DE LA CONSTRUCCION

Dadas determinadas condiciones de clima, el método de construcción potencialmente rápido de los concretos CCR puede tener distintas ventajas cuando se lo compara con otras formas de construcción de presas.

Hay presas que han sido construídas muy rápidamente, por ejemplo Stagecoach en los Estados Unidos. Una presa de 100 metros de altura construída con concreto CCR puede ser terminada en 10 meses como mínimo, dependiendo el máximo de la urgencia de los propietarios y de las facilidades de todo orden disponibles, incluyendo las económicas.

CAPITULO 2

FISICO QUIMICA DE LOS CONCRETOS CCR

1.- INTRODUCCION

En la construcción de presas solamente deberán utilizarse materiales cuyas propiedades intrínsecas, su evolución y colocación puedan ser monitoreados.

El concreto fresco es un estado de éste en el cual las partículas sólidas (ligante, arena y grava) son capaces de desplazarse independientemente las unas de las otras. En la práctica, el concreto en este estado está expuesto a segregación, pero ofrece la posibilidad de consolidarse, minimizando de esta manera su porosidad inicial. La necesidad y el deseo de entender y monitorear el comportamiento del concreto en este estado ha llevado al desarrollo de procedimientos de medición de la consistencia.

El concreto endurecido es un sólido, un conglomerado, un material poroso, cohesivo y dinámico. La estructura de un sólido puede entonces ser definida como la relación entre la posición en el espacio de los elementos individuales primarios y las fuerzas de atracción que actúan entre ellos.

La interacción de algunos elementos con otros y con el medio deberá ser estudiada en los diferentes niveles estructurales del concreto. Una clasificación de esos niveles deberá ser:

- a) Nivel atómico-molecular. Este es el más elemental o nivel primario del concreto. Las siguientes propiedades deberán corresponder a este nivel:

- .- Solubilidad en agua.
- .- Posibilidad de reaccionar con el agua o de resistir su acción.
- .- Estabilidad térmica.
- .- Atracción a diferentes tipos de compuestos químicos.

En este nivel se encuentran las características químicas del material y determina resistencia del concreto a los agentes agresivos del entorno.

- b) La superficie de la interface entre las diferentes partículas primarias determina el siguiente nivel en la complejidad estructural. La energía superficial de cada partícula condiciona su comportamiento en relación con el resto de las partículas que la rodean.

- c) En el tercer nivel esta la formación de multipartículas y espacios de aire. En este nivel, las propiedades del concreto determinan su capacidad para resistir numerosas influencias agresivas, incluidos los ciclos de congelación y deshielo.

Es en este nivel en el que aparece el concepto de porosidad. Aún más, la resistencia, densidad y permeabilidad del concreto son ensayadas en muestras cuya composición está definida en este tercer nivel.

- d) El nivel de elemento estructural, lo cual condiciona la distribución de esfuerzos.

El concreto es un material altamente heterogeneo y dinámico dependiendo del entorno. La naturaleza porosa del concreto y la fase acuosa contenida en los poros, entre otros parámetros, tienen un rol fundamental en la evolución del concreto y, por lo tanto, sobre sus características intrínsecas.

Los poros y la fase acuosa que ellos contienen constituyen un sistema termodinámico continuo e interreactivo, cuyos balances fluctuantes dependen del medio externo, humedad relativa, penetración de los agentes químicos, etc. La composición química de la fase acuosa contenida en los poros regula los mecanismos reactivos.

La estructura de los poros y la configuración de grietas, así como el agua que ellos contienen, son factores los cuales determinan la permeabilidad del concreto la cual, a su vez, controla en forma importante su relación con el medio que lo rodea.

Otra visión de la estructura del concreto puede derivarse, dada su heterogeneidad, del análisis de las diferentes fases. Por observación del aspecto del concreto endurecido es posible distinguir claramente dos fases: (a) agregados, de diversos perfiles y tamaños; y (b) medio ligante, compuesto de una pequeña masa definida porosa de pasta hidratada, la cual se denominará como HC. En el macrosistema el concreto puede ser considerado como un material de dos fases; agregado disperso y HC.

En un nivel microscópico, la complejidad de la estructura puede ser entendida mejor con la falta de homogeneidad de las dos fases. En algunas áreas, la masa HC se ve tan densa como el agregado, en tanto que en otras aparece totalmente porosa. La estructura de HC que está muy proxima al agregado es muy diferente de aquella que se encuentra en el resto del sistema. De hecho, muchos aspectos del comportamiento del concreto cargado pueden únicamente ser explicados cuando la interface HC-agregado es tratada como una tercera fase en la estructura de concreto.

En primer lugar, de acuerdo a lo indicado, pueden distinguirse tres fases: agregado grueso, HC, y la zona de transición la cual no es más que la región entre el agregado grueso y el HC. Generalmente la zona de transición es una película de 10 á 50 μm de espesor que rodea al agregado grueso. Debido a que generalmente esta área es más debil que las otras dos fases del concreto, ella tiene una influencia muy importante en el comportamiento mecánico del concreto.

En segundo lugar, cada una de las tres fases es en si misma una multifase. Por una parte, tanto la zona de transición como la matriz HC contienen una distribución heterogenea de diferentes tipos y cantidades de fase sólida, poros y microgrietas y, por otra, la composición de cada partícula de agregado puede presentar diversos minerales así como poros y microgrietas.

En tercer lugar, contrariamente a los otros materiales, la estructura del concreto no permanece estable, ya que tanto la HC como la zona de transición están sujetas a cambios con el tiempo causados por el medio ambiente.

La fase agregado es, fundamentalmente, la única responsable de la densidad, módulo de elasticidad y estabilidad dimensional del concreto.

La fase HC influye en forma decisiva sobre las características deseables de un concreto endurecido (resistencia, estabilidad dimensional y durabilidad) las cuales dependen de la proporción presente y de sus propiedades, las cuales a su vez son una función de su microestructura, incluyendo el tipo, cantidad y distribución de sólidos y poros.

La fase que corresponde a la transición HC-agregado es el escalón más débil de la cadena y también tiene una influencia decisiva sobre las propiedades deseables del concreto.

2.- LOS CONCRETOS CCR

2.1.- ALCANCE

La técnica de construcción de presas con concretos CCR parte de la necesidad de efectuar las operaciones en forma rápida y eficiente, debiendo demandarse en principio que la colocación de capas sucesivas y su

consolidación por vibración externa y compresión (con o sin tratamiento) permita obtener una masa de concreto completamente homogénea.

Si la condición indicada no es lograda, ello dará automáticamente lugar a que existan dos tipos de material: el concreto CCR que conforma las capas y el concreto CCR en la interface entre las capas o, alternativamente, la existencia de una cuarta fase en este tipo de concretos CCR, la cual sería la interface entre capas.

Con esta última visión, los concretos CCR, o más precisamente la estructura de los sólidos obtenida por una técnica similar a la empleada en la colocación de los concretos CCR, deberá estar compuesta de cuatro fases:

- .- Fase agregado.
- .- Fase HC.
- .- Zona de transición HC-agregado.
- .- Zona de transición intercapas.

Algunas similitudes pueden ser encontradas entre la zona de transición HC-agregados, por ejemplo aquellas que se relacionan a diferencias en porosidad y contenido de agua.

En general, los concretos CCR deberán permitir:

- .- Consolidación por compresión externa y vibración.
- .- Juntas entre las capas bajo determinadas condiciones.
- .- La compatibilidad y conformidad del proceso de deformación con el proceso mecánico termohidráulico.

En un determinado diseño estructural, el diseño de un material para un elemento estructural está condicionado por su interrelación con los otros elementos y con el medio. Por lo tanto, el caso no es que existan diferentes concepciones del concreto CCR, sino que lo que existe son diferentes diseños estructurales con diferentes interrelaciones entre sus elementos y la acción del entorno.

En cualquier caso, el nivel estructural de las muestras empleadas para ensayar y controlar las características (resistencia, permeabilidad, deformabilidad) de los diversos diseños de concreto corresponden al nivel de multipartículas y formación de espacios de aire, y en este nivel la porosidad aparece como la más relevante propiedad intrínseca.

En esta etapa del análisis, se puede concluir que el principal objetivo de los procesos de la selección de las proporciones de la mezcla es obtener, empleando determinados materiales, un concreto con un mínimo de porosidad.

La porosidad, esto es el volumen relativo ocupado por aire y agua, disminuye con la madurez o sea el grado de hidratación, tendiendo hacia un valor mínimo el cual corresponde al tipo y proporción del cementante empleado.

En la práctica este límite a menudo no es alcanzado, principalmente debido a que la porosidad del concreto endurecido está en gran medida influenciada por el valor de la porosidad inicial o la porosidad inmediatamente posterior a la colocación.

En todos los concretos, incluyendo los CCR, y para cualquier tipo de colocación, existe un contenido de agua para el cual la porosidad inicial no depende de la colocación. Por lo tanto debemos considerar en el análisis, por un lado la aptitud de un concreto para ser colocado y por otro su nivel de comportamiento, por ejemplo su resistencia.

De acuerdo con las observaciones anteriores, se han desarrollado equipos los cuales pueden imitar ciertos aspectos de la colocación de un determinado concreto, permitiendo de esta manera su clasificación en el laboratorio de acuerdo a su aptitud para ser colocado. Estos aparatos son denominados medidores de consistencia y el producto de su aplicación se conoce como consistencia.

Como la consistencia es una magnitud física determinada por una medición en un cierto aparato, ella sólo puede ser referida en términos del ensayo empleado, Vebe, cono de Abrams, etc. Por lo tanto es una propiedad que combina concreto y aparato.

El método del Vebe modificado es el más comunmente empleado para medir la consistencia de los concretos CCR. Este método tiende a definir un concreto el cual, después de determinada colocación, vibración y compresión externa, tiene una porosidad inicial mínima.

Mediante el empleo del método Vebe, se puede obtener un rango operacional y una minimización de la porosidad inicial de concretos colocables, mediante una determinada compresión y vibración externa.

Como ya se ha indicado, una de las condiciones que los concretos CCR deberán cumplir es que ellos deben ser capaces de ser colocados en capas y que después que han sido consolidados producir una masa continua.

En el rango operacional, esto es el rango de parámetros los cuales definen una proporción de mezcla óptima, el agua es el parámetro más influyente en la amplificación o disminución de las condiciones necesarias para obtener la apropiada unión entre las capas.

Obtener una porosidad inicial mínima y continua en la construcción no es incompatible y puede definirse un conjunto de alternativas para los parámetros críticos en el proporcionamiento de la mezcla los cuales permiten y/o facilitan la consecución de esos objetivos. El empleo de aditivos, retardadores y/o plastificantes, amplifica el conjunto de alternativas.

El conglomerado tiene dos funciones en un concreto: actuar como material de relleno y actuar como un ligante. Con referencia a la segunda función, sus proporciones dependen del comportamiento requerido y de la necesidad de obtener una porosidad inicial mínima. Generalmente, la demanda de finos como un filler es mayor que la requerida para obtener un determinado nivel de rendimiento y, por lo tanto, la correcta definición del tipo y cantidad de cementante y finos en la mezcla es de especial importancia.

Como una tercera condición en el diseño de un concreto CCR se requiere que éste permita la compatibilidad y conformidad del proceso de deformación con el proceso termohidráulico-mecánico. Durante su hidratación, los cementos hidráulicos desarrollan reacciones exotérmicas haciendo necesario que el material cementante empleado en los concretos CCR tenga un bajo calor de hidratación.

Este material cementante por lo general es un cemento con adiciones, esto es un compuesto de un cemento portland y uno o más materiales inorgánicos los cuales participan en las reacciones de hidratación y contribuyen de una manera significativa a la formación de los productos de hidratación. Uno de los materiales más frecuentemente empleados son las cenizas.

Las cenizas no tienen en si mismas propiedad alguna, es necesaria la presencia de álcalis y portlandita para producir la hidratación o la reacción puzolánica. Los hidratos que se generan en las mezclas en las que se emplea cemento y cenizas son los mismos que aquellos generados en las reacciones químicas del cemento portland, con la única diferencia de la relación C/S del silicato de calcio hidratado, la cual es generalmente menor en la presencia de cenizas.

De las cuatro fases estructurales de un concreto CCR:

- .- Fase agregado.
- .- Fase HC.
- .- Zona de transición HC-agregado grueso.
- .- Zona de transición intercapas.

Las más discriminantes con respecto a un concreto convencional son las tres últimas:

2.2.- LA FASE LIGANTE HIDRATADO

La fase ligante hidratado está compuesta de elementos sólidos y espacios llenos de aire y agua. No se encuentran diferencias sustanciales entre las fases HC de los concretos preparados con una mezcla de cementantes y aquellos preparados con cemento portland puro.

En ambos tipos de concreto los elementos sólidos son los mismos. La única diferencia está en el momento en que ellos se forman y en su cantidad relativa cuando la proporción de aditivos puzolánicos es modificada.

La transformación de la estructura porosa de la fase HC con el proceso de hidratación es más notable conforme la presencia de cenizas en el cementante se incrementa. La presencia de pequeños porcentajes de ceniza induce a una reducción en la porosidad y a una pequeña transformación en el tamaño de los poros. Con altos porcentajes de cenizas se produce una importante reducción en el tamaño de los poros aunque con una relativamente baja reducción en la porosidad total.

El empleo de cenizas como un sustituto del cemento portland en el material cementante, aún en altos porcentajes, genera estructuras en la fase HC las cuales, en el largo plazo, producen resistencias las cuales son iguales a, o mayores que, aquellas producidas con cemento portland puro. La impermeabilidad resultante es la misma aún en el corto plazo.

2.3.- FASE DE TRANSICION AGREGADO GRUESO-LIGANTE

La zona de transición entre el HC y los agregados, no solamente presenta una estructura diferente sino también diferentes propiedades.

En el concreto fresco, se forma una película de agua alrededor del agregado grueso y, por lo tanto, la relación agua-cemento es mayor en esta zona. En este medio, los iones producidos por la disolución del sulfato de calcio y los compuestos aluminio-calcio del cemento se combinan para formar etringita e hidróxido de calcio. Conforme la relación agua-cemento es más alta, los productos hidratados en la vecindad del agregado grueso se desarrollan en cristales más grandes y por lo tanto, forman una matriz más porosa que en la fase HC.

En la fase transición HC-agregado del cemento portland, los cristales laminados de hidróxido de calcio tienden a formar capas orientadas. La relación C-S-H pobremente cristalizada y una segunda generación de pequeños cristales de etringita e hidróxido de calcio comienza a llenar los vacíos existentes en la matriz primitiva, incrementando la densidad y, por lo tanto, la resistencia de la zona de transición. La presencia de adiciones puzolánicas en la forma de cenizas puede disturbar el modelo descrito, especialmente en el desarrollo de la segunda generación de hidróxido de calcio.

La resistencia de la zona de transición depende del volumen y tamaño de los vacíos presentes. Aún con una baja relación agua-cemento, en el caso de los concretos CCR, en edades iniciales el volumen y tamaño de los vacíos en la zona de transición es mayor que en la fase HC y, en consecuencia, su resistencia es menor.

Conforme el tiempo de hidratación se incrementa, la resistencia de la zona de transición puede mejorar notablemente debido a la cristalización de nuevos productos por las reacciones químicas lentas entre los constituyentes de la pasta y el agregado.

Además del gran volumen de poros capilares, otra característica de la zona de transición es la presencia de microgrietas. La cantidad de éstas depende de muchos parámetros tales como el tamaño y granulometría del agregado, el contenido de agua, el tipo y contenido del ligante, el grado de consolidación del concreto fresco, las condiciones de curado, la humedad del medio ambiente, y la historia térmica del concreto. Evidentemente, pueden existir sustanciales diferencias en esos parámetros entre los concretos CCR y su contraparte convencional.

Así por ejemplo, los concretos que contienen agregado pobremente graduado, valores máximos altos o un coeficiente de forma deficiente, favorecen la formación de películas de agua gruesas alrededor del agregado grueso. Bajo estas condiciones, la zona de transición deberá ser susceptible de agrietarse cuando ella está sometida a esfuerzos inducidos por movimientos diferenciales, tales como los inducidos por secado o enfriamiento del concreto, entre el agregado y la fase HC.

2.4.- ZONA DE TRANSICION ENTRE CAPAS

La estructura y características del concreto varían con el tiempo y su relación con el medio ambiente. Ello porque la parte superior de las capas de los concretos CCR se comporta en forma diferente que su interior. Además de ello, la parte superior de las capas puede tener la misma composición del

interior en términos de elementos sólidos y agua. Este hecho es favorecido por el tipo de colocación, esparcido y vibración externa y compresión de las capas.

Igualmente, la parte inferior de las capas superiores tiene una relación diferente con el medio ambiente que aquella de la zona interior, posiblemente debido a una diferente composición.

En cualquier caso, la zona de transición intercapas, la parte superior de la capa inferior y la parte inferior de la capa superior, está formada por materiales diferentes en términos de edad y circunstancias y su unión depende de su composición, historia y futuro.

La fase de transición intercapas está formada por la unión de dos concretos con diferente historia, los cuales no están unidos en términos de su cinética de hidratación y, como un resultado, están sujetos a esfuerzos internos y como consecuencia a posible microagrietamiento y/o separación.

La aplicación de modelos y mecanismos los cuales, en ciertos aspectos, son similares a la fase de transición HC-agregado se ha sugerido para el estudio e investigación de la fase de transición intercapas. Ello implica nuevos trabajos en el campo de la reología del concreto fresco y en la cinética de hidratación de ligantes mezclados.

De acuerdo a la visión de los concretos CCR se puede concluir que no existen diferencias sustanciales entre los concretos convencionales y los concretos CCR, excepto aquellas derivadas de la fase de transición entre capas. Por lo tanto, un mayor conocimiento científico y técnico de esta fase es de vital importancia.

CAPITULO 3

MATERIALES

1.- MATERIALES CEMENTANTES

1.1.- GENERALIDADES

Los concretos compactados por rodillado (CCR) pueden ser preparados empleando uno cualquiera de los Tipos de cementos portland normales de la clasificación ASTM C 150, un cemento de la clasificación ASTM C 515, o una combinación debidamente dosificada de cemento portland normal y puzolana.

La selección de los materiales cementantes capaces de resistir ataques por suelos o aguas sulfatados, o por sulfatos en cualquier forma que ellos se presentaren; así como la reactividad alcalina potencial con determinados tipos de agregados, deberá efectuarse de acuerdo a lo indicado en las recomendaciones ACI 318 "**Building Code Requirement for Reinforced Concrete**" y ACI 201.2R "**Guide to Durable Concrete**".

Las resistencias mecánicas de los concretos CCR dependen principalmente de la calidad del agregado; el grado de compactación de la mezcla; y de las proporciones de cemento, puzolana y agua en la pasta.

El tipo de material cementante empleado tiene un efecto importante sobre la velocidad y magnitud de la hidratación, así como sobre el proceso del desarrollo de la resistencia y, por lo tanto, afecta en forma significativa a la resistencia en las edades iniciales.

Para edades más allá de los 28 días, la diferencia kilo por kilo en la contribución a la resistencia de los diferentes materiales cementantes tiende a disminuir, pudiendo presentarse el caso que aquellos materiales que desarrollan resistencia más lentamente produzcan, en edades posteriores, las resistencias más altas.

Para los cementos que cumplen con los requisitos de los Tipos I y II de la Norma ASTM C 150, se puede emplear los resultados de obras como una guía para obtener iguales resistencias en compresión en los concretos CCR para diversas proporciones de cemento y puzolanas de la Clase F que cumplen con los requisitos de la Norma ASTM C 618. Previa investigación de laboratorio, es posible encontrar resultados similares con otras puzolanas.

Deberá tenerse en consideración la posibilidad de generación de calor por el proceso de hidratación de los materiales cementantes de la masa CCR. Con la finalidad de reducir el calor total de la masa de concreto y evitar los inconvenientes del mismo, es deseable emplear cementos de baja o moderada generación de calor y la máxima cantidad de puzolana compatible con los requerimientos de resistencia.

Debe recordarse, en la selección de la puzolana, que la efectividad de ésta en la reducción de la generación de calor está condicionada a los requerimientos de resistencia del concreto CCR; así como a la habilidad de la puzolana, función de su calidad, para reducir tanto los requerimientos de agua como el contenido de cemento. En el análisis del beneficio económico de la reducción de calor mediante el empleo de puzolana debe de tenerse en consideración el costo de los materiales, incluyendo el manejo de los mismos.

Aquellas estructuras en las que los requisitos de resistencia son bajos y, por lo tanto, se necesita un bajo contenido de cemento, pueden no alcanzar un beneficio total del desarrollo de la resistencia si se emplea puzolanas. Aquellas estructuras en las que se requiere altas resistencias o contenidos de pasta elevados, pueden emplear altos porcentajes de puzolana con beneficios en la economía y en la reducción de temperatura.

Cuando los agregados, debido a granulometría inadecuada o mala calidad de las canteras, contienen material fino no cementante en los rangos de tamaños que corresponden al cemento o las puzolanas, el ingeniero debe poner especial cuidado debido a la mayor demanda de agua de la mezcla, con la consiguiente modificación en la relación agua-material cementante y en la resistencia.

La reducción agua-material cementante puede o no ser necesaria para mantener una resistencia a la compresión requerida en una edad determinada. Cuando el contenido total de finos (cemento, puzolana y agregado fino que pasa la malla 75 μm) del mortero excede del 20% del volumen de éste, puede presentarse un rápido incremento en los requerimientos de agua para mantener la compactibilidad determinada en función del tiempo de vibración. Es recomendable recordar que se puede alcanzar un punto determinado de reducción de resistencia para un incremento continuo en los finos cementantes.

1.2.- CEMENTO

Los concretos CCR pueden ser preparados con cualquiera de los tipos básicos de cemento portland. Para aplicaciones a concretos masivos, los cementos con características de generación de calor menores que las del cemento portland Tipo I de la clasificación ASTM C 150 son convenientes.

Estos cementos incluyen al cemento portland Tipo II, conocido como de bajo calor de hidratación; al cemento Tipo IP, un cemento portland puzolánico; y al cemento Tipo IS, un cemento portland con escoria de alto horno. También podría emplearse los cementos portland normales combinados con microsílíce, pero el alto costo de ésta no los hace recomendables.

La resistencia a la compresión desarrollada por los cementos de baja generación de calor indicados es generalmente menor que la de los cementos portland Tipo I en las edades iniciales. En edades mayores de 28 días, los cementos de lento desarrollo de resistencias iniciales generalmente producen resistencias mayores que el cemento portland Tipo I.

1.3.- PUZOLANAS

La selección de una puzolana adecuada para los concretos CCR deberá basarse en su conformidad con los requisitos de la Norma ASTM C 618, u otras Normas aplicables, así como en su costo y disponibilidad.

En casi todos aquellos casos de proyectos CCR en los que se ha utilizado puzolana, se ha trabajado con puzolanas de la Clase F, principalmente debido al efecto positivo del perfil esférico de sus partículas sobre la trabajabilidad y consistencia. Hay muy poca información sobre el comportamiento de las puzolanas de la Clase C en concretos CCR.

El empleo de puzolanas de la Clase F en los concretos CCR sirve a tres propósitos:

- a) Como un reemplazo parcial del cemento para reducir la generación de calor;
- b) Para reducir los costos; y
- c) Como adición mineral a la mezcla para proporcionar finos que mejoren la trabajabilidad.

En general el comportamiento de las puzolanas en los concretos CCR es diferente de los resultados esperados en concretos convencionales solamente en aquellos casos en que están involucrados agregados que contienen grandes cantidades de finos naturales.

En la dosificación de mezclas con un mínimo contenido de pasta en volumen, una de las principales funciones de las puzolanas, u otros materiales finos adecuados, es llenar el espacio que de otra forma sería ocupado por cemento o agua. Es evidente que si dichos vacíos fueran llenados con agua se produciría un incremento en la relación agua-cemento con la consiguiente

reducción en la resistencia.

Es conocido, y ha sido demostrado por múltiples investigaciones, que aún pequeñas cantidades de cal libre liberada del cemento son suficientes para reaccionar con grandes volúmenes de las puzolanas empleadas para reemplazar cemento o agregado fino. La actividad puzolánica puede continuar después de años, lo que certifica que las puzolanas no sólo pueden ocupar espacio sino también contribuir al desarrollo de resistencia en el largo plazo.

Si bien un empleo liberal de las puzolanas como material cementante es posible en muchas aplicaciones masivas de los concretos CCR, en los que los requerimientos de resistencia son bajos, siempre debe tenerse en consideración sus posibles efectos colaterales sobre otras propiedades del concreto.

2.- AGREGADOS

2.1.- GENERALIDADES

La adecuada selección de los agregados, incluyendo un cuidadoso control de su granulometría, así como la verificación de los requisitos de la Norma empleada y de las indicaciones de las especificaciones de obra, son factores importantes que influyen en la calidad de los concretos CCR.

La recomendación anterior tiene su base en que es conocido por los ingenieros que la variabilidad de los agregados durante el proceso constructivo

afecta en forma importante los requerimientos de material cementante y agua de la mezcla lo cual a su vez afecta, entre otras propiedades del concreto, a la resistencia y el rendimiento.

Por lo expuesto, los requerimientos para obtener la resistencia en compresión deseada y el adecuado comportamiento de las juntas de construcción, son factores que no pueden dejar de ser considerados en las especificaciones de los agregados a ser utilizados en la preparación de los concretos CCR.

Si se requiere concretos de alta calidad, las especificaciones deberán incluir un grado apropiado de control de la granulometría y calidad del agregado. En situaciones menos exigentes, un concreto CCR adecuado puede ser producido empleando una variedad de fuentes de abastecimiento de agregado las cuales pueden no cumplir con los requerimientos de calidad y granulometría de la Norma ASTM C 33 "**Concrete Aggregates**", o con las recomendaciones del ACI para agregados a ser utilizados en el concreto, siempre que los criterios de diseño del concreto CCR sean cumplidos.

Un análisis bastante completo de los agregados a ser empleados en el concreto es dado en las recomendaciones ACI 221R "**Guide for Use of Normal Weight Aggregates in Concrete**" y ACI 207.1R "**Guide for Making a Condition Survey of Concrete in Service**".

En la última de ellas, las sustancias consideradas como inconvenientes en el agregado son descritas como aquellas "**que ya sea juntas o separadas contribuyen a hacer imposible el obtener las propiedades requeridas en el concreto cuando se emplean las proporciones adecuadas de los ingredientes**".

Los límites para las sustancias peligrosas y por lo tanto inconvenientes para el concreto CCR a ser dosificado deberán ser establecidos por el proyectista antes de la iniciación del proceso constructivo, correspondiendo a la Supervisión el verificar, en forma permanente, que el agregado utilizado en la preparación del concreto no sobrepase los mismos.

Teniendo como base las recomendaciones de la Norma utilizada, ya sea ésta la Norma ASTM C 33 ó la ITINTEC 400.037, estos límites deberán ser establecidos de acuerdo a su efecto sobre todas las propiedades del concreto requeridas para una adecuada colocación o un apropiado comportamiento acorde con las propiedades deseadas para el concreto CCR y los requerimientos de la estructura.

En la selección de los valores límites para las especificaciones, el proyectista debe recordar que algunas de las sustancias inconvenientes, tales como el material más fino que la malla N° 200, así como algunas partículas desmenuzables cuyo valor está en los límites superiores de las cantidades especificadas por la Norma ASTM C 33, pueden afectar los requerimientos de agua de la mezcla y, por tanto la resistencia de la misma, en mezclas plásticas convencionales.

En concretos CCR consistentes, el incremento de las cantidades de los materiales inconvenientes puede resultar ventajoso si se emplea para reducir los requerimientos de agua, permitiendo que se empleen límites altos sin ocasionar efectos adversos al concreto.

Los requerimientos de resistencia en compresión del concreto CCR de muchas presas, tal como se analizará en el Capítulo correspondiente, pueden ser lo bastante bajos como para permitir un incremento importante en los

porcentajes máximos de las sustancias inconvenientes, especialmente el material que pasa la malla N° 200, permitidos por la Norma ASTM C 33.

Las Tablas confeccionadas por el Comité 207 del ACI, en base al límite líquido e índice de plasticidad deseados para la mezcla, proporcionan una guía adecuada para la cantidad de finos que se acepta que puede pasar la Malla N° 200 en el agregado a ser empleado en concretos CCR.

2.2.- AGREGADO GRUESO

Los estudios efectuados han permitido determinar que en los concretos CCR no hay un ahorro importante en el costo del material si se emplea agregados de tamaño máximo mayor de 76 mm (3"), especialmente si se considera el mayor costo del proceso de dosificación, así como el costo de corregir los problemas de incremento en la segregación asociados con el mayor tamaño del agregado.

Normalmente los bancos de material de las canteras que van a proporcionar el agregado grueso para los concretos CCR, son explotados con pequeña o ninguna separación por tamaños. Ello porque no se considera un ahorro importante el tamizado para eliminar el agregado de tamaño mayor, habiéndose explotado, en algunas oportunidades, bancos de material que contenían agregado hasta de 9" de tamaño máximo.

Algunas especificaciones limitan el tamaño máximo del agregado grueso a 6". Se considera que, en la explotación de canteras para concretos CCR, deberá evaluarse las ventajas de triturar los tamaños mayores de las piedras

en los bancos de grava, a fin de reducir el desperdicio, mejorar la capacidad de deformación, y minimizar la segregación.

La facilidad de compactación de los concretos CCR está influenciada, entre otros factores, por el tamaño del agregado. Sin embargo, el tamaño máximo del agregado tiene poca influencia y efecto en aquellos casos en los que el espesor de colocación de las capas es mayor que tres veces el tamaño máximo del agregado, la segregación es mínima y se emplea grandes rodillos vibratorios para la compactación.

Cuando se emplea equipo de compactación de tamaño menor para compactar el material adyacente a la estructura y los estribos, en los que alta densidad y resistencia son necesarias, el tamaño máximo del agregado grueso deberá ser limitado y el espesor de las capas puede tener que ser reducido.

Existe una gran tendencia del agregado mayor de 1.5" a segregar cuando es depositado y debe tomarse las precauciones necesarias para evitar que ello ocurra. En general, las medidas de prevención de la segregación deberán ser consideradas cuando se selecciona los equipos de transporte y distribución del agregado y cuando el proyectista especifica los procedimientos de colocación y acomodo del material.

Si la segregación del agregado grueso ocurre, se deberán implementar medidas para dispersar las partículas de agregado segregado en la parte no compactada del concreto CCR.

Si el costo del material es uno de los factores importantes en la selección del tamaño máximo del agregado, deberá considerarse en el proyecto el costo

de controlar la segregación, o las consecuencias de ésta deberán ser reconocidas al determinar los requisitos de resistencia, adherencia y permeabilidad.

En la colocación de concreto masivo, el control de la elevación de temperatura del concreto deberá tener una significación mayor que el costo de los materiales en la selección del tamaño máximo del agregado.

Aunque los requerimientos de material cementante, para mezclas con tamaño máximo de agregado de 1.5" a 3", son menores en los concretos CCR que en los concretos de asentamiento normal, hay un ahorro del orden del 15% cuando se emplea agregado grueso de 3" de tamaño máximo nominal. Ello igualmente da por resultado una disminución del orden de por lo menos el 15% en el calor de hidratación. El empleo de puzolana reduce, igualmente, la generación de calor en forma significativa.

El empleo de agregado grueso de tamaño máximo mayor de 3" en concretos CCR no se justifica sobre la base de reducción del calor de hidratación o de ahorro en el costo de los materiales.

La granulometría del agregado grueso requerida para diferentes concretos CCR puede variar significativamente, debiendo recordarse que las variaciones en la granulometría del agregado en la mezcla afectan directamente la variabilidad de los concretos CCR.

La consistencia deseada para la mezcla puede ser alcanzada separando los agregados en grupos por tamaños convencionales y recombinándolos en las proporciones especificadas para obtener la granulometría deseada. En este

caso deben tenerse en consideración, para un mismo tamaño máximo, las variaciones en el módulo de fineza y en la superficie específica con su posible influencia sobre las propiedades de la mezcla.

Aunque en algunos proyectos se ha empleado con éxito una pila simple con una sola granulometría, se considera más conveniente separar el agregado grueso en dos o más grupos por tamaños. Cuando se emplea este último procedimiento, el corte puede ser hecho cerca del punto medio de la granulometría seleccionada, o donde se presenta una separación natural en el tamaño de las fracciones.

2.3.- AGREGADO FINO

La granulometría del agregado fino tiene una influencia importante sobre los requerimientos de pasta y la compactibilidad de los concretos CCR. Usualmente se procura mantener la granulometría dentro de los límites indicados por la Norma ASTM C 33 "**Concrete Aggregates**".

Debe recordarse que las granulometrías indicadas pueden requerir más material cementante que aquel que es necesario en mezclas pobres, en las que se podría emplear agregado con más finos que aquellos que la Norma ASTM C 33 permite. Cuando no se emplea puzolanas, un 5% de incremento en el porcentaje de material fino que pasa la malla N° 100 puede ser conveniente.

En situaciones como la descrita en el párrafo anterior el material no lavado, con una granulometría más abierta que la especificada por la Norma ASTM C 33 puede ser empleado con éxito.

En todos los casos debe recordarse que la granulometría del agregado y su contenido de finos pueden afectar la compactibilidad relativa de los concretos CCR, e igualmente pueden influir en el número mínimo de pases del rodillo vibratorio requeridos para una compactación total de una capa de un espesor determinado.

Igualmente debe recordarse que la granulometría y el contenido de finos afectan los requerimientos de agua y de material cementante necesarios para llenar los vacíos entre las partículas de agregado y revestir las partículas de éste.

2.4.- PROPORCIONES DEL AGREGADO

La cantidad de esfuerzo requerido para compactar la mezcla es directamente proporcional al volumen de agregado grueso. Si hay suficiente cantidad de pasta, un amplio rango de variación en las granulometrías de los agregados fino y grueso no tiene efectos significativamente importantes en la densidad, ya colocada, de los concretos CCR compactados con equipo vibratorio grande.

La conclusión anterior es sumamente importante ya que permite, si los proceso de colocación y compactación en obra son los adecuados, producir concretos CCR aceptables empleando el agregado disponible, aún cuando éste no cumpla con todos los requisitos de las especificaciones granulométricas de la Norma ASTM C 33.

La granulometría del agregado fino tiene efecto importante sobre los

requerimientos mínimos de pasta. En aquellas zonas en que no se puede disponer fácilmente de puzolanas, puede ser económico y conveniente mezclar agregados finos, o incorporar minerales finos a fin de reducir los vacíos presentes en el agregado fino.

La más adecuada proporción de los agregados finos mezclados, o el beneficio de adicionar minerales finos, pueden ser determinados por su efecto sobre los requerimientos del volumen de pasta mínimo, o por evaluación de los resultados de los cilindros de ensayo preparados con ellos.

3.- ADITIVOS

Las principales ventajas del empleo de aditivos en el tipo de concretos CCR son una mejora en la trabajabilidad y un retardo en el proceso de fraguado, lo cual permite mantener el concreto fresco y evita la formación de juntas frías, especialmente durante la época de climas cálidos.

Los aditivos reductores de agua y retardadores de fragua han sido empleados con éxito en la presa Elk Creek Dam en los Estados Unidos. En la presa Willow Creek Dam y otros proyectos, no han tenido efectos discernibles sobre las bajas trabajabilidades.

Otros trabajos en el laboratorio y aplicaciones en obra, han indicado resultados muy favorables con mezclas de alta trabajabilidad la cuales daban, en el ensayo Vebe, tiempos en el rango de 10 á 30 segundos.

CAPITULO 4

PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

1.- CONSISTENCIA

Un concreto adecuado para ser compactado con rodillos vibratorios difiere significativamente en apariencia de los concretos convencionales que tienen un asentamiento mensurable, en la medida que hay pequeña o ninguna evidencia de pasta fluída en la mezcla cuando es depositada.

Igualmente, la energía requerida para compactar mezclas de concreto CCR a su máxima densidad es mucho mayor que aquella necesaria para concretos de asentamiento mensurable.

Se conoce, gracias a los resultados de las investigaciones de laboratorio y obra que puede emplearse cualquier método de compactación que es suficiente para obtener adecuada densidad de los concretos CCR.

Se ha empleado un aparato Vebe modificado, el cual tiene el recipiente del tamaño estándar, para determinar la consistencia de la mezcla para compactación en obra, siguiendo lo indicado en la recomendación ACI 211.3

"Standard Practice for Selecting Proportions for No-Slump Concrete".

En este ensayo se considera correcto el contenido de humedad que permite a una pequeña cantidad de pasta migrar dentro de un tiempo de vibración especificado. Por ejemplo, un tiempo Vebe de aproximadamente 15 segundos se consideró apropiado para las presas Upper Stillwater y Elk Creek.

El procedimiento indicado es generalmente empleado con mezclas que tienen altos volúmenes de pasta en relación a su contenido de vacíos en el agregado fino. El no es aplicable para mezclas muy pobres o en todas las condiciones de obra.

Por ejemplo, para conseguir que la pasta migrara alrededor de la placa sobrecargada con algunas de las mezclas empleadas en la presa Willow Creek, se requirió una mezcla más húmeda que las empleadas en obra.

Si bien el procedimiento de sobrecarga ha sido muy efectivo como una herramienta para mantener la uniformidad de las mezclas tanda a tanda bajo condiciones controladas de laboratorio, el procedimiento no responde bien con todos los concretos CCR bajo condiciones de obra.

El contenido de agua seleccionado para una mezcla CCR dada deberá estar influenciado por el tamaño, perfil y granulometría de los agregados y el volumen del material cementante. La rigidez mínima de la mezcla de concreto CCR es controlada por la necesidad de que el material sea capaz de soportar los equipos de esparcimiento y compactación.

El contenido de agua de una mezcla granular rígida puede basarse sobre aproximaciones suelo-cemento para obtener máxima densidad. Variaciones en el contenido de agua de más o menos 10 kg/m³ no son inusuales si se desea mantener un asentamiento uniforme en un concreto convencional. Variaciones similares, por lo tanto, deberán esperarse en el control de la consistencia en los concretos CCR.

Las mezclas CCR deberán ser dosificadas con agregado el cual represente a aquel que va a ser empleado durante la producción, y con contenidos de agua que correspondan al punto medio del rango (o contenido de agua) que se espera pueda producir la consistencia deseada en obra durante la construcción.

Los contenidos de agua obtenidos a través de los ensayos indicados deberán proporcionar un buen punto de partida para la producción de obra. Como en el caso de las mezclas de laboratorio para concretos convencionales, las condiciones de obra deberán diferir de las de laboratorio por lo que puede ser necesario efectuar ajustes en las proporciones de la mezcla.

CAPITULO 5

PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

1.- ASPECTOS GENERALES

La creciente aplicación de los concretos compactados con rodillo (CCR) en estructuras hidráulicas hace que el estudio de sus propiedades físicas y mecánicas, sea un requerimiento urgente. Una de las características especiales de los concretos CCR es que sus propiedades son difíciles de reproducir en el laboratorio, por lo que la evidencia confiable sólo puede ser obtenida de muestras ensayadas en condiciones industriales o semindustriales.

Todos los informes finales relacionados con presas construídas con concretos CCR deben contener resultados de los ensayos de laboratorio y una adecuada recopilación de todos los aspectos del control de calidad durante el proceso constructivo. Esta información permitirá al proyectista y la supervisión certificar que se han alcanzado, en el concreto endurecido, las propiedades deseadas.

Esta información sobre las propiedades del concreto CCR endurecido permitirá resolver algunas de las dudas surgidas debido al empleo de este concreto, entre ellas aquellas referidas a la máxima altura que puede ser

alcanzada en este tipo de estructuras, así como aquellas referidas a las ventajas comparativas entre las presas de gravedad construídas con concretos CCR y aquellas construídas con concretos y procedimientos convencionales.

Las propiedades más importantes de los concretos CCR endurecidos incluyen la densidad; resistencia en compresión; la resistencia en tensión; el módulo de elasticidad; la capacidad de deformación por tensión; la relación de Poisson; la resistencia en corte biaxial y triaxial; los cambios de volumen; el coeficiente de expansión térmica; el coeficiente de esfuerzos térmicos; la difusividad; la permeabilidad; la durabilidad; y el peso unitario.

Las diferencias en las propiedades de los concretos CCR endurecidos y los concretos convencionales son debidas principalmente a las diferencias en el proporcionamiento de las mezclas, a las granulometrías empleadas en los agregados, y al contenido de vacíos.

Como se ha de indicar en el Capítulo correspondiente a selección de las proporciones, se puede diseñar un amplio rango de mezclas CCR, al igual que lo mismo puede hacerse para concretos que son colocados por procedimientos convencionales y, como es sabido, es muy difícil cuantificar valores típicos para uno u otro caso.

En general, se considera que los concretos CCR han de tener menores contenidos de cemento, pasta y agua; así como que no han de tener aire incorporado. Igualmente se considera que en este tipo de concretos pueden ser empleados limo u otros finos no plásticos para llenar los vacíos entre partículas de agregado.

La calidad, granulometría y propiedades físicas de los agregados tienen una influencia muy importante sobre las propiedades físicas de los concretos convencionales. Ellos pueden tener aún más importancia en los concretos CCR.

Debido a que en algunas mezclas de concretos CCR se emplea agregado marginal o de inferior calidad, si se lo compara con aquel recomendado por las Normas para concretos convencionales, el rango de aceptación en las propiedades de estos concretos es más amplio que el de las propiedades normales en los concretos convencionales.

2.- GRAVEDAD ESPECIFICA - DENSIDAD

La gravedad específica de los concretos CCR es la misma ó 2% a 4% mayor que la de los concretos convencionales preparados con los mismos materiales. El volumen del agregado en una mezcla de concreto es aproximadamente el 80%, de manera tal que la gravedad específica del concreto depende fundamentalmente de la del agregado.

Se considera que la mencionada puede ser la razón principal para que los concretos CCR del alta gravedad específica puedan tener bajos contenidos de agua y altas relaciones de compactación.

3.- RESISTENCIA

3.1.- RESISTENCIA EN COMPRESION

El análisis de la resistencia en compresión en general es muy difícil debido a que ella depende, entre otros importantes factores, del contenido de material cementante.

Se considera, por algunos investigadores, que un procedimiento adecuado para comparar las resistencias en compresión de los concretos CCR y los concretos convencionales es el factor conocido como "**eficiencia de la mezcla**" el cual es igual al producto de la división de la resistencia en compresión, expresada en kgf/cm² entre el material cementante, expresado en kilos por metro cúbico.

Este factor de eficiencia "h" se ha estudiado para diversas edades del concreto en diversas presas, habiéndose hecho las comparaciones para concretos preparados con los mismos materiales.

Como resultado de estas investigaciones se ha podido determinar que, generalmente, la eficiencia de la mezcla en las edades finales es mayor para los concretos CCR que para concretos convencionales comparables, permitiendo que la resistencia en compresión deseada para los concretos CCR pueda ser obtenida empleando contenidos de material cementante menores, especialmente cemento portland, y contenidos de material puzolánico más altos. En general se considera que este tipo de mezclas pueden desarrollar más resistencia debido a una mejor combinación de cemento y material puzolánico.

Las mezclas de concreto CCR dosificadas de forma tal que su volumen de pasta excede los vacíos en el agregado, presentan interrelaciones agua-cemento a resistencia similares a aquellas que se encuentran en los concretos convencionales.

En cambio, las mezclas de concreto CCR las cuales tienen muy baja trabajabilidad pueden presentar interrelaciones relación agua-cemento a resistencia significativamente diferente. A continuación se presentan siete casos de presas preparadas con concretos CCR, utilizando mezclas típicas e información de resistencia en compresión de probetas de ensayo y testigos.

En la presa Willow, utilizando agregado grueso de tamaño máximo de 3" y una combinación cemento-puzolana se ha encontrado, al año, resistencias a la compresión del orden de 140 a 210 kg/cm² medidas en testigos. Los mismos concretos, en laboratorio, dieron resistencias hasta del orden de 280 kg/cm² medidas en probetas cilíndricas.

En la presa Copperfield, utilizando agregado grueso de 2" de tamaño máximo y cemento, se ha encontrado, al año, resistencias a la compresión promedio de 140 kg/cm² medidas en testigos. Los mismos concretos, en laboratorio, dieron resistencias similares a los 90 días, medidas en probetas cilíndricas.

En la presa Galesville, utilizando agregado grueso de 3" de tamaño máximo y una combinación cemento-puzolana, se ha encontrado al año resistencias a la compresión promedio del orden de 140 kg/cm² medidas en testigos. Los mismos concretos, en laboratorio, dieron resistencias del orden de 100 kg/cm² medidas en probetas cilíndricas.

En la presa Middle Fork, utilizando agregado grueso de 3" de tamaño máximo y cemento, se ha encontrado al año resistencia a la compresión promedio de 140 kg/cm² medidas en testigos. Los mismos concretos, en laboratorio, dieron resistencias similares a los 90 días medidas en probetas cilíndricas.

En el aliviadero Stillwater utilizando agregado grueso de 1.5" de tamaño máximo y una combinación de cemento-puzolana en la que el contenido de puzolana era mayor que el del cemento, se ha encontrado al año resistencias a la compresión promedio entre 210 y 245 kg/cm² medidas en testigos. Los mismos concretos, en laboratorio, dieron resistencias promedio del orden de 280 á 350 kg/cm² medidas en probetas cilíndricas.

En el proyecto TVA utilizando agregado grueso de 1.5" de tamaño máximo y una combinación cemento-puzolana en la que el contenido de puzolana era mayor que el del cemento, se ha encontrado al año resistencias a la compresión promedio de 210 a 245 kg/cm² medidas en testigos. Los mismos concretos, en laboratorio, dieron a los 90 días resistencias del mismo orden medidas en probetas cilíndricas.

En el Proyecto WES, utilizando agregado grueso de 4.5" de tamaño máximo y cemento, se encontró a los 70 días resistencias a la compresión promedio de 210 á 280 kg/cm² medidas en testigos. Los mismos concretos dieron valores similares en laboratorio medidos en probetas cilíndricas.

Los testigos y las evaluaciones de la presa Willow confirman los estudios en el sentido que el procedimiento de fabricación de los cilindros pueden tener efecto importante sobre la densidad y resistencia en compresión de mezclas de bajo contenido de cemento que contienen agregado grueso de tamaño mayor.

Los resultados igualmente muestran una pobre correlación entre la resistencia de los testigos y las probetas de laboratorio.

Otras investigaciones realizadas muestran una mejor correlación entre los testigos y las probetas de laboratorio para mezclas en las que se ha utilizado contenidos de pasta más altos.

Las consideraciones anteriores indican la necesidad de tomar precauciones extremas en la selección de los moldes y el equipo para fabricar los especímenes de laboratorio. Igualmente deberá establecerse una cuidadosa correlación entre las resistencias de obra y laboratorio.

En estudios efectuados con cilindros de ensayo preparados con agregados de dos fuentes diferentes, se pudo apreciar que una comparación de resistencias en compresión a la misma edad muestra que éstas son considerablemente diferentes para mezclas del mismo contenido de cemento, siendo el cemento y la granulometría del agregado similares en cada mezcla.

Como conclusión puede indicarse que existe una evidente influencia de la calidad del agregado sobre la resistencia en compresión para similares granulometría, tamaño máximo del agregado y tipo de cemento.

3.2.- RESISTENCIA EN TENSION

Al igual que la resistencia en compresión, la resistencia en tensión de los concretos CCR y de los concretos convencionales, depende del contenido de

material cementante y de la edad. Para los concretos CCR puede considerarse que la resistencia en tensión es del 10% al 15% de la resistencia en compresión, valores que correlacionan perfectamente con los de los concretos convencionales.

La resistencia en tensión, expresada como un porcentaje de la resistencia en compresión, es usualmente menor para los concretos CCR que para los concretos convencionales. Esto es especialmente cierto para los concretos CCR de baja trabajabilidad.

Las relaciones de la resistencia a la tensión a la resistencia en compresión para los concretos CCR tienen variaciones típicas del 7% al 13%, dependiendo de la calidad del agregado, edad del concreto, contenido de cemento, y resistencia del concreto.

Los concretos CCR muy pobres y/o aquellos preparados con agregados marginales tienen una resistencia en tensión significativamente menor. Los concretos CCR preparados con agregado convencional y altos contenidos de pasta tienen resistencias a la tensión significativamente mejores, especialmente en las edades iniciales.

La especial importancia de la resistencia en tensión axial ha dado lugar a que se desarrollen procedimientos especiales para su determinación, tal como el empleado en el proceso constructivo de la planta hidroeléctrica de Burejakaya.

3.3.- CORTE

La resistencia al corte de los concretos CCR es analizada en un Capítulo posterior. Esta resistencia depende de sus propiedades de adherencia a la tensión, o sea de su cohesión, así como del ángulo de fricción interna.

Los valores mínimos de la resistencia al corte se presentan en las juntas de construcción a lo largo de la interface entre capas de concreto CCR.

Los ensayos de resistencia al corte son efectuados teniendo en consideración la curva envolvente de Mohr y considerando los valores de la cohesión C y el ángulo de fricción θ . Como resultado de los ensayos efectuados tanto en concretos CCR como en concretos convencionales, teniendo en consideración que los especímenes de concretos CCR fueron ensayados tanto en Corte Directo Biaxial en laboratorio como en obra, ha quedado demostrado que los componentes C y θ de la resistencia al corte son comparables a los de los concretos convencionales preparados con agregados similares. Aunque la cohesión depende del contenido de material cementante, el ángulo de fricción es afectado por la calidad y granulometría de los agregados.

De los ensayos de corte se ha podido, igualmente, determinar que cuando la mezcla es muy rica, por un incremento innecesario del contenido de material cementante, el valor de la resistencia al corte generalmente no se incrementa, principalmente debido a que la superficie de falla deberá estar justo cerca de la junta de construcción, en el punto más débil de la superficie del concreto CCR. En este caso los valores deberán ser aproximadamente los mismos que los valores de los concretos CCR monolíticos.

4.- PROPIEDADES ELASTICAS

4.1.- MODULO DE ELASTICIDAD

Los principales factores que afectan las propiedades elásticas de los concretos CCR son la edad del ensayo, el tipo de agregado, la relación agua-cemento, la resistencia del concreto, y el contenido de materiales cementantes.

La edad de los ensayos afecta en la medida que el módulo de elasticidad se incrementa con la edad hasta un valor máximo que corresponde al máximo que puede ser alcanzado por el menor de los dos valores correspondientes al agregado y al mortero.

El tipo de agregado y su módulo de elasticidad afectan en la medida en que cuanto mayor es la edad el módulo del concreto deberá ser similar al del agregado que puede emplearse con un mortero rico.

La relación agua-cemento, o el proporcionamiento de la pasta, afectan en la medida que cuanto más rica es la mezcla más alto es el valor del módulo de elasticidad, siendo menor cuanto más pobre es la mezcla.

Todos los estudios efectuados en presas tienden a confirmar que el módulo de elasticidad de los concretos CCR es considerablemente menor que el de los concretos convencionales; cerca del 50% a los 7 a 28 días y cerca del 65% al 90% a edades posteriores. A los 10 años ambos módulos tienden a igualarse, lo que demuestra un crecimiento de los concretos CCR en el tiempo.

Los agregados tales como la cuarzita y la argillita pueden, en general, producir valores del módulo de elasticidad mayores que el promedio para una resistencia del concreto dada. Igualmente, un módulo de elasticidad bajo resulta del empleo de areniscas o agregados similares.

Se ha determinado que mezclas de concreto CCR preparadas con agregados para concreto convencionales y un contenido de cemento, o cemento más puzolana, relativamente alto, pueden desarrollar módulos de elasticidad similares a los que se puede obtener en concretos convencionales.

Cuando es empleado en elementos masivos, un concreto con un bajo módulo de elasticidad es deseable para disminuir el agrietamiento potencial.

Las mezclas de concreto CCR pobres, en las que se emplea un fino natural o manufacturado como relleno dan por resultado módulos de elasticidad muy bajos. En las presas construídas en los Estados Unidos empleando concretos CCR, a las que ya se hizo referencia en el acápite 2.1, se pueden obtener valores extremadamente bajos del módulo de elasticidad en este tipo de concretos, con valores del orden de 120,000 kg/cm². Mezclas pobres con baja resistencia, preparadas con finos o material fino de relleno, pueden tener valores de 70,000 kg/cm² o menores.

4.2.- RELACION DE POISSON

Existen muy limitados trabajos sobre la relación de Poisson de los concretos CCR. De ellos puede deducirse que el valor para los concretos CCR sería similar a los valores reportados para mezclas de concreto

convencionales.

Se puede pensar en un rango de 0.17 á 0.22, con los menores valores ocurriendo en las edades iniciales y las menores resistencias.

5.- ESCURRIMIENTO PLASTICO

El escurrimiento plástico es una función tanto de las propiedades y granulometría del agregado, como del volumen de cemento en la mezcla. El escurrimiento plástico total es principalmente afectado por el módulo de elasticidad del agregado y por el material de relleno que ha sido empleando en el proporcionamiento de la mezcla.

Del análisis de los resultados de los ensayos, cuando se los compara con los de escurrimiento plástico de los concretos convencionales, se aprecia que en la clásica ecuación del escurrimiento plástico, usualmente empleada, la relación $1/E$ de las mezclas de concreto CCR, en las edades iniciales, es mayor que la de los concretos convencionales, principalmente debido al mayor contenido de mortero de los concretos CCR. Debido a la misma causa el coeficiente de escurrimiento plástico de los concretos CCR es mayor que el obtenido en concretos convencionales en los que se ha empleado agregado similar.

Generalmente, los agregados con un bajo módulo de elasticidad deberán producir concretos con alto escurrimiento plástico.

Para la mayoría de las aplicaciones de concretos masivos, la habilidad para descargar esfuerzos sostenidos es deseable para disminuir los esfuerzos térmicos. Generalmente las mezclas de alta resistencia tienen una matriz cementante más rígida y un menor escurrimiento plástico, lo cual da por resultado un incremento en los esfuerzos térmicos. Las mezclas pobres y aquellas preparadas con un filler inerte, o finos naturales o manufacturados, tienen un escurrimiento plástico más alto que el normal.

6.- CAPACIDAD DE DEFORMACION POR TENSION

La capacidad de deformación es considerada como la deformación última bajo tensión antes de la rotura. La información recopilada sobre capacidad de tensión antes de la rotura para los concretos CCR, cuando se los compara con lo de los concretos convencionales, indica que la capacidad de deformación de los dos tipos de concreto, empleando la misma cantidad de material cementante, es la misma en las diversas edades.

7.- CAMBIOS DE VOLUMEN

7.1.- CONTRACCION POR SECADO

Los cambios de volumen debidos a la contracción por secado en los concretos CCR son minimizados debido al reducido contenido de agua y bajo contenido de cemento típicos de este tipo de concretos.

Por otra parte, si agregados marginales los cuales tienen una alta demanda de agua y una resultante contracción por secado, son empleados para producir los concretos CCR, estos concretos deberán tener una correspondiente reducción de volumen con pérdida de humedad.

7.2.- CAMBIO DE VOLUMEN AUTOGENO

El cambio de volumen autógeno es principalmente una función del agregado y de su estabilidad en el largo plazo con el cemento que está siendo empleado.

Por ello, cada obra deberá ser evaluada después de una cuidadosa revisión del análisis petrográfico de los agregados, análisis de la información histórica sobre los mismos, y resultados de ensayos.

En general, se conoce que las mezclas con un bajo factor cemento tienden a ser más estables. Los finos naturales empleados en los concretos CCR pueden afectar igualmente los cambios de volumen y deberán ser tomados en cuenta.

Como en el caso de los concretos convencionales, puede esperarse que los cambios sean pequeños, pero aún así ellos deben ser considerados en el análisis.

8.- PROPIEDADES TERMICAS

Las clásicas propiedades térmicas del concreto son su difusividad, calor específico, conductividad, y coeficiente de expansión. Estas propiedades dependen principalmente de las propiedades térmicas de los agregados y del grado de saturación en el concreto CCR endurecido. Los valores típicos de los concretos CCR son muy similares a los de los concretos convencionales preparados con agregado de la misma cantera.

Los concretos CCR producen una elevación adiabática de temperatura en forma similar a la de los concretos convencionales. La elevación (o magnitud de la elevación) puede ser determinada con seguridad únicamente por ensayos.

La comparación con otras mezclas de concreto CCR, las cuales tienen agregado de calor específico similar, con similar densidad, y con cemento similar, proporciona una base adecuada para una aproximación razonable a las elevaciones de temperatura en todos aquellos casos en que no se cuenta con resultados de ensayos.

9.- ELEVACION DE TEMPERATURA ADIABATICA

La elevación de temperatura adiabática debida al calor de hidratación, para los concretos convencionales y los concretos CCR, se obtiene de la misma forma empleando calorímetros de grandes dimensiones.

La elevación de temperatura adiabática para ambos tipos de concreto es esencialmente proporcional al contenido de material cementante de la mezcla. Desde el punto de vista de los concretos CCR lo más importante es mantener al máximo el coeficiente de **"eficiencia de la mezcla"** y en un mínimo el **"coeficiente de elevación de temperatura"**, el cual sale de la relación entre la temperatura en grados de la elevación adiabática y el contenido de material cementante.

10.- COEFICIENTES DE ESFUERZOS TERMICOS

El coeficiente de esfuerzos térmicos es el modulo de elasticidad sostenido dividido por el coeficiente de expansión térmica para el período que está siendo considerado. Este valor indica el cambio en el nivel de esfuerzos que deberá desarrollarse durante el período bajo consideración para cada grado de cambio de temperatura.

Los coeficientes de esfuerzo típicos para concreto masivo convencional están dentro del rango de 18 a 52 psi/F. Agregados quebradizos, edades mayores, altas resistencias, y altos contenidos de cemento dan origen a los coeficientes de esfuerzo más altos. Para comparación, los coeficientes de esfuerzo para concretos CCR están generalmente en rangos de 2 a 25 psi/F.

11.- CAPACIDAD DE DEFORMACION

La deformación es inducida en el concreto cuando un cambio en su volumen es impedido. Cuando los cambios de volumen dan por resultado deformaciones por tensión que exceden la capacidad del material para absorber la deformación, se ha de presentar una grieta.

El umbral del valor de deformación justo antes del agrietamiento es la capacidad de deformación del material. Las tensiones de deformación en el concreto pueden igualmente ser desarrolladas por cargas externas o por cambios de volumen inducidos por el secado y contracción autógena.

Los principales factores que afectan la capacidad de deformación son la magnitud de la carga, el tipo de agregado, el perfil del agregado, y el contenido de cemento.

Generalmente los agregados de dureza vitrea, tales como la argillita y la cuarzita, producen baja capacidad de deformación. La trituración o la adición de material triturado mejoran generalmente la capacidad de deformación por incremento en la resistencia a la tensión. Sin embargo, no debe olvidarse que ésta mejora puede perderse por un incremento en la generación de calor si se requiere altos contenidos de cemento debido a la naturaleza aspera del agregado triturado.

La capacidad de deformación de los concretos CCR es generalmente baja debido a que generalmente tienen un bajo contenido de cemento, o un alto contenido de puzolana, o ambos, en relación con las mezclas de concreto

masivo convencionales.

Esta baja capacidad de deformación es generalmente compensada por la deformación inducida por las bajas temperaturas resultante de las mezclas pobres, un bajo módulo de elasticidad, y un alto escurrimiento plástico.

Como ocurre con otras propiedades de los materiales, la capacidad de deformación de los concretos CCR puede variar considerablemente con el alto rango de diseños de mezclas y agregados empleados. Valores de 50 á 200 microdeformaciones pueden en general ser alcanzados, aunque pueden desarrollarse valores más altos o más bajos.

12.- POROSIDAD

12.1.- INTRODUCCION

Cuando el concreto fragua como consecuencia del endurecimiento de la pasta de cemento, él es un material entrecruzado por una red de poros y capilares los cuales transforman el concreto en un material poroso.

Esto es de importancia fundamental para su durabilidad, dado que la acción de los agentes agresivos comienza en la superficie del concreto, penetrando hacia el interior vía los poros; por otra parte, el área superficial interna de los poros es mucho mayor que el área superficial externa del concreto, por lo que se amplifica el área superficial sobre la que el agente

agresivo puede actuar.

La estructura de los poros del concreto determina en una gran extensión la intensidad de sus interacciones con el medio agresivo. Un concreto con una inadecuada estructura de poros es, lógicamente, más afectado por el hielo, por los ataques de agua, y por los suelos agresivos debido a la penetración de los cloruros, etc.

Tres aspectos de la estructura de poros son interesantes cuando se estudia la durabilidad del concreto CCR: el volumen total de poros; la distribución del volumen de poros entre los diferentes tamaños de poros; y el grado de accesibilidad de los poros del exterior y su interconexión con el interior.

12.2.- CLASIFICACION DE LA POROSIDAD

Un cuerpo poroso, tal como el concreto, presenta dos diferentes tipos de vacíos: aquellos que son accesibles o abiertos y con comunicación con el exterior, y aquellos que son inaccesibles o cerrados i aislados del exterior. A partir de esta clasificación, las siguientes modalidades de porosidad pueden ser consideradas:

- a) La porosidad total; definida como la fracción del volumen total de la unidad cúbica de concreto que es ocupada por poros.

- b) La porosidad abierta; definida como la parte de la porosidad total

que incluye a los poros conectados con el exterior.

- c) La porosidad permeable; definida como la parte de la porosidad abierta correspondiente a los poros que se comunican unos con otros, permitiendo de esta manera el pasaje del fluido al interior del concreto.

- d) La porosidad superficial; definida como la parte de la porosidad abierta correspondiente a los poros que no se comunican unos con otros, no permitiendo de esta manera el pasaje de fluidos.

- e) La porosidad cerrada; definida como la parte de la porosidad total que incluye los poros que no están conectados con el exterior y, por lo tanto, inaccesibles al medio externo agresivo.

El conocimiento de la estructura de los poros da una amplia visión de la microestructura y comportamiento del concreto convencional o CCR. Es evidente que el más importante, ilustrativo y representativo aspecto de la porosidad del material no es la medida aislada de su porosidad, sino la forma en la cual los tamaños y calidades de poros están distribuidos en el volumen total.

12.3. DETERMINACION DE LA POROSIDAD

Como se ha indicado en el acápite 12.2, existen diferentes tipos de porosidad al momento de cuantificar los vacíos que aparecen en el concreto. En

general, más importante que el conocimiento de la porosidad total, es el de la porción que está conectada con el exterior, esto es la porosidad abierta.

La porosidad abierta puede ser calculada a partir de los valores de la densidad, ya sea aparente o absoluta, dada la ecuación:

$$P(\%) = (1 - D_a/SG) \times 100 \dots\dots (1)$$

P Porosidad del concreto (%)

D_a Densidad seca aparente del concreto.

SG Densidad absoluta (peso específico del concreto)

La Norma ASTM C 642 permite el cálculo de la densidad y porosidad a partir de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$P(\%) = 100 (P_{sss} - P_s)/(P_{ss} - P_w) \dots\dots (2)$$

P_{ss} Peso saturado superficialmente seco

P_s Peso Seco

P_w Peso de la muestra inmersa en agua.

La Recomendación RILEM CPC 11.3 "**Absorption of water by immersion under vacuum**" es aplicable a todos los tipos de concretos y puede ser aplicada para los concretos CCR. Esta Recomendación no reduce el tiempo en relación con el considerado en la Norma ASTM. Su ventaja es la extracción del aire acumulado en los poros por aplicación de vacío a la mezcla seca, lo cual facilita la posterior entrada del agua y, por otra parte, mejora la penetración por incremento de la presión sobre el agua.

13.- PERMEABILIDAD

13.1.- DEFINICION

La permeabilidad es considerada como una propiedad característica del flujo en medios porosos y es definida como la facilidad con la que un fluido pasa a través del medio cuando está sometido a una diferencia de presiones.

Esta gradiente de presiones evita la confusión con otros procesos de transferencia de fluidos, tales como la difusión o adsorción, en los cuales las causas que provocan el fenómeno deberán ser ya sea la concentración de gradiente o ascenso capilar.

Aunque generalmente se piensa que un cuerpo es más permeable cuanto más poroso es, ello no es cierto. Es evidente que la permeabilidad no depende de la porosidad total, pero si de la porosidad permeable. Es por ello que puede encontrarse materiales con altos valores de porosidad pero con alta impermeabilidad y viceversa.

La permeabilidad de un concreto masivo es en buena parte dependiente del aire atrapado y la porosidad de la matriz de cemento hidratado, y por lo tanto, está casi totalmente controlada por las proporciones de la mezcla, control de calidad, y grado de compactación.

13.2.- PERMEABILIDAD EN LOS CONCRETOS CCR

Cuando hay suficiente pasta, una distribución adecuadamente controlada de las partículas finas para minimizar el sistema de burbujas de aire, y compactación total, los concretos CCR pueden ser relativamente impermeables.

En general, una masa sin uniones de concreto CCR preparada con agregado convencional limpio y con suficiente pasta, o una mezcla muy pobre con una granulometría del agregado adecuadamente controlada, conteniendo suficientes finos, deberá tener valores de permeabilidad similares a los de un concreto convencional masivo.

Si ocurren filtraciones en presas construídas con concretos CCR, ellas se presentarán principalmente a lo largo de las juntas horizontales y no a través de la masa compactada y sin uniones. A menos que se de atención especial a estas juntas, tal como se verá en el Capítulo correspondiente, se puede esperar que a través de ellas se desarrollen filtraciones cuando el reservorio se llena. La experiencia ha demostrado que estas filtraciones deberán desaparecer con el tiempo, presentándose las mayores reducciones dentro de los primeros 2 á 20 meses.

13.3.- EL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

El coeficiente de permeabilidad es determinado por ensayos y su valor debe siempre ser determinado. Existen tres grandes grupos de coeficientes:

- (a) aquellos que corresponden a los concretos convencionales;
- (b) aquellos que corresponden a los concretos CCR de la primera generación en las que no se observaba la importancia del filler en la mezcla, teniendo por resultado altos coeficientes de permeabilidad; y
- (c) aquellos que representan a las mezclas de concreto CCR con alto volumen de material fino y permiten obtener valores del coeficiente de permeabilidad prácticamente en los mismos rangos de los concretos convencionales, siempre que se trate del mismo valor de material cementante.

La mejora en las mezclas de concretos CCR los cuales tienen el mismo coeficiente de permeabilidad que los concretos convencionales, es más importante en la construcción de presas de gravedad altas o presas de gravedad en arco, debido a que los concretos menos permeables son más durables.

El empleo de altos porcentajes de finos no cementantes, o filler, o materiales puzolánicos, en una mezcla de concreto CCR, contribuye a su baja permeabilidad, sin incrementar el potencial para agrietamiento térmico.

Para cuantificar el grado de permeabilidad del concreto, el coeficiente de permeabilidad es determinado por aplicación de la Ley de Darcy referida al flujo unidireccional de un fluido en un medio poroso. Este coeficiente es función de la velocidad de flujo del fluido; la cantidad de flujo que pasa a través de la muestra; la sección de la muestra perpendicular a la dirección de flujo; el coeficiente de permeabilidad intrínseca; la viscosidad del flujo dinámico; y la variación en la presión en relación a la longitud L de la muestra.

De lo anterior puede deducirse que el coeficiente de permeabilidad intrínseca no es, por lo tanto, dependiente de las características del flujo activo, sino de las características del medio poroso. De todos los procedimientos recomendables para la determinación del mismo el más empleado es el dado por la Norma ASTM C 577.

14.- DURABILIDAD

La experiencia de obra ha demostrado que los concretos CCR preparados con una cantidad importante de finos arcillosos, deberán deformarse y agrietarse cuando están sometidos a ciclos alternados de humedecimiento y secado.

Los concretos CCR preparados con finos no plásticos o sin finos, no han mostrado deterioro por humedecimiento y secado.

Pavimentos y facilidades para tráfico pesado, tales como grandes áreas de estacionamiento, los cuales han sido construídos empleando concretos CCR,

no han mostrado desgaste apreciable debido al tráfico o a la abrasión industrial bajo condiciones severas.

El aliviadero de la presa Toutle River ha presentado únicamente desgaste superficial después de haber estado sometido a flujos muy severos acompañados de piedras y árboles. Esta estructura fue construída con concreto CCR que contenía agregado pequeño de buena calidad y un contenido de cemento mayor que el que usualmente suele emplearse en la construcción masiva con concretos CCR.

Los aliviaderos de las presas Willow Creek y Galesville han sido construídos con concreto CCR. No se espera que ninguno de ellos tenga un uso permanente. Sin embargo, ambos han sido diseñados para soportar flujos de agua de alta velocidad. Los ensayos en modelos han mostrado una excelente resistencia a la erosión.

La resistencia de los concretos CCR a procesos de congelación y deshielo ha demostrado ser muy buena en obra, e igualmente ha sido aceptable en ensayos modificados en los que se ha simulado congelación natural de la superficie. Las experiencias de laboratorio y obra indican que, excepto para condiciones de exposición muy severas, los concretos CCR pueden resistir en forma adecuada procesos naturales de congelación y deshielo.

Cuando los concretos CCR no contienen una pasta fluída, no es posible lograr la cantidad de aire incorporado que es necesaria para que él sea efectivo en resistir los daños por congelación y deshielo. Los ensayos efectuados en la presa Willow Creek, tanto en laboratorio como en obra, han mostrado que aún con muy altos dosajes de aditivo no se obtienen los resultados deseados en la incorporación de aire.

El empleo de un aditivo incorporador de aire reduce el tiempo de vibración por compactación de las mezclas de concreto CCR. Sin embargo es difícil discernir la diferencia en los pequeños volúmenes de aire incorporado y el aire atrapado. Cada mezcla o proyecto deberá ser considerado individualmente y la efectividad del aditivo deberá ser analizada con sumo cuidado.

15.- PESO UNITARIO

El peso unitario de los concretos CCR es típicamente igual o ligeramente mayor que el de los concretos convencionales sin aire incorporado preparados con agregado de la misma cantera.

Los concretos CCR tienen un bajo contenido de aire, generalmente del 1% al 2%, y un bajo contenido de agua inicial, por lo que más sólidos ocupan un volumen unitario. Debido a ello el incremento de la densidad es del orden de 1% a 3%.

16.- COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Las comparaciones efectuadas de importantes propiedades físicas de los concretos CCR y los concretos convencionales, llevan a la conclusión que el moderno CCR es un buen concreto, y que presas de concreto CCR de gran altura y longitud, que tengan la misma calidad de las principales presas construídas con concretos convencionales, pueden ser diseñadas y construídas, siempre que se ejerza un excelente control de calidad en la selección de los materiales, diseño de las mezclas CCR, y durante el proceso de construcción.

La experiencia ganada en el diseño y construcción de presas de concreto CCR indica que éste puede ser empleado con éxito en la construcción de presas de gravedad altas de la misma calidad y comparables con las presas de concreto convencional que han dado excelente servicio por décadas.

Los estándares de calidad y seguridad de las presas CCR deberán ser los mismos que internacionalmente son aceptados para presas de concreto convencional comparables.

Una adecuada adherencia en las juntas de construcción puede ser obtenida con un tratamiento adecuado. Este comprende una delgada capa de mezcla ligante de propiedades adecuadas, independientemente del tiempo entre colocación de capas de concreto CCR.

Todos los materiales empleados en las presas de concreto CCR, incluídos el cemento, material puzolánico, filler, y agregados fino y grueso,

deberán ser similares en calidad, a aquellos considerados como adecuados para presas de concreto convencional comparables. De particular importancia son las propiedades físicas relacionadas a la gravedad específica, susceptibilidad a la reacción álcali-agregados, o excesiva expansión térmica.

Los concretos CCR deberán ser diseñados con el más bajo contenido de material cementante necesario para obtener las deseadas consistencia, resistencia en compresión y resistencia en corte a las edades indicadas, con la menor elevación de temperatura.

CAPITULO 6

SELECCION DE LAS PROPORCIONES

1.- INTRODUCCION

Los concretos CCR difieren de los concretos convencionales principalmente en dos aspectos; deben tener una consistencia capaz de soportar un rodillo vibratorio, y un contenido de pasta y una granulometría del agregado adecuados para compactación por rodillo u otro procedimiento externo.

El objetivo de la selección de las proporciones de los concretos CCR es obtener una masa compactable y estable, la cual cumple con los requerimientos de resistencia, durabilidad y permeabilidad para los cuales ella está siendo diseñada.

Los materiales y procedimientos de proporcionamiento de las mezclas para los concretos CCR tienen rangos que varían desde el empleo de agregados extraídos de la cantera, los cuales tienen un mínimo de procesamiento y que son empleados con materiales cementantes (cemento más puzolana) de bajo contenido, a agregados para concreto totalmente procesados con un contenido de material cementante de moderado a alto.

La mezcla diseñada para la presa Shimajigawa, en Japón, empleó agregado grueso de tamaño máximo nominal de 3" con granulometría convencional, con un contenido de material cementante de 130 kg/m³. En cambio la presa Stillwater empleó agregado grueso de tamaño máximo nominal de 2" y 246 kg/m³ de material cementante.

En la presa Willow Creek se empleó una combinación de rocas trituradas y material natural ligoso con mínimo procesamiento y sin lavado. En este caso el tamaño máximo nominal del agregado grueso fue de 3", empleándose tres tamaños agrupados en pilas. La presa Middle Ford tenía el agregado grueso separado en dos pilas sin separación del agregado fino. La presa Copperfield, en Australia, empleó una pila de agregado integral.

Diversos procedimientos de selección de las proporciones se han desarrollado a fin de acomodar este amplio rango de procesamiento de agregados y contenidos de materiales cementantes. Ninguno de los procedimientos es adecuado para todos los casos.

La selección de los materiales para los concretos CCR y el mejor proporcionamiento de los mismos están controlados por los requerimientos de diseño, la disponibilidad de los materiales, y el procedimiento de colocación seleccionado.

Las presas que tienen un talud parado agua abajo y producen un menor volumen por incremento de la altura, o por bajo peso unitario, deberán requerir resistencias mayores y mejor calidad de los concretos CCR, así como mayor control de la producción, que las secciones de la presa más masivas. En forma similar, las presas altas deberán tener zonas que requieran resistencias más altas.

Las mezclas deberán ser proporcionadas y diseñadas para obtener la resistencia, impermeabilidad y durabilidad necesarias para cumplir todos los requerimientos de diseño por estabilidad y rendimiento para un caso determinado.

Un principio del proporcionamiento de las mezclas de concreto masivo es utilizar el máximo de agregado y la mínima cantidad de cemento que permitan desarrollar las propiedades requeridas al menor costo posible.

La principal diferencia en el proporcionamiento de los concretos CCR empleados en la presa Upper Stillwater y la presa Willow Creek, es la consistencia del concreto CCR y el grado en el cual las partículas de agregado están revestidas con pasta. Está también involucrado el empleo de otras partículas finas tales como limo y polvo de roca, utilizadas para llenar los espacios vacíos entre el agregado. Ambas aproximaciones a una selección de las proporciones de la mezcla han sido empleadas con éxito.

Los concretos CCR son generalmente compactados por procedimientos externos, a fin de lograr una masa densa con una consistencia, medida por su asentamiento, diferente que aquella que se obtendría por consolidación por vibración interna. Los concretos CCR deben ser dosificados de manera que tengan la habilidad para soportar los equipos de esparcido y consolidación.

En síntesis, los procedimientos de selección de las proporciones deben reflejar la necesidad de una consistencia diferente que aquella que es producida en mezclas de concreto convencionales con un asentamiento mensurable.

Otro aspecto importante en el diseño de los concretos CCR es obtener una adecuada adherencia entre capas de estos concretos. La consistencia seca de los concretos CCR, especialmente en las mezclas con agregado mayor de 1.5", crea problemas en la adherencia del concreto fresco al concreto endurecido.

Se pueden obtener mejoras en la adherencia disminuyendo el tiempo entre la colocación de capas, mejorando el tratamiento de las juntas, o incrementando el contenido de pasta de las mezclas. Los parámetros que den por resultado un contenido de pasta demasiado bajo deberán reducir la resistencia por adherencia.

2.- ASPECTOS GENERALES

Un importante número de métodos de selección de las proporciones de la mezcla han sido empleados con éxito para la dosificación del concreto CCR a ser empleado en estructuras, haciendo muy difícil generalizar un solo procedimiento con fines de estandarización.

Los métodos indicados han diferido en forma importante debido a la ubicación y los requerimientos de diseño de la estructura, disponibilidad de materiales, equipos de mezclado y colocación empleados, y limitaciones de tiempo.

Igualmente, la aproximación al proporcionamiento de las mezclas también difiere en forma importante dependiendo de la filosofía del tratamiento de los agregados ya sea que se trate de agregados para concretos convencionales o de agregados a ser utilizados en la colocación de terraplenes estabilizados.

Se han de presentar en este estudio tres métodos diferentes de selección de las proporciones de la mezcla. Dichos métodos son los siguientes:

- a) Selección de las proporciones de los concretos CCR para cumplir con los límites especificados para la consistencia (Sección 6.3)
- b) Determinación en base a los resultados de mezclas de ensayo a fin de seleccionar la más económica combinación de agregados-materiales cementantes (Sección 6.4)
- c) Proporcionamiento de los concretos CCR empleando los conceptos de compactación de suelos (Sección 6.5)

Otros métodos, bastante exitosos, han sido desarrollados por el Japanese Ministry of Construction y el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos.

3.- SELECCION EN FUNCION DE LA CONSISTENCIA

3.1.- ASPECTOS GENERALES

El proporcionamiento de los concretos CCR para óptima trabajabilidad determinada por la consistencia emplea el ensayo modificado de compactibilidad Vebe como una base para determinar la trabajabilidad y optimizar las proporciones del agregado.

El aparato Vebe modificado consiste en una tabla vibrante de frecuencia y amplitud fijas, la cual soporta un recipiente de 1/3 de pie cúbico. Una mezcla suelta del concreto CCR es colocada en el recipiente debajo de una sobrecarga y la muestra es vibrada hasta conseguir consolidación.

El tiempo de vibración requerido para obtener consolidación total es medido y comparado con los ensayos de compactación en obra con rodillo vibrador. El tiempo deseado es determinado sobre la base de los resultados de los ensayos de densidad y la evaluación de los resultados de los testigos tomados como muestras.

El tiempo de vibración está influenciado por las proporciones de la mezcla, el contenido de agua, la granulometría total del agregado, el tamaño máximo del agregado, el contenido de agregado fino, y el contenido de finos menor de 75 μm . Las mezclas de ensayo en las que se ha preparado el concreto con agregado fino limpio y una proporción de agregado fino fija con agregado de tamaño máximo de 1.5", generalmente requieren un tiempo de vibración de 15 a 30 segundos para compactar.

3.2.- CONTENIDO DE AGUA

Las mezclas de concreto CCR con un contenido de pasta en exceso de los vacíos del agregado deberán tener una consolidación total a aproximadamente el 98% de su densidad libre de aire. Las variaciones en el contenido de agua deberán afectar directamente el esfuerzo de compactación requerido para alcanzar consolidación total.

Los efectos del tiempo de vibración y del contenido de agua sobre la densidad compactada de los concretos CCR que contienen cenizas y los concretos CCR que contienen únicamente cemento portland son factores a ser considerados en la selección de las proporciones.

Se debe considerar que la máxima densidad, en porcentaje de la máxima densidad libre de aire, ocurre en un tiempo de vibración de 50 segundos, con muy pequeños, si los hay, incrementos si se extiende el período de vibración.

Igualmente debe apreciarse que los límites inferior y superior para el contenido de agua en los concretos CCR con cenizas son considerados de 56 y 70 kg, con óptimo de 77 kg/m³. Para los concretos CCR preparados con cemento portland, los límites estuvieron entre 80 y 100 kg, con un óptimo de 90 kg/m³.

Para mezclas de cemento portland y cenizas, con el mismo agregado y aproximadamente las mismas proporciones de material cementante, el óptimo deberá variar entre los indicados, dependiendo de las proporciones de la mezcla de cemento y puzolana.

Debe tenerse en consideración en la selección de las proporciones de la mezcla de los concretos CCR que el perfil de las partículas de las puzolanas puede afectar la reducción en la cantidad de agua, dependiendo del tipo de puzolana de la Clase F.

Igualmente, la demanda de agua para un conjunto dado de materiales deberá limitar la cantidad mínima utilizable de la relación agua-material cementante. Las recomendaciones presentan mezclas en las que las cenizas han sido empleadas en la relación máxima ceniza-cemento y la mínima relación agua-material cementante. Puede esperarse un incremento en la consistencia de las mezclas conforme la relación de cenizas al cemento disminuye, principalmente debido a las diferencias básicas en los requerimientos de agua.

El método de selección de las proporciones japonés incorpora un ensayo de vibración diferente cuando se emplea agregado grueso de 1.5" a 6" de tamaño máximo para evaluar la trabajabilidad, al cual se ha denominado valor de compactación y se conoce por las siglas "**VC**".

Debe considerarse las posibles variaciones en el valor VC con el contenido de agua. Este valor varía inversamente con el contenido unitario de agua. Sin embargo, un valor VC demasiado bajo dará por resultado exudación después de la vibración.

El valor VC apropiado depende igualmente del tamaño máximo del agregado, de la cantidad de éste, de las proporciones de la mezcla, del comportamiento del rodillo vibrador, y de la temperatura. Sin embargo, es generalmente aceptado que se requieren 60 segundos para los grandes recipientes y 20 segundos para los pequeños.

Cuando el contenido de agua es demasiado bajo, deberá haber un punto mas allá del cual la resistencia no se incrementará con una disminución agua-material cementante. Ello es debido a que los vacíos del agregado no serán suficientemente llenados con pasta y el aire atrapado estará presente. Se deberán tener en consideración las posibles variaciones en la resistencia con el contenido de agua de la mezcla para un contenido fijo de material cementante.

3.3.- CONTENIDO DE MATERIAL CEMENTANTE

El contenido de material cementante de la unidad cúbica del concreto CCD depende de la resistencia requerida, de la adherencia necesaria, y de consideraciones térmicas. Las mezclas con resistencias más altas deberán requerir una mayor cantidad de material cementante en un contenido de agua dado. En este caso será requerido un mayor empleo de puzolana para minimizar la generación de calor.

Para un contenido de material cementante dado, la resistencia del concreto en una edad dada deberá ser maximizada en el mínimo volumen de pasta que llene los vacíos entre partículas de agregado.

Un bajo contenido de agua deberá reducir el volumen de agua pudiendo llegar a un punto en que los vacíos de aire atrapado no sean llenados y la resistencia deberá reducirse. En altos contenidos de agua con un exceso de pasta, la resistencia deberá reducirse debido a la alta relación agua-material cementante.

Por lo tanto, conforme el contenido de pasta se incrementa, el contenido de agua deberá ser reducido y la resistencia optimizada sin pérdida de trabajabilidad.

Se ha encontrado que el empleo de los ensayos de morteros puede ser un procedimiento adecuado para determinar la relación agua-material cementante requerida por consideraciones de resistencia. En efecto, si se logra desarrollar un contenido de mortero unitario que cumpla con los requerimientos de resistencia, la sustitución de mortero por agregado grueso, en proporciones diversas deberá, por lo tanto, determinar los contenido de agua, material cementante, y agregado fino que, en función del mortero, se requieren por volumen unitario del concreto.

Este punto será analizado en detalle en el acápite siguiente en el cual se estudiará los criterios para lograr un adecuado proporcionamiento del agregado grueso en función de los requisitos del mínimo contenido de mortero.

3.4.- PROPORCIONAMIENTO DEL AGREGADO GRUESO

El proporcionamiento del agregado grueso depende de los efectos combinados de los vacíos entre las partículas de agregado, el área superficial de éste, y el perfil de las partículas.

Cuando la granulometría del agregado es controlada por tamizado y división de los agregados en fracciones separadas por tamaños, el contenido de vacíos puede ser controlado dentro de determinados límites. La densidad seca varillada y el control de la granulometría combinada dependerán del

proporcionamiento y número de tamaños separados y de las variaciones de la granulometría dentro de los tamaños individuales.

Siempre que el control de la granulometría sea satisfactorio, un incremento en el tamaño máximo del agregado deberá incrementar la densidad seca varillada y reducir el contenido de vacíos. Igualmente, el área superficial total de los agregados combinados deberá disminuir conforme la proporción de partículas mayores en un volumen unitario dado se incremente.

El perfil de las partículas del agregado manufacturado es controlado por las características de unión de las rocas y el tipo de triturador. La compactibilidad se incrementa con la redondez y los perfiles cúbicos del agregado y disminuye con los perfiles chatos.

Para material de granulometría discontinua, la granulometría ideal generalmente se alcanza proporcionando el agregado de manera tal que los tamaños mayores sean el 50% a 75% del agregado grueso, con la discontinuidad siendo mantenida en los tamaños menores.

Se puede encontrar problemas de segregación con granulometrías discontinuas debido al incremento en la proporción de partículas de tamaño mayor. En los concretos convencionales, generalmente se incrementa la proporción de los tamaños menores para reducir la segregación.

Desde un punto de vista económico, lo anterior resulta conveniente ya que permite el empleo de todos los tamaños de grupo y reduce el desperdicio de los tamaños menores del agregado. El volumen absoluto del agregado grueso por unidad de volumen de los concretos CCR deberá, normalmente,

estar dentro de los límites indicados en las especificaciones

Para un tamaño máximo del agregado grueso, puede determinarse el mínimo volumen de agregado que produce un concreto de consistencia sin asentamiento proporcionando la fracción mortero para obtener aproximadamente la resistencia requerida y ajustando las proporciones de agregado grueso y mortero para alcanzar un asentamiento cero. Las proporciones de agregado fino, material cementante, y agua deberán permanecer en una relación fija durante estos ajustes.

En la presa Upper Stilwater, el límite superior del volumen de mortero necesario para producir una condición de asentamiento cero tenía un tiempo Vebe de 5 segundos y en base a éste se seleccionó un tiempo Vebe de 15 segundos para la construcción. El procedimiento empleado mantenía la proporción del mortero constante, incrementaba el volumen de agregado grueso, y disminuía el volumen de mortero en igual incremento, mientras se comprobaba el tiempo de vibración para obtener la consolidación deseada.

El límite máximo de volumen de mortero por consistencia se considera que se ha alcanzado cuando el continuo incremento en las proporciones del agregado grueso da por resultado una disminución sustancial en la densidad para un esfuerzo de compactación dado.

Se considera que una especificación de volumen de agregado grueso a ser empleado, que está aproximadamente en la mitad entre el mínimo que produce una condición de asentamiento cero y el límite máximo indicado, minimiza los problemas de control durante la colocación.

Los requerimientos mínimos de pasta están en función de la granulometría y características del agregado fino. En el acápite siguiente se analiza el proporcionamiento del agregado fino para el mínimo requerimiento de pasta.

3.5.- PROPORCIONAMIENTO DEL AGREGADO FINO

El contenido de vacíos del agregado fino, determinado a partir del peso seco varillado, normalmente varía entre 34% y 42%. El contenido de vacíos real puede ser algo menor debido a la ineficiencia del procedimiento de determinación.

Sin embargo, ello hace pequeñas diferencias desde que los contenidos de cemento mínimo, puzolana (si ella es empleada), aire y agua requeridos para alcanzar un volumen de sólidos determinado deberán llenar todos los vacíos del agregado fino y revestir todas las partículas de éste.

Por ello el mínimo volumen de pasta puede ser determinado por la curva de máxima densidad de la misma manera como el óptimo contenido de agua es determinado para los sólidos. El procedimiento es el siguiente:

- a) Emplear la relación agua-cemento o agua a material cementante total requerida por la mezcla, añadir agregado fino en un incremento igual y medir la densidad de los especímenes empleando los procedimientos empleados en compactación de suelos o vibración extendida.

- b) Plotear la densidad versus el volumen de pasta calculado.

- c) Determinar el volumen de pasta que produce máxima densidad en los especímenes de mortero. Este volumen de pasta, como una relación del volumen total de mortero, deberá ser incrementado de 5% a 10% en el proporcionamiento de mezclas masivas. Para mezclas especiales, diseñadas como mezclas ligantes para juntas de construcción, ésta relación de volumen de pasta mínimo deberá ser incrementada en un 20% a 25%.

3.6.- SELECCION DE LAS PROPORCIONES

La consistencia de los concretos de asentamiento cero, diseñados de acuerdo al procedimiento indicado en la recomendación 211.3 del American Concrete Institute, en general no deberá soportar el peso de los grandes rodillos vibrantes si no se introduce alguna modificación del procedimiento.

El contenido de agua de la mezcla deberá estar más de acuerdo con el de la Tabla 2.3 de la recomendación ACI 207.5R que al valor dado por la Tabla 2.3.1(c) de la recomendación ACI 211.3.

Empleando el procedimiento de la recomendación ACI 211.3 y el contenido de agua de la Tabla 2.3 de la recomendación ACI 207.5R, se recomienda un valor máximo de la relación agua-cemento de 0.6 para mezclas sin puzolana, a fin de asegurar un volumen de pasta suficiente para llenar los vacíos del agregado.

Este procedimiento deberá producir una resistencia más alta y una mayor elevación de calor que aquellos que son normalmente necesarios o deseables para el concreto interior de una presa, por ello es recomendable reemplazar concreto por puzolana en la medida necesaria para alcanzar los requerimientos de resistencia deseados, o la reducción deseada en el calor de hidratación.

Un método alternativo de seleccionar las proporciones de la mezcla involucra aproximaciones a máxima densidad. Las etapas básicas de este método alternativo son:

- a) Determinar el mínimo volumen de pasta, tal como se ha indicado en la Sección 3.5. En base a la experiencia de los ensayos efectuados y a la aplicación en obra de los mismos, se ha encontrado que relaciones del volumen de pasta libre de aire al volumen de mortero libre de aire, que denominaremos "**p**", de 0.38 para mezclas a ser empleadas en la masa interior y de 0.42 para mezclas de unión son, en general aceptables.
- b) Seleccionar los valores de "**p/c**" y "**w/(c + p)**" a partir de la Figura 2.1 para resistencias de mezclas de prueba.
- c) Determinar el volumen de agregado grueso "**Vca**" ya sea por selección de la Tabla 2.2 o por ensayos tal como se ha indicado en la Sección correspondiente.
- d) Calcular el volumen de mortero libre de aire/m³ "**Vm**" asumiendo 2% de aire atrapado, para:

$$V_m = C_y (0.98) - V_{ca}$$

en la que C_y es el volumen unitario de concreto.

- e) Calcular el volumen de pasta libre de aire "**V_{pasta}**" empleando la relación en volumen seleccionada en la etapa (a) como "**P_v**"

$$V_{pasta} = V_m (P_v)$$

- f) Determinar el volumen de agregado fino "**V_{fa}**" de

$$V_{fa} = V_m(1 - P_v) \quad \text{ó} \quad V_{fa} = V_m - V_{pasta}$$

- g) Determinar el volumen de agua de ensayo V_w de

$$V_w = V_{pasta}(w/(c + p))/(1 + w(c + p))$$

- h) Determinar el volumen de cemento V_c de:

$$V_c = V_w/(w/(c + p))(1 + p/c)$$

- i) Determinar el volumen de puzolana V_p de:

$$V_p = V_c(p/c)$$

- j) Determinar los diversos pesos de los materiales multiplicando los volúmenes individuales por sus respectivos pesos sólidos.

- k) Comprobar la consistencia de la mezcla, tal como se ha indicado en las secciones 2.2 y 2.5, a fin de determinar la mínima extensión de la vibración externa en segundos necesaria para alcanzar la máxima densidad compactada.

- l) Con el volumen de agregado grueso finalmente obtenido, preparar dos mezclas adicionales, una con una relación agua-material cementante más alta y otra con la misma relación más baja. Plotear la relación resistencia versus relación agua-material cementante para la selección de la mezcla final.

4.- SELECCION POR MEZCLAS DE PRUEBA

4.1.- GENERALIDADES

Muchas mezclas para determinadas estructuras preparadas con concretos CCR han sido proporcionadas sobre la base de los resultados de muestras preparadas empleando un agregado de granulometría determinada y variando el contenido de material cementante, y luego comparando los resultados. Basándose en esos resultados, se puede realizar ensayos complementarios para un contenido de material cementante constante aunque ajustando las proporciones del agregado.

A partir de esos ensayos se selecciona la combinación más económica de materiales cementantes y agregado con la cual se puede obtener la resistencia requerida y una mezcla empleable en obra. El proporcionamiento de

estas mezclas dará por resultado contenidos de pasta que esencialmente llenarán los vacíos entre partículas de agregado.

El procedimiento descrito ha sido empleado con contenidos de material cementante que variaban de 30 a 300 kg/m³ con resistencias al año variando entre 42 y 350 kg/cm².

4.2.- CONTENIDO DE AGUA

El contenido de agua debe ser ajustado para obtener compactación satisfactoria. Este corresponde a un nivel de humedad justo por debajo de aquel que permite que la mezcla fresca se escurra bajo las condiciones de tráfico en obra, y justo por encima de aquel en el cual la sequedad de la mezcla causa un incremento significativo en la segregación.

La observación del mezclado y manejo de la mezcla fresca, con diferentes adiciones de agua, es necesaria para poder determinar el contenido de humedad apropiado de la muestra.

El contenido de agua determinado para un factor cemento puede variar muy poco o no variar en la medida que el contenido de material cementante es cambiado dentro de un amplio rango de valores.

Durante el proceso constructivo, el control del contenido de agua es principalmente determinado por observación visual para óptima compactación, siendo los resultados confirmados por ensayos nucleares de densidad.

4.3.- MATERIAL CEMENTANTE

El primer juego de mezclas de prueba es preparado con puzolana y el segundo con proporciones iguales de cemento y puzolana. Se puede preparar mezclas adicionales con contenidos variables de puzolana a fin de determinar la combinación más económica de cemento y puzolana que permita alcanzar los requisitos exigidos por la Norma.

Cuando existe la opción de preparar finos, o de aprovechar la presencia de material fino natural, puede prepararse una serie de mezclas de prueba a fin de determinar que reducción en el cemento o la puzolana, si ella es posible, puede lograrse por adición de más finos para optimizar la relación de vacíos del agregado fino.

En algunos casos se ha podido lograr disminuciones de 1% de cemento por cada 3% de fino añadido, en tanto que en otros no se ha logrado ningún tipo de beneficio.

4.4.- AGREGADOS

Empleando el material de las canteras y depósitos disponibles, la más económica combinación de materiales que puede ser combinada para producir una granulometría total suave, dentro de límites similares a los mostrados en la Tabla y la Figura correspondientes, es empleada como la granulometría fija para el proyecto y como la base para la selección de las proporciones de la mezcla.

La experiencia de laboratorio y obra ha mostrado que una granulometría suave, dentro del rango indicado, ha permitido obtener concretos CCR de buena calidad, trabajables y compactables, con agregados que incluyen basaltos a granitos, calizas, esquistos, y areniscas; procedentes de canteras de material natural.

El contenido de agregado fino en la masa CCR usualmente está en el rango del 35% al 50% de la granulometría combinada y es mayor que el que es usualmente empleado en mezclas de concreto masivo convencionales. Ello generalmente es necesario para minimizar la segregación y prevenir la rotura del agregado, lo cual podría ocurrir como un resultado del contacto de roca a roca durante la compactación.

El contenido de finos permisible depende de la plasticidad, dentro de los límites que han sido empleados. Si el fino no es plástico, mayor porcentaje es permitido. Un valor tan alto como el 10% del peso total del agregado ha sido empleado en algunas mezclas CCR, valor que es más de cuatro veces superior que aquel normalmente permitido en concretos con agregado fino graduado.

4.5.- SELECCION DE LAS PROPORCIONES

La selección de las proporciones más convenientes para la mezcla se basa en los resultados de los ensayos de la resistencia y las propiedades elásticas de mezclas con diferentes contenidos de cemento o materiales cementantes.

Así por ejemplo, estos ensayos incluyen pruebas de resistencia y módulo de elasticidad a edades de 2, 7, 14, 28, 56, 90, 180, y 365 días. Si ellos son requeridos, también deberá efectuarse ensayos de tensión indirecta.

De los resultados de todos estos ensayos puede determinarse los efectos del contenido de cemento y otros ensayos variables, tales como puzolanas y adiciones finas, y seleccionar la más económica mezcla total.

A partir de los resultados se puede desarrollar un conjunto de gráficos que presenten el efecto de esas variables y la edad sobre las propiedades de los concretos CCR endurecidos. Teniendo una cantidad adecuada de datos para una variedad de especímenes en edades diversas, se puede elaborar figuras para las diversas propiedades que están siendo estudiadas y se puede estimar los valores en las edades finales. A su vez, estos gráficos pueden ser empleados para desarrollar una familia de curvas.

El contenido de material cementante requerido puede ser estimado de esos gráficos para una resistencia y edad determinadas. Con esta información no serán necesarios futuros ensayos de laboratorio y las subsecuentes demoras en tanto se espera los resultados de diferentes mezclas propuestas durante el proceso de trabajo en obra.

Empleando esta técnica de proporcionamiento de mezclas para los concretos CCR, la relación agua-cemento en peso deberá tener resultados dentro del rango de 0.6 a 2.0. Se han presentado altas resistencias en las relaciones agua-cemento más bajas, pero ellos han sido atribuidos principalmente a los correspondientes cambios en el volumen de la pasta.

5.- EMPLEO DE LOS CONCEPTOS DE COMPACTACION DE SUELOS

5.1.- CONCEPTOS GENERALES

Se ha dosificado mezclas de concreto CCR empleando los procedimientos de compactación de suelos. Este procedimiento es más adecuado para mezclas con agregado de tamaño menor y que generalmente tienen alto contenido de cemento.

El procedimiento comprende la determinación de la máxima densidad seca de los materiales empleando el procedimiento de compactación del proctor modificado y puede ser considerado como una extensión de la tecnología de los suelos-cemento.

El óptimo contenido de agua se determina empleando el mismo procedimiento utilizado para establecer el óptimo contenido de agua del material de terraplenes y suelo-cemento. Para lograr esto en los concretos CCR se requiere una modificación del equipo de compactación.

El proyecto Northloop utilizó un recipiente de 14" de diámetro y el procedimiento equivalente modificado AASHTO para determinar la curva de máxima densidad seca para concretos CCR.

Para determinar un pico diferente para la curva de máxima densidad, el contenido de material cementante de todos los especímenes de ensayo deberá permanecer constante y la granulometría de los agregados deberá estar en el

rango medio de los límites de las especificaciones. Puede esperarse resultados variables a menos que la granulometría y contenido de humedad de los agregados sean mantenidos relativamente constantes.

El pico de la curva de densidad indica el punto correspondiente a la máxima densidad seca calculada. Los cambios en la densidad húmeda fueron en el rango de este pico aún cuando la densidad seca calculada fue más significativamente afectada.

Concretos CCR han sido proporcionados empleando equipos de compactación de suelos similares a los del método de ensayo del proctor modificado, indicado en la Norma ASTM D 1557. Una de las modificaciones fue cambiar las dimensiones de los moldes a 6" x 12" en vez de 4" x 4.6", a fin de poder acomodar mayores tamaños de agregado.

La compactación a ser alcanzada depende de la energía impartida al espécimen. El esfuerzo de compactación del ensayo del proctor modificado de 32.6 ft-lb/in³ se ha encontrado que corresponde a la densidad medida en obra de las mezclas con agregado pequeño en las cuales él es empleado. Es conveniente indicar que este esfuerzo de compactación puede fracturar las partículas de agregado en los ensayos de laboratorio.

5.2.- CONTENIDO DE AGUA

El óptimo contenido de agua a ser empleado en el procedimiento de compactación de suelos dependerá del agregado empleado, el contenido de material cementante, y el esfuerzo de compactación aplicado.

Es conveniente recordar que han de ocurrir pérdidas de resistencia con un contenido de agua por debajo del óptimo (debido a la presencia de aire atrapado), o sobre el óptimo (debido a una relación agua-material cementante mayor).

El contenido de agua, en peso, es expresado como un porcentaje del peso seco del agregado. El deberá variar debido a las variaciones en la gravedad específica de los materiales y al valor de la absorción.

Ello hace difícil comparar resistencias de diferentes mezclas debido a las variaciones de la relación agua-material cementante, la cual depende del contenido de agua del agregado al estado de saturado superficialmente seco.

La determinación del contenido de agua real dependerá del método de ensayo empleado y puede variar debido a factores tales como hidratación, evaporación, contenido de puzolana, aditivos y absorción.

5.3.- CONTENIDO DE MATERIAL CEMENTANTE

El contenido de material cementante es determinado por ensayos de compresión en óptimos contenidos de agua para diferentes mezclas. El cemento y la puzolana han sido empleados para este proceso de proporcionamiento de mezclas y son expresados como un porcentaje del peso seco de sólidos.

El contenido de cemento, por lo tanto, también puede variar algo debido a las variaciones en las propiedades físicas del material. El contenido de material cementante tiene un rango de 7% a 15% del peso seco de los sólidos que tienen densidades secas variando de 1920 a 2200 kg/m³. El rango puede corresponder a aproximadamente 120 a 275 kg de material cementante por metro cúbico cuando se expresa en peso por unidad de volumen.

5.4.- AGREGADOS

Los trabajos efectuados en la presa Tarbela emplearon como tamaño máximo del agregado rangos de 6" a 9". En los Estados Unidos el tamaño máximo ha sido limitado a 2" permitiendo el empleo total de la mezcla de concreto CCR para ensayos aproximados de densidad de suelos.

Las variaciones en los agregados y en el contenido de agua deberán conducir a variaciones en la densidad alcanzada y en las propiedades del concreto CCR asociadas a éstas.

CAPITULO 7

CONSTRUCCION

1.- GENERALIDADES

Debido a que los concretos CCR exigen una adecuada preparación, apropiada selección del procedimiento constructivo y del equipo a ser empleado, cuidadosa elección de las características del diseño y de los materiales empleados en cada obra, etc., la preparación, planeamiento y logística de las construcciones empleando concretos CCR son considerablemente diferentes que las empleadas para la construcción de elementos estructurales empleando concretos masivos convencionales.

Efectivamente, los estudios sobre procesos constructivos de presas de concreto CCR incluyen estructuras que pueden variar entre siete mil y un millón de metros cúbicos de concretos CCR. Igualmente, los trabajos pueden incluir presas construídas en climas que varían de tropicales a árticos; así como presas construídas en climas variables. Igualmente puede darse el caso de presas construídas en zonas de alto desarrollo socio-económico o en países de gran pobreza. Igualmente varía la disponibilidad de equipo y mano de obra calificados. La amplitud, variedad y dispersión de los trabajos demuestran que las presas de concreto CCR están siendo y pueden ser construídas en cualquier ubicación y clima.

En un estudio sobre el proceso constructivo a ser empleado con los concretos CCR no pueden dejar de considerarse, entre otros, aspectos tales como las causas posibles y reales de interrupción en el trabajo; los posibles sistemas de entrega del concreto CCR; los requerimientos de enfriamiento de la mezcla ya colocada; el espesor más conveniente de las capas; el empleo de fajas transportadoras especialmente diseñadas para la conducción de los concretos CCR; la utilización de elementos prefabricados en la cara aguas abajo; así como los controles periódicos de la temperatura, densidad, etc.

Complementan a estos estudios aquellos referidos a la resistencia,; los procedimientos de colocación que permiten obtener alta productividad; los aspectos referentes a la organización, planeamiento y distribución del proyecto; la programación y el proceso de ejecución de los ensayos; el control de calidad de la construcción; las condiciones de la cimentación; la utilización de finos procesados como parte del contenido de material cementante.

Finalmente, no puede dejar de mencionarse el empleo de membranas impermeables y paneles prefabricados en la cara aguas arriba de la presa; los procedimientos de colocación continua; el proceso de control de las contracciones térmicas; la aplicación de técnicas que permitan obtener concretos CCR resistentes a la congelación, así como a lluvias frecuentes y severas; la aplicación de técnicas de pre-enfriamiento del concreto CCR, incluidos los aspectos prácticos de seleccionar, instalar, mantener y operar los equipos, etc.

La organización, planeamiento y logística de la construcción con concretos CCR difieren de las empleadas en la construcción de concretos masivos convencionales. Los tres principales factores que tienen influencia son:

- (1) En vez de construcciones verticales, las cuales virtualmente independizan bloques monolíticos, la colocación de los concretos CCR significa capas de poco espesor colocadas sobre una gran área, básicamente colocar pavimentos sobre la coronación de ellos mismos.

- (2) En vez de tener una alta relación de hombre-hora a volumen de concreto CCR colocado, con un intenso trabajo de vibración interna, acabado manual y encofrados, los concretos CCR típicos tienen una baja relación de hombres-hora a volumen colocado con equipo de distribución y compactación de la mezcla, una cantidad mínima de encofrados y, esencialmente, no hay acabado manual.

- (3) Las construcciones de concreto CCR, cuando son eficientes, se caracterizan por mantener la construcción tan continua, repetitiva y simple como sea posible, permitiendo facilidad y rapidez de construcción y el empleo intensivo del equipo con el mínimo trabajo por metro cúbico del concreto CCR colocado.

El abastecimiento de combustible, los trabajos de encofrados a ser hechos desde la superficie de las capas, y el ensamblado de los elementos embebidos, deberán ser programados y ejecutados de manera tal que la mayoría de ellos no se efectúen durante el proceso de compactación de las capas sino durante los altos o cambios en el proceso de colocación del concreto CCR. Todo el personal y equipo innecesarios deberán ser mantenidos fuera del área de trabajo.

En el proceso de trabajo de este tipo de concretos, cuando se presentan problemas en el área de colocación, ellos deberán ser resueltos rápidamente, dado que no hay bloques monolíticos alternados para trabajar en ellos en tanto el problema que se ha presentado es estudiado y resuelto. Se ha planteado la posibilidad de dejar una parte del área de trabajo aislada para ser posteriormente trabajada, pero ello puede significar dificultades de colocación posteriores y planos potenciales de debilidad en el perímetro del área aislada.

Es esencial que todos los materiales, accesos, partes embebidas, cimentaciones, etc., sean planificados y estén listos en el momento en que ello sea necesario. Es igualmente esencial que las líneas de comunicación entre el proyectista y el contratista estén perfectamente establecidas y en operación, de tal manera que ambos puedan resolver rápidamente los problemas que pudieran presentarse y dar un cabal cumplimiento a las especificaciones, o cualquier otro problema, que se puedan ir presentando en el desarrollo del trabajo, a fin de que los mismos no den por resultado retardos o alteraciones en el progreso de la obra.

Las interrupciones y demoras generalmente originan reducción en la calidad de las juntas y del concreto CCR. e igualmente incrementan los costos. Por ello son esenciales una comunicación directa y procedimientos para la resolución de los problemas en el sitio de trabajo, sin exceso de personal o administradores. Estas son recomendaciones básicas y simples, pero realistas en la medida que muchos proyectos han sufrido por falta de suficiente autoridad y responsabilidad en la obra, tanto de parte del contratista como de los ingenieros responsables.

La definición y esclarecimiento de las especificaciones y los términos del contrato; la selección de la firma contratista; y la adecuada selección de los materiales y equipos a ser empleados; así como una adecuada definición de

los términos del contrato de trabajo y de las funciones y obligaciones de la supervisión, son aspectos delicados e importantes, a los cuales no siempre se les da la atención que ellos requieren. Todos estos aspectos deben ser tenidos en consideración por el propietario de la obra.

El procedimiento ideal para construir una presa de concreto CCR es un contrato negociado, el cual permita realizar fácil y rápidamente los ajustes al diseño. programa de avance del trabajo, variaciones climatológicas, y condiciones de obra que pueden obligar a modificaciones. Los cambios que, previo estudio, ameritan modificaciones en el diseño, deberán poder ser propuestos tanto por el ingeniero como por el contratista, previo análisis conjunto del impacto de dichos cambios y de los beneficios o problemas asociados con ellos.

Las modificaciones en el presupuesto deberán ser cuidadosamente analizadas y rápidamente resueltas. El concepto "**Valor de ingeniería**" ha sido muy útil cuando él ha sido incluido en los contratos de las construcciones de concretos CCR. Este valor permite al contratista proponer un cambio considerando un conjunto de líneas maestras de trabajo. Cualquier menor costo resultante de la aplicación del concepto mencionado y de cambios en el mismo, después de la deducción de los costos directos y de implementación, puede ser distribuido entre el propietario y el contratista.

La negociación del contrato es un buen procedimiento para que el propietario conozca en detalle los términos del mismo, el equipo y procedimientos a ser empleados, así como la experiencia del contratista en trabajos con concretos CCR. Igualmente, permite al contratista conocer en que forma se plantea la supervisión de la obra, cuan rigurosos son los diferentes aspectos de las especificaciones, y como debe ser la relación entre el propietario y el contratista para proponer los cambios y ajustes que puedan

simplificar el proceso constructivo.

Igualmente, el proceso de negociación del contrato permite que el diseñador pueda dar los ajustes finales al diseño y las especificaciones teniendo en consideración el equipo y recursos disponibles por el contratista.

Infortunadamente, en algunos casos, la negociación de los contratos es, en algunos casos, limitada a presas privadas y situaciones de emergencia. Igualmente, en muchos casos es común requerir experiencia en concretos CCR. En algunos casos este requerimiento puede ser útil, en otros un verdadero contratiempo. Por ejemplo, un contratista que puede haber construido un sólo tamaño de presa de concreto CCR en un sólo clima y con un sólo tipo de mezcla puede tener una experiencia que es totalmente inapropiada para diferentes climas, diseños y tamaños. Un contratista de mente amplia sin ninguna experiencia en este tipo de trabajos puede ser una mejor elección que aquel que teniendo experiencia tiene ideas preconcebidas acerca del proyecto y solamente un tipo de experiencia en concretos CCR.

Cuando un contratista es precalificado, es importante conocer que personal y equipos que él incluye en los documentos de la precalificación están disponibles para ser empleados en el proyecto, a fin de evitar, por ejemplo, que se haya considerado personal con experiencia en concretos CCR pero que ninguno de ellos sea asignado al proyecto. El contratista deberá asegurar y asegurarse que el personal con experiencia trabaje en la obra a tiempo completo y con el máximo de su capacidad y experiencia. Ello igualmente está referido al personal encargado de la operación de los equipos en la obra.

2.- PROCESAMIENTO DEL AGREGADO

La ubicación, tamaño, y retiro de los agregados de las pilas deberán ser coordinadas con la ubicación de la planta dosificadora de concreto CCR, debiendo emplearse procedimientos de trabajo que garanticen una segregación mínima y eliminen la variabilidad en la granulometría, especialmente del agregado grueso.

En las altas magnitudes de producción posibles para los concretos CCR, se puede requerir grandes cargadores y sistemas de transporte por fajas para mantener cargados los silos de almacenamiento. Por ello deberá considerarse la longitud de transporte, el tiempo de retorno, etc., a fin que el equipo de carga pueda operar en forma eficiente, rápidamente y en forma segura.

La ubicación de las pilas de agregado y de la planta de concreto pueden ser más importantes que en la práctica de los concretos convencionales. Por ejemplo, las grandes pilas de agregado que, fácilmente, pueden ser la mitad del material necesario para una etapa de colocación, deberán estar en la obra antes del inicio de los trabajos con el concreto CCD. Algunas de las razones para ello son:

- a) Requerimientos técnicos del diseño, tales como la producción de agregados en climas de baja temperatura, los cuales deben ser almacenados en pilas para su empleo posterior. Ejemplo de ello son las presas Middle Fork y Monksville, en las que el almacenamiento de pilas de agregado en invierno dió por resultado áreas que permanecían demasiado frías con riesgo de congelación del material que estaba siendo colocado.

- b) Flujo permanente del material. Una adecuada programación puede permitir una fácil movilización y tener la producción de agregados en operación total aún cuando los trabajos del resto del proyecto estén recién comenzando.

- c) Necesidades de la construcción. La cantidad de agregado empleada durante la colocación del concreto CCR puede exceder la capacidad de producción de agregados. Cuando se cuenta con grandes pilas de almacenamiento, el material que ocasionalmente es producido fuera de los límites de las especificaciones puede ser desparramado sobre el material aceptable para producir una mezcla que esté dentro de los límites de las especificaciones.

Aunque muchas presas de concreto CCR han sido construídas ya sea empleando pilas de agregado o diversos tamaños de agregado, muchas otras han sido construídas con éxito empleando únicamente dos tamaños, generalmente de más y menos 20 mm de diámetro.

En algunos proyectos se ha empleado agregado integral. Igualmente, en algunos proyectos las ventajas de emplear pocos tamaños diferentes de agregado han sido obvias, en tanto que en otros no. El empleo de pocos tamaños de agregado requiere menos área de almacenamiento, así como menor cantidad de equipo para cargado y transporte. Igualmente requieren menor cantidad de silos de almacenamiento y diseños de mezcla menos complicados.

Un ejemplo de las ventajas de emplear sólo dos tamaños de agregado grueso es el siguiente. Si uno de los silos de almacenamiento deja de funcionar por cualquier causa y la planta tiene cuatro silos, cada uno con un tamaño

diferente, la producción se para. Si en la misma planta se emplean cuatro silos pero sólo dos tamaños de agregado grueso, cuando un silo deja de funcionar por cualquier causa, la producción puede continuar en tanto que el silo malogrado es reparado.

Cuando se emplea mezclas de concreto CCR con bajo contenido de material cementante, puede ser necesario añadir finos no plásticos que pasan la malla de 75 micrones a fin de compensar el bajo contenido de pasta. Cuando los finos son incluidos con agregado grueso de tamaño máximo menor de 20 mm, el material resulta similar al que se emplea en la base de los caminos, con una mínima tendencia a la segregación, especialmente si está húmedo.

Igualmente, el contenido de humedad en la pila tiende a permanecer muy uniforme debido a que el material no tiene drenaje libre. Este no es el caso en los agregados empleados en los concretos convencionales.

3.- UBICACION DE LAS PLANTAS DOSIFICADORAS

La capacidad y ubicación de la planta de concreto deberán ser seleccionadas para minimizar los requerimientos de energía, debiendo estar ubicada lo suficientemente cerca del lugar donde el concreto CCR es transportado por medio de vehículos o fajas transportadoras.

El proceso de transporte deberá ser organizado de manera tal que se minimice la distancia total de transporte, las caídas verticales de la mezcla, y la exposición de la mezcla fresca al sol y al ambiente.

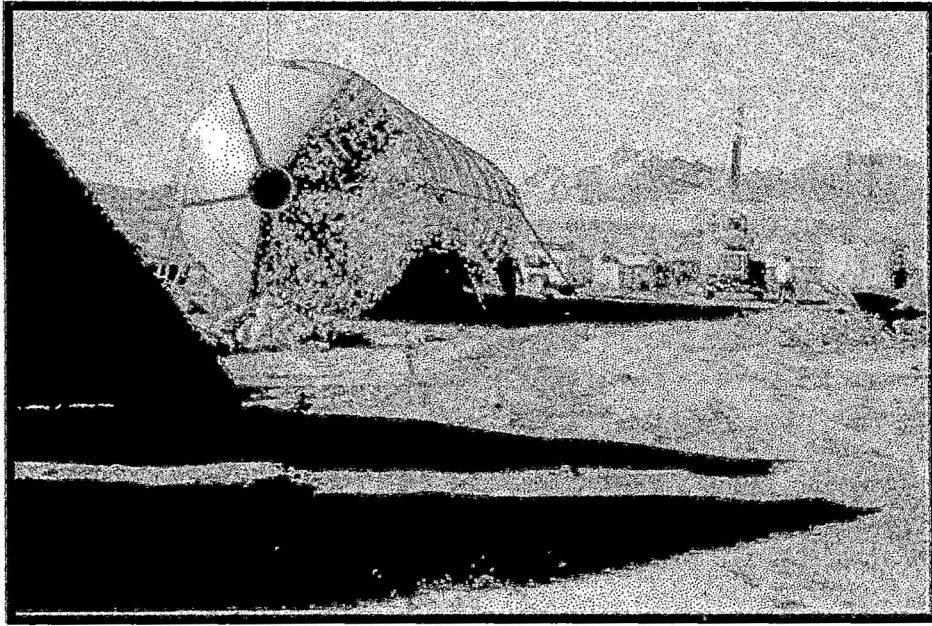
Si se emplea vehículos de transporte, la planta deberá ser ubicada sobre terreno elevado a fin de evitar que los aliviaderos y el agua de lavado al drenar creen una zona fangosa.

Es recomendable que la ubicación de la planta dosificadora para presas esté en el área del futuro reservorio, justo aguas arriba de la presa y sobre el nivel de la ataguía o de uno de los estribos.

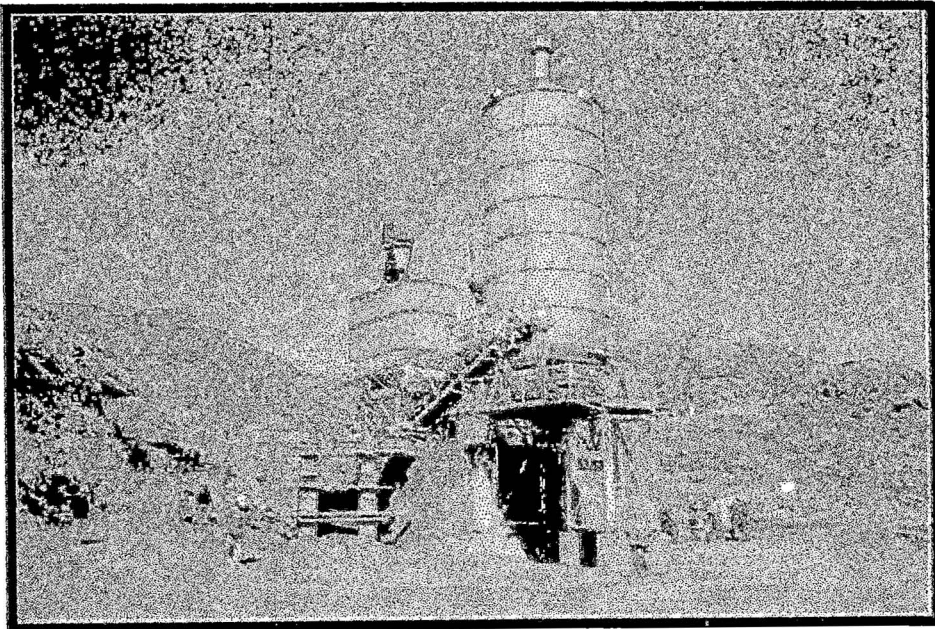
La planta dosificadora deberá tener un sistema de comunicación o una faja de descarga los cuales permitan obtener muestras del concreto CCR antes que éste ingrese a su ubicación en la presa. Ello permite la obtención de muestras, preparación de zonas de ensayo, u otros usos constructivos en los que se emplea el concreto CCR.

4.- MEZCLADO

En la producción de los concretos CCR se han empleado tanto mezcladoras continuas como mezcladoras por tandas, aunque las primeras son las más comunes. Las operaciones de dosificación con mezcladoras de tambor tienden a ocasionar muchas dificultades. Generalmente las mezcladoras de tipo continuo proporcionan una mayor capacidad de producción. Igualmente con ellas se logra una adecuada rutina operación/mantenimiento, alcanzándose uniformidad y un ritmo adecuado de producción. Adicionalmente ellas pueden ser utilizadas en plantas que operan ya sea con control volumétrico o con control por peso.



MONTAJE DE LA PLANTA DOSIFICADORA DE CONCRETO



El concepto de concretos CCR cambia completamente los elementos de producción-control de los concretos masivos, así como la magnitud de la colocación desde la planta de concreto. Aunque es posible incrementar la producción empleando grandes mezcladoras, o por adición de mezcladoras y plantas dosificadoras, estas condiciones sugieren la conveniencia de un mezclado continuo para eliminar los tiempos muertos en las operaciones de dosificación y mezclado.

Aunque algunos concretos CCR han sido exitosamente producidos con plantas dosificadoras de tipo convencional y mezcladoras de tambor, se han presentado problemas de baja producción, esponjamiento, sensibilidad a la secuencia de cargado, variabilidad en las mezclas, descarga más lenta. Ello no significa que un concreto CCR aceptable no pueda ser producido por procedimientos de dosificación y mezclado en tambor, pero se requiere una atención especial. El equipo que es adecuado para una alta producción normal de concretos convencionales no es necesariamente adecuado para todas las mezclas de concreto CCR y las magnitudes de producción mayores las cuales son un requerimiento típico de este tipo de concretos.

Las mezcladoras empleadas en los concretos CCR deberán tener suficiente capacidad para los altos volúmenes generalmente empleados y para obtener un mezclado adecuado de los ingredientes. Es recomendable que las mezcladoras funcionen en un proceso continuo, de preferencia sin paradas innecesarias, debiendo las operaciones de mantenimiento y reparación efectuarse rápidamente.

Las mezclas de concreto CCR pueden ser muy duras y, en algunos casos causar la rotura del agregado fino. Los tambores de la cámara de mezclado deberán ser diseñados o revestidos para resistir el desgaste resultante del empleo de grandes cantidades de fino que puede presentarse en

algunas mezclas. Aún con estas precauciones, la experiencia ha demostrado que puede presentarse un desgaste importante en el tambor de la mezcladora. Si este proceso de desgaste no es detenido puede ocurrir una importante pérdida de efectividad en la mezcladora.

Las consideraciones anteriores llevan a una primera conclusión en el sentido que, excepto para pequeñas aplicaciones con alto contenido de material cementante, agregado de tipo convencional limpio, y tamaño máximo de agregado grueso limitado a 25 mm, deberá evitarse el concreto CCR mezclados en camiones o en plantas dosificadoras móviles. Aún con este tipo de mezclas puede anticiparse descargas más lentas y alta variabilidad de las mezclas.

Una entrega rápida y continua es importante en aplicaciones masivas de concretos CCR. La capacidad teórica de la planta deberá estar por encima de la producción promedio deseada. Como una guía general puede considerarse que la magnitud promedio del volumen de colocación no deberá exceder al 65% de la capacidad de la planta cuando se emplea vehículos de transporte para entregar el concreto y del 75% cuando se emplea un sistema de transporte por fajas. Estos valores tienden a disminuir en proyectos pequeños y a hacerse más altos conforme los proyectos son mayores y más complicados.

Las mezcladoras a ser empleadas en la producción de concretos CCR necesitan cumplir dos funciones básicas. Deberán tener la capacidad adecuada para permitir la colocación continua de magnitudes importantes típicas de los concretos CCR y, además, deberán mezclar cuidadosamente todos los ingredientes. Las magnitudes de colocación promedio típicas son del orden de 75 m³/hora para proyectos pequeños; 200 á 300 m³/hora para proyectos medianos y 400 a 750 m³/hora para grandes proyectos. La mezcladora deberá ser operada de preferencia sin interrupciones. Deberá efectuarse un mantenimiento continuo y las pequeñas reparaciones deberán ser ejecutadas

rápidamente.

Las variaciones en el contenido de humedad libre en el agregado pueden ser particularmente importantes en las tandas iniciales. Algunos operadores de plantas cometen el error de sobrestimar el agua libre y proporcionan una menor cantidad de agua en las mezclas iniciales. Ello es especialmente indeseable debido a que la mayoría de las mezclas iniciales son empleadas para cubrir las juntas de construcción o las áreas de cimentación, en las que el concreto debe estar ligeramente más húmedo, y así lograr una adecuada adherencia.

La experiencia de muchas construcciones con concretos CCR indica que es mucho mejor comenzar con una estimación de humedad más alta y reducir el agua en las tandas posteriores hasta alcanzar la consistencia deseada. Los problemas de compactación que podrían presentarse por el empleo de una tanda húmeda pueden ser reducidos o eliminados si se extiende esta primera mezcla en una capa delgada si ello fuere necesario.

Es necesario que la uniformidad en el mezclado se mantenga a través de todo el proceso de producción. Las mezcladoras continuas trabajan en forma eficiente sobre una magnitud mínima de producción, pudiendo hacerlo a un nivel de producción que es de dos a tres veces el mínimo requerido. La planta deberá estar en capacidad de producir una mezcla consistente y uniforme cuando la producción disminuye en cerca del 50% cerca de los contrafuertes y estribos, y luego cuando nuevamente debe producir la mezcla deseada al superar las áreas confinadas. En grandes proyectos con múltiples mezcladoras, se puede emplear una o dos de ellas hasta que se necesita nuevamente una alta producción. En pequeños proyectos, con una mezcladora, ésta deberá ser capaz de uniformizar la producción a los diferentes casos.

Un control cuidadoso y permanente del cemento y puzolana se requiere en las plantas de mezclado continuo. Ello es especialmente cierto en las mezclas con poco contenido de cemento. El mantenimiento de suficiente calor en los silos de almacenamiento, y el empleo de dispositivos de desplazamiento para adecuada limpieza pueden ser necesarios para garantizar el empleo de la cantidad seleccionada de material cementante.

Un mezclado apropiado de los agregados y el material cementante cuando ellos están en el tambor de la mezcladora es un factor muy importante para minimizar el tiempo de mezclado. Ello es válido para cualquier tipo de mezcladora.

El momento adecuado de la adición del agua a la mezcla y el ángulo de su incorporación también pueden ser críticos. Cada planta y cada diseño de un concreto CCR pueden tener sus propios requerimientos, los cuales pueden ser determinados únicamente por ensayos.

Una gran variedad de plantas de mezclado han sido exitosamente empleadas en la producción de concretos CCR. Tanto las mezcladoras continuas como las mezcladoras dosificadoras son aceptables para la producción de los concretos CCR. Las plantas mezcladoras continuas sofisticadas proporcionan un control y calidad de la mezcla similares a los de las plantas dosificadoras, pero si bien tienen mayor capacidad de producción requieren mucho mayor cantidad de energía.

Las mezcladoras verticales adecuadamente diseñadas son capaces de manejar agregado grueso de 3" y más de tamaño máximo y su empleo en la producción de concretos CCR es cada vez mayor. Sin embargo, es importante destacar en esta Tesis que el empleo de este tipo de mezcladoras es reciente

y no existe suficiente información como para poder obtener conclusiones similares a las de los otros tipos de plantas mezcladoras.

Las mezcladoras de tambor continuo han sido empleadas con éxito hasta con agregado grueso de 6" de tamaño máximo. Las mezcladoras dosificadoras de tambor continuo capaces de manejar concretos convencionales con agregado de gran tamaño pueden igualmente ser empleadas para concretos CCR preparados con agregado de esas características.

Los camiones mezcladores en tránsito no son adecuados para mezclar concretos CCR con tamaño máximo de agregado mayor de 1" ya que su descarga produce severa segregación. En algunas oportunidades este tipo de mezcla se ha empleado para agregados menores de 1" de tamaño máximo. Cuando se emplea este tipo de mezclado debe tenerse en consideración todas las observaciones que se han indicado en acápites anteriores.

En todos los casos de mezclado, se cual fuere el tipo de equipo seleccionado, se deberá tener en consideración que el posible esponjamiento de la mezcla puede requerir de un 10% a 15% de reducción en el volumen de la tanda.

Mezclas adecuadamente diseñadas han permitido comprobar que es posible el empleo de agregado grueso de tamaño máximo nominal de 75 mm ó mayor, pero la experiencia ha demostrado que la cantidad de material mayor de 50 mm no deberá exceder del 8%, y que el tamaño máximo del agregado grueso no deberá exceder de 100 mm. Mezcladoras de tambor continuo han trabajado exitosamente con tamaños mayores de 150 mm., siempre dentro de los límites indicados.

Una cuidadosa incorporación de las cantidades correctas de material en la mezcladora es únicamente una parte del proceso de mezclado. Otra parte del proceso la constituye una uniforme distribución y un cuidadoso mezclado a través del conjunto de la masa, así como un proceso de descarga de una manera continua y uniforme. Este conjunto puede ser más complicado con algunos concretos CCR que con los concretos convencionales.

El rendimiento de las plantas de mezclado de concreto y los métodos para el control de la mezcla durante la producción deberán ser estudiados a fin de certificar la efectividad de su costo. Si se requiere un exacto control de calidad y una baja variabilidad, ellos pueden ser obtenidos en las mezclas CCR, pero a costa de un incremento en los costos y una reducción en la velocidad de colocación. Los coeficientes de variación típicos para ensayos de compresión de los concretos CCR, con un control razonable en peso o en volumen de la masa mezclada tiende a ser de 20% a 25%, con rangos extremos entre 10% y 45%.

5.- TRANSPORTE

5.1.- SELECCION DEL EQUIPO

El volumen de material a ser colocado, el acceso al área de colocación, el equipo disponible, y el alquiler o los costos de nuevos equipos son, generalmente, factores que intervienen en la selección del equipo y procedimientos empleados a ser utilizados para transportar los concretos CCR del punto de mezclado al área de colocación.

Esencialmente, hay tres métodos para transportar los concretos CCR: (1) por tandas, (2) continuo, y (3) una combinación de ambos en la que se emplea fajas transportadoras hasta una tolva ubicada a la altura de la presa y desde la cual los vehículos de transporte toman tandas de concreto CCR para su entrega final en el área de esparcido.

De alguna manera, la selección del proceso de transporte puede estar influenciada por el equipo de mezclado empleado. Sin embargo, con el empleo de procedimientos de control adecuados, especialmente para la segregación, se puede emplear mezcladores continuos con transporte por tandas, y mezcladores por tandas con equipo de transporte de flujo continuo.

La experiencia de obra indica que se puede mezclar, entregar y colocar concretos CCR en volúmenes de 750 m³/hora ó más si se dispone de equipos de rodillos vibradores auto propulsados de buena calidad. Estos volúmenes son significativamente mayores que aquellos que se podían alcanzar en el pasado en concretos masivos convencionales, por lo que se debe emplear los criterios más modernos en la selección del equipo de transporte.

5.2.- SEGREGACION

El tipo de equipo de transporte empleado para mover los concretos CCR desde la planta de mezclado al área de colocación estará influenciado en forma importante por los mayores tamaños del agregado en la mezcla.

La experiencia indica que concretos con agregado de 1.5" de tamaño máximo pueden ser transportados y colocados en unidades de transporte no

agitadoras, diseñadas para transporte de agregados y movimiento de tierras, sin segregación objetable.

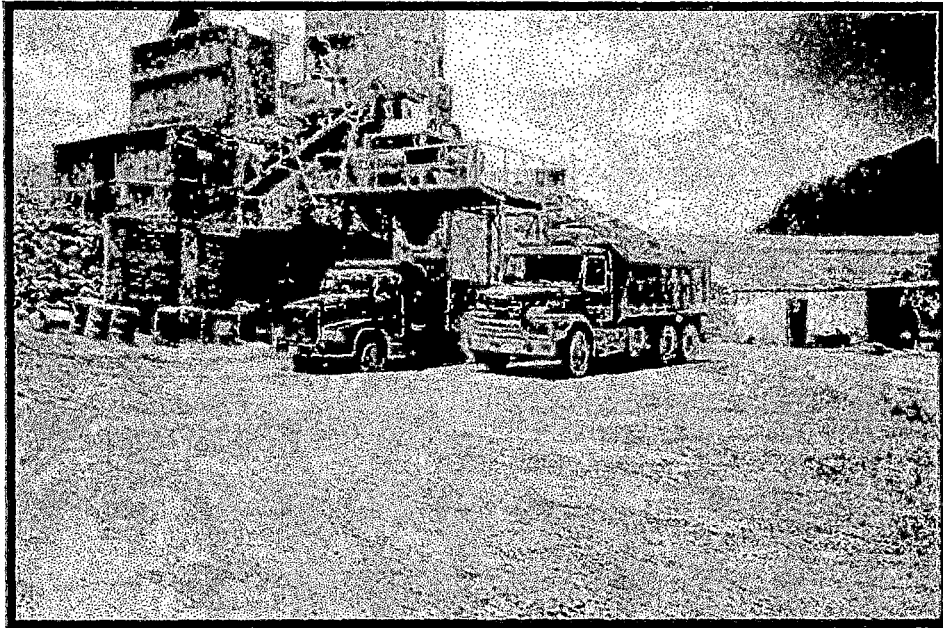
Mezclas de concreto CCR con agregado de 3" tienen más tendencia a la segregación cuando ellas son vaciadas del tipo de equipo indicado sobre superficies duras, pero si se emplea procedimientos adecuados, estas mezclas pueden ser transportadas y vaciadas sin problemas. Los problemas de segregación que han ocurrido durante el transporte y colocación de mezcla de concreto CCR con agregado de 6" de tamaño máximo han sido severos.

En Japón se ha empleado mezclas con un tamaño máximo de 3", y aun de 6", en un límite no mayor del 25% del total de agregado grueso y altos porcentajes de agregado fino, con contenidos de cemento de 120 kg/m³, obteniéndose mezclas con baja propensión a la segregación.

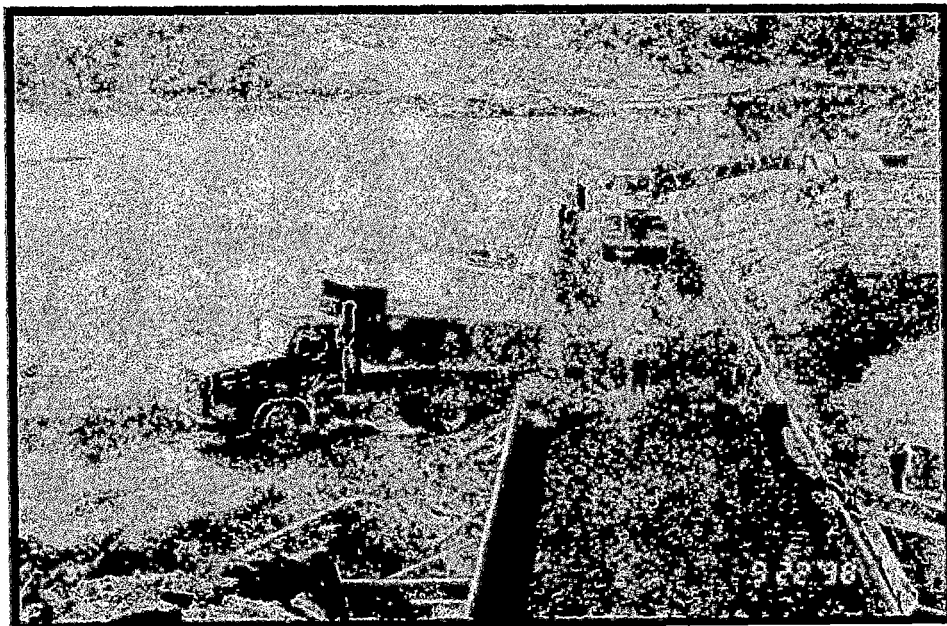
5.3.- PROCEDIMIENTOS DE COLOCACION

El procedimiento total de mezclado, transporte, colocación, distribución, y compactación deberá ser ejecutado tan pronto como sea posible. Se considerará que las condiciones locales y condiciones de colocación en los diferentes puntos de la obra pueden afectar los límites razonables de tiempo de estas operaciones.

El lapso entre el inicio del mezclado y la finalización de la compactación deberá ser bastante menor que el tiempo del fraguado inicial de la mezcla bajo las condiciones en que ella es empleada.



TRANSPORTE DE CCR



COLOCACION DE CCR

Igualmente, pueden ser prolongados en aquellos casos en que se ha comprobado que las mezclas tienen tiempos de fraguado mayores debido a altos contenidos de puzolana, escorias, o aditivos que dan al concreto CCR una consistencia húmeda.

Los dos principales procedimientos de transporte de los concretos CCR son por fajas y por vehículos de transporte. Se ha utilizado el transporte por cubos, pero ello demora la velocidad de producción y eficiencia de operación para el total de la estructura y posibilita la segregación. Este sistema, que puede ser conveniente para concretos convencionales, podría ser usado para concretos CCR aunque no es recomendable.

La entrega del concreto por tuberías se ha utilizado en unos pocos proyectos con diferentes grados de éxito. Si se contempla este tipo de transporte del concreto CCR, él deberá ser cuidadosamente diseñado para la mezcla a ser empleada y la presión potencial del equipo de bombeo. Se tendrá cuidado con la inclinación de las tuberías; con las técnicas a ser empleadas para controlar la pérdida de humedad y el control de la temperatura; así como el lapso que el concreto CCR ha de estar en la tubería y el efecto de ello sobre la edad del concreto CCR cuando es compactado. De emplearse este procedimiento, se recomienda que se pruebe toda la operación a escala de obra.

Se considera ideal el procedimiento de colocación del concreto por fajas transportadoras de alta velocidad directamente a la presa. El tiempo de exposición del concreto en la faja transportadora deberá ser tan corto como sea posible, siendo deseables 5 minutos y considerándose 10 minutos como un límite normal. La velocidad de la faja debe estar en el orden de 3 a 10 metros por minuto. La economía total, incluyendo los costos directos e indirectos del empleo de sistemas alternativos y la factibilidad de éstos, la calidad final y el

sistema operativo, deberán ser considerados cuando se toma la decisión de emplear este sistema de transporte.

Todos los aspectos del sistema de transporte por fajas deberán ser específicamente diseñados para el manejo de los concretos CCR del tipo específicamente empleado en el proyecto, con la participación de personal experimentado en el tipo de mezclas propuesto y en el equipo a ser empleado.

Los sistemas de transporte por fajas que pueden trabajar bien con concretos estructurales convencionales, agregados, granos u otros materiales, pueden no trabajar bien con los concretos CCR. Los sistemas de transporte por faja que trabajan bien con concretos CCR de alto contenido de material cementante, agregado pequeño, o granulometrías sin finos, pueden no trabajar bien con concretos CCR de bajo material cementante, secos, agregado de tamaño máximo grande, o alto contenido de finos.

Los principales problemas que pueden encontrarse en el transporte del concreto CCR por fajas incluyen la transferencia de la carga, segregación en la descarga, severo desgaste en la transferencia, segregación en el rodillado, fajas lentas, inadecuado funcionamiento de las fajas, secado por acción del clima, pérdida de pasta, y contaminación de la capa superficial del concreto CCR debido al material que pueda caer de la faja en el retorno de ésta.

La cobertura de la faja para proteger la mezcla del secado y la lluvia deberá preverse en toda la longitud de la sección y de preferencia en todo el sistema. El sistema de fajas deberá ser compatible con el de encofrados y deberá ser específicamente diseñado para el concreto CCR del tipo que está siendo mezclado y colocado.

Un sistema de transporte por fajas deberá ser capaz de manejar concretos convencionales que pueda ser necesario emplear conjuntamente con los concretos CCR. Sin embargo, ello puede complicar las operaciones de colocación salvo que se disponga de sistemas de transporte separados pero paralelos. Es especialmente importante que las fajas transportadoras no permitan que el concreto CCR u otros materiales caigan, durante el trayecto, sobre la superficie del concreto compactado.

Debido a la rápida elevación de las presas construídas con concreto CCR, el sistema de fajas transportadoras deberá ser diseñado para poder ser elevado rápidamente. Cuando las fajas transportadoras son colocadas sobre la capa superficial, deberá tomarse precauciones para poder colocar y compactar el concreto CCR que está siendo procesado debajo de ellas.

Al igual que cuando se emplea fajas transportadoras en concretos masivos convencionales, deberá darse atención especial a todos aquellos aspectos de las fajas, tales como ancho, rapidez, protección, mantenimiento, ángulo de inclinación, sistema de descarga, etc. los cuales pueden contribuir a una mejor eficiencia de las mismas. Debe tenerse un dispositivo que garantice la limpieza de las mismas en la etapa del retorno. Dispositivos adecuados de carga y descarga, para prevenir la segregación en los puntos de transferencia, son esenciales.

Fajas transportadoras de funcionamiento continuo, desde la mezcladora al área final de colocación, pueden incrementar significativamente la velocidad y magnitud de colocación y reducir en forma importante otras necesidades de equipo. Todos los estudios coinciden en que el trabajo con fajas transportadoras incrementa la productividad en concretos CCR. En anchos de presa reducidos los estudios comparativos de la productividad, comparando fajas transportadoras con vehículos de transporte, han demostrado que en el

segundo caso la productividad disminuye a muy bajos rendimientos en secciones estrechas tales como la coronación de las presas.

Además de los beneficios principales del empleo de fajas transportadoras para la entrega del concreto (entrega continua, menos congestión, eliminación de caminos innecesarios, menores costos de mantenimiento, menor trabajo, eliminación de daños superficiales por el paso de vehículos, e incremento en la productividad), las fajas transportadoras también sirven como un medio de acceso y un soporte para las líneas de luz, agua, aire, y líneas eléctricas que llegan al área de colocación. Se ha desarrollado dispositivos para emplear las fajas transportadoras como un soporte para una cobertura que proteja al área de colocación de lluvias y sol.

Cuando se emplea unidades de transporte para distribuir el concreto CCR que es conducido al área en que va a ser colocado en la superficie de la capa, puede ser necesario un dispositivo, en forma de tolva receptora, para cargar las unidades de transporte en forma continua desde la faja transportadora principal. El objetivo de este dispositivo es permitir que los mezcladores y fajas transportadoras operen y descargen sin interrupciones o demoras para los vehículos de transporte. El tamaño mínimo recomendado de las tolvas es el doble de los vehículos de transporte.

Debido al relativamente alto peso de las unidades al momento de transportar el concreto CCR fresco, si se las compara con los pesos de suelo suelto, roca, o grava, generalmente transportadas en este tipo de vehiculos, siendo el peso mayor que la capacidad en volumen, existe una limitación de la cantidad de material que puede ser transportado por viaje.

Los equipos de descarga por el fondo y las traillas de arrastre minimizan la segregación, los requerimientos de distribución, y la distancia de caída de los concretos CCR, pero son difíciles de emplear cerca de los estribos y obstrucciones.

Las traillas de arrastre tienen mejor movilidad que los equipos de descarga por el fondo, del tipo empleado en caminos, pero tienden a romper la superficie cuando se dan vuelta en ángulo. Sin embargo, ambos equipos tienen la ventaja de depositar material en capas para ser distribuido cuando ellos están en movimiento.

Las cajas distribuidoras, o esparcidoras, sujetas a un camión vertedor y los distribuidores jersey unidos a topadoras, no trabajan bien con agregado mayor de 1.5". Ellos tienden a causar segregación a lo largo del final de las líneas de colocación, pérdida de movilidad, y pueden dar por resultado una serie de juntas o planos de debilidad entre líneas de colocación.

Si se emplea vehículos para transportar el concreto CCR, deberá efectuarse un cuidadoso estudio preliminar de las más convenientes rutas de transporte. Los problemas que pueden presentarse en este caso incluyen la calidad de los terraplenes, disponibilidad de materiales para la construcción de los caminos, ubicación de la planta dosificadora, horarios de trabajo, y consideraciones sobre el entorno. Si la planta dosificadora se encuentra aguas arriba de la presa, el método de ubicación del camino a través del sistema existente aguas arriba deberá ser analizado en detalle y puede no ser práctico en algunos diseños.

Desde el punto de vista del ritmo de trabajo, la elevación del camino a una velocidad que permita mantenerlo al ritmo de elevación de la presa puede

requerir de un tiempo muy grande, lo cual puede hacer el procedimiento ineficiente en presas altas.

Si se adopta por el sistema de transporte por caminos, a fin de evitar demoras en los procesos de mezclado y colocación, deberá considerarse la posibilidad de ir elevando el camino durante 2 á 4 horas por día, en tanto se hacen los trabajos de mantenimiento u otros que pudieran ser necesarios. El camino deberá tener una pendiente acorde con la capacidad y características del equipo y los requisitos de seguridad.

Los cargadores motorizados deberán transitar sobre la superficie de la capa en el ángulo lo más tendido posible de manera de minimizar los daños por giros y transito de neumáticos. Si se requiere un ángulo recto debido a que el camino entra directamente sobre la presa perpendicular a la cara de la misma, pueden presentarse daños superficiales importantes. En la operación de los equipos de transporte del concreto sobre la superficie de la presa, el maquinista deberá mover el equipo lentamente cuando gira y procurará emplear el ángulo de giro que sea lo más grande posible. El camino a ser recorrido por el vehículo desde el punto de recepción del concreto CCR hasta el punto de colocación de éste deberá ser construído con grava o roca triturada lo más limpia posible.

En cualquier caso, la última parte del camino antes de entrar a la superficie de la presa deberá ser cubierta con agregado de tamaño grande o material que limpie los neumáticos y prevenga la contaminación de la superficie del concreto CCR con el material que pueda haberse depositado sobre la superficie de las llantas. Estas precauciones se recomiendan en el entendido que el material del concreto CCR que pueda encontrarse en el camino no proporciona suficiente acción de limpieza.

Para prevenir la contaminación de las capas puede ser necesario emplear rociado de agua o lavar el vehículo de transporte antes de permitir que él circule sobre la superficie que está siendo compactada, sin olvidar que el exceso de agua de los vehículos o sus neumáticos puede ser un problema. Los efectos mínimos adversos sobre la superficie que puedan ser producidos por el equipo que es arrastrado no deberán concentrarse en una zona determinada de la capa. Aún con todas las precauciones indicadas, la experiencia, incluyendo observaciones de obra y ensayo de testigos, indica que puede esperarse daño de la capa superficial cuando se utiliza equipos de transporte sobre la superficie de la presa.

Independiente del procedimiento de transporte, el concreto CCR deberá generalmente ser depositado sobre material previamente esparcido pero aun no compactado. Debido a su consistencia seca típica, la segregación resultante del empleo de agregado de tamaño mayor el cual puede rodar al fondo del talud, el concreto CCR no debe ser acumulado en pilas de tamaño grande. Una regla general es limitar la altura de las pilas a 1.5 mts.

Corregir el tipo de segregación indicado es casi imposible si las rocas han sido rodilladas en una compactación previa de la capa. Cuando esta condición se presenta, el agregado segregado deberá ser reunido y descargado en la capa de concreto CCR que está siendo esparcida.

6.- COLOCACION Y ESPARCIDO

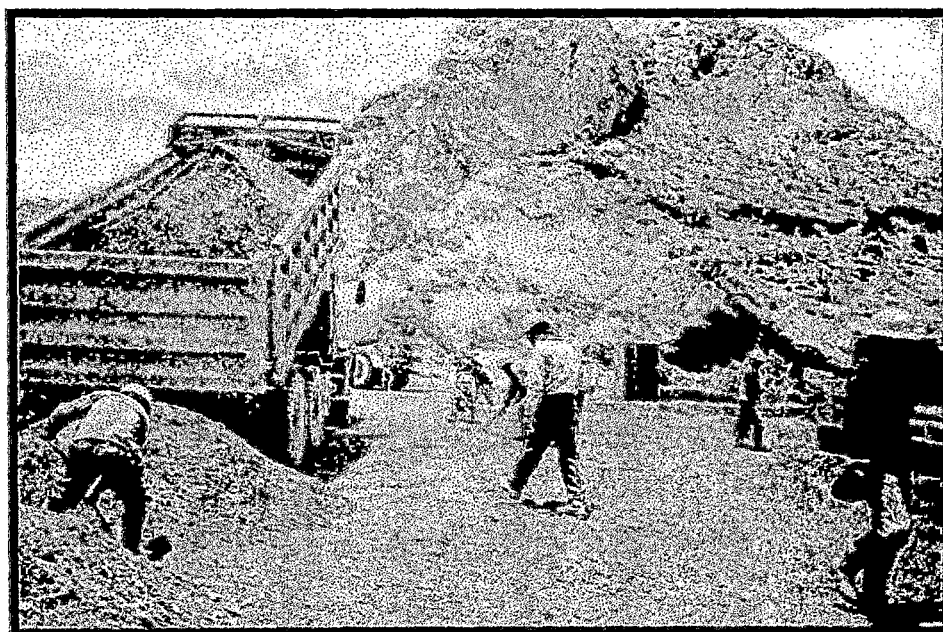
Una prreferida técnica de colocación del concreto CCR es avanzar una capa progresivamente de un empotramiento a otro. Una excepción es cuando

la distancia de un empotramiento a otro es menor que la distancia de la cara aguas arriba a la cara aguas abajo de la estructura, tal como en el fondo de la presa en cañones cerrados. En este caso la colocación del concreto CCR puede comenzar por trabajar en la dirección aguas arriba-aguas abajo. La practica que se sigue en la construcción de los terraplenes en el sentido de limitar la dirección en la cual el equipo de rodillado puede operar no se sigue cuando se trabaja los concretos CCR.

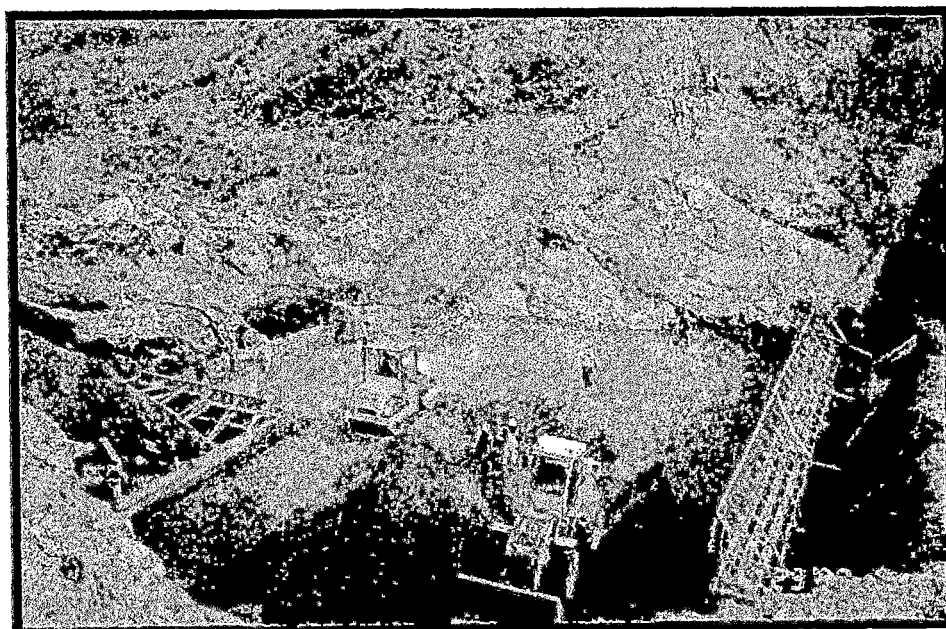
En los proyectos iniciales con concreto CCR se consideró, recomendó y aprobó la colocación del concreto CCR en líneas de pavimento, yendo de un estribo al otro. Ello inicialmente parecía bastante lógico, pero la práctica ha descontinuado el procedimiento. El problema es más serio cuando se emplea mezcla de bajo contenido de material cementante, consistencias secas, y agregado grueso de tamaño máximo mayor.

Las máquinas tales como los cajones distribuidores unidos a un camión de tambor, los distribuidores Jersey y equipos semejantes pueden trabajar bien en operaciones de pavimentación y mezclas diseñadas para estos casos; pero estos equipos tienen poca movilidad y ocupan un espacio importante en el área de la presa, al mismo tiempo que pueden hacer difícil la colocación en los estribos.

Las pavimentadoras tienden a facilitar la segregación a lo largo del fin de la línea. Las esquinas igualmente pueden ser demasiado antiguas para ser bien mezcladas y compactadas en el concreto CCR de las líneas adyacentes. Igualmente las esquinas tienden a secar antes que el concreto CCR de las líneas adyacentes sea colocado. Todo ello puede dar por resultado pobre calidad, debilidad o planos permeables a través de la presa en la interfase de las líneas de pavimentación. Si se emplea mezclas con alto contenido de material cementante, agregado de tamaño menor, una consistencia húmeda, y



COLOCACION DE CCR



ESPARCIDO Y COMPACTACION DE CCR

retardadores del tiempo de fraguado, los peligros enunciados pueden ser reducidos.

El equipo de topadoras de oruga parece ser uno de los más convenientes para extender el concreto CCR. De hecho ofrece suficiente seguridad y contribuye a obtener un concreto CCR uniformemente compactado.

Si se emplea un cuidadoso procedimiento de distribución del material, un bulldozer puede esparcir en forma adecuada el concreto CCR y al mismo tiempo reducir a un mínimo la segregación que puede ocurrir en el vaciado. Deberá ponerse especial cuidado en comprobar que el remezclado está ocurriendo y que el bulldozer no es simplemente un equipo de distribución del material segregado.

En la presa Elk Creek, la mezcla de concreto CCR con retardador, con un tiempo Vebe de 15 á 25 segundos, fue vaciada en pilas sobre material previamente extendido pero todavía no rodillado, ubicado por lo menos a 12 mts de la parte más avanzada del trabajo. Los esparcidores repartieron el material en capas de 6" de espesor, sin segregar, hasta formar una capa total de 24". La superficie total de cada capa fue trabajada con por lo menos dos pases de los camiones mezcladores. Esta acción preliminar produjo una densidad promedio de 2347 kg/m³. A continuación se procedió a compactar por rodillado la totalidad de la capa de 24" con dos rodillos de tambor vibradores de 10 toneladas. Los equipos de distribución del material lo hicieron con un rendimiento de 480 m³/hr.

Resultados similares se han alcanzado con otras mezclas de concreto CCR con una consistencia húmeda similar. En la presa Nickajack, un concreto CCR húmedo con aire incorporado fue esparcido en dos capas de 300 mm de

espesor, con la segunda capa como una continuación de la primera y compactando la última antes del inicio del fraguado inicial de la primera.

En la presa Burton George, en Australia, se logró 100% de compactación con una pequeña compactadora en la porción superior de la presa debido a modificación de la mezcla con retardador, empleando una consistencia húmeda, colocando rápidamente (una capa cada una a cuatro horas), y compactando rigurosamente la capa de 300 mm de espesor conforme ella era esparcida. Ello dió por resultado una densidad equivalente a la densidad libre de aire de la mezcla. Cuando se empleó un procedimiento similar en una mezcla de consistencia seca y sin retardador, y con menos de 30 minutos de antigüedad, la densidad alcanzada sólo fue del 96% del valor teórico libre de aire. El proceso fue seguido por compactación con rodillo a fin de alcanzar una más alta densidad final.

En la presa Elk Creek, se empleó dos rodillos vibratorios de doble tambor de 10 toneladas y tres Bulldozer D-7 ó D-8 para esparcir y compactar las capas de 600 mm. de espesor a un ritmo de 700 m³/hora. Si la mezcla no contiene un aditivo retardador, más equipo o menores espesores de las capas deberán utilizarse.

Los equipos de distribución en camiones pueden ser mejorados para evitar o reducir a un mínimo daños a la superficie del concreto. Cuando ello sea posible las topadoras deberán operar sobre el concreto CCR fresco que aún no ha sido compactado. Todos los giros deberán efectuarse sobre un material no compactado, ya que la operación sobre superficies compactadas deberá dañarlas.

Cuando es necesario para el equipo movilizarse sobre material CCR compactado, el operador deberá limitar los movimientos a rectas y tramos cortos. Las marcas producidas sobre la superficie del concreto CCR antes que la mezcla alcance su fraguado inicial pueden ser recompactadas empleando los rodillos vibradores sin pérdida significativa de la calidad de las uniones.

El concreto CCR que es dañado después que la mezcla ha comenzado a fraguar puede ser recompactado, pero el área disturbada deberá tener pequeña o ninguna resistencia, aún cuando ella tenga una aceptable apariencia superficial. Este material puede ser fácilmente removido empleando aire comprimido aún después de muchas horas. El material que es recompactado rápidamente deberá permanecer cementado en su posición.

El equipo de distribución del material deberá formar una superficie plana del espesor adecuado antes que el rodillo compacte la capa. Dependiendo de la trabajabilidad de la mezcla, las protuberancias entre pases adyacentes de la hoja de la topadora pueden dar por resultado una distribución irregular del esfuerzo de compactación y calidad variable del concreto CCR. Como una regla general, tener una superficie lista para ser rodillada es más importante que tener una gradiente exacta con demoras en el rodillado. Las tolerancias típicas en el espesor de las capas son del orden de más o menos 50 mm.

En aquellos casos en los que se especifica diseños de mezclas especiales CCR para áreas determinadas, por ejemplo en las caras aguas arriba y aguas abajo de la presa, se requiere procedimientos especiales de colocación. Si la mezcla especial es un concreto convencional para formar una superficie, éste es colocado primero y el concreto CCR colocado a continuación. El concreto convencional es consolidado con un vibrador del tipo de inmersión, en tanto que el concreto CCR adyacente es rodillado.

El concreto convencional deberá ser diseñado para perder asentamiento rápidamente pero no fraguar rápidamente. Esto permite que el concreto CCR sea compactado antes que el concreto convencional comience a fraguar. Si el concreto convencional no pierde asentamiento demasiado rápido, el rodillo podrá encontrarse con una amplia variedad de problemas constructivos.

Si el rodillado es demorado para dar tiempo a que el concreto convencional se comience a atiezar, el concreto CCR puede ser demasiado viejo para una adecuada compactación. Si el operador del rodillo trabaja lo suficientemente alejado del concreto convencional, a fin de evitar malograrlo o moverlo, las dos mezclas pueden no ser adecuadamente compactadas o unirse.

El empleo de más concreto convencional hace que los problemas se agranden. Usualmente se emplea únicamente espesores de 300 mm de concreto convencional, pero en algunos proyectos se ha utilizado con éxito caras de unos pocos centímetros. Si el espesor del concreto convencional es mayor de 500 mm, la mezcla es usualmente consolidada con vibradores del tipo de inmersión en tanto que el concreto CCR adyacente es rodillado.

Si el concreto CCR tiene una consistencia húmeda, y especialmente si se ha demorado su fraguado, es posible colocar el concreto convencional después del concreto CCR. El concreto de la cara deberá tener un bajo asentamiento cuando la compactación del concreto CCR se efectúa, pero deberá ser posible vibrar por inmersión la zona de interface entre el concreto convencional y el concreto CCR. Con estas precauciones el ancho del concreto convencional puede ser mayor que cuando se emplea mezclas de concreto convencional como elemento de revestimiento de concretos CCR de consistencia seca.

Sin embargo, en el caso anterior, es conveniente indicar que la experiencia, los testigos, y las investigaciones destructivas internas, han demostrado que a menudo resulta una pobre interface de las dos mezclas con este procedimiento aún cuando las dos superficies aparecen responder bien a los vibradores de inmersión y a una buena consolidación de la superficie expuesta de la coronación de las capas.

Cuando la mezcla especial es un concreto CCR, se considera conveniente dejar descubierta el área que va a recibir la mezcla especial en tanto que la mezcla interior avanza. Para lograr una adecuada unión entre la mezcla interior y la especial, la parte final del concreto CCR que avanza no deberá ser rodillada antes de colocar la mezcla adyacente. Entonces se procede a llenar la mezcla especial y rodillar conjuntamente con la mezcla interior CCR previamente colocada.

Las zonas especiales o las fajas de caras deberán tener un ancho por lo menos igual al del equipo que está siendo empleado. Cuando el rodillado de dos mezclas juntas no puede ser realizado mientras ambas estén frescas, la cara expuesta del concreto CCR en sitio deberá ser compactada y rodillada antes de colocar la mezcla adyacente.

Dependiendo de las condiciones del diseño estructural, temperatura, drenaje, etc. el ingeniero deberá evaluar si es necesaria una unión entre mezclas que no han sido compactadas y rodilladas juntas. Como regla general, tener una superficie horizontal lista para ser rodillada en el menor tiempo es más importante que tener una superficie perfectamente alineada pero demorar el rodillado. Las tolerancias típicas de espesor de capas están en el orden de más ó menos 5 cms.

El espesor más común de capas compactadas en los Estados Unidos ha sido de 300 mm. En el Japón muchas secciones de 500 mm a 975 mm han sido compactadas en una sola operación después que el material ha sido esparcido en varias capas. En el rango de 150 a 450 mm, los grandes rodillos vibradores de tambor dual empleados para compactación pueden desarrollar igual consolidación con solamente cuatro o cinco pases.

Sin embargo, se considera que un espesor de 300 mm es conveniente para trabajar en obra. Igualmente, este espesor es el máximo que puede ser fácilmente colocado empleando traillas y equipo de compactación. La tendencia es a emplear espesores de capas compatibles con el equipo de esparcido y compactación.

Otro factor que influye en el espesor de las capas es el máximo tiempo de exposición permitido antes de cubrir una capa con la subsiguiente. Cada proyecto deberá ser estudiado para optimizar los beneficios de capas de mayor o menor espesor. Las capas más gruesas permiten un mayor tiempo de exposición y favorecen la impermeabilidad en tanto que las capas de menor espesor permiten que las juntas sean cubiertas rápidamente, facilitando una mejor adherencia potencial. Las capas de poco espesor son generalmente más adecuadas para obras pequeñas, en tanto que las capas de espesor mayor son más convenientes para grandes obras.

En áreas de cimentación extremadamente rugosas y en aquellos casos en que la cimentación tiene agujeros grandes y profundos que no han sido adecuadamente llenados con concreto en forma de dentado, se puede emplear un excavador para llegar al sitio de colocación del material y depositar éste. Esta es una operación lenta pero puede ser la única solución en muchas localidades. El problema puede ser solucionado empleando un sistema de entrega por fajas.

Cuando la superficie de la capa ya está definida, es deseable comenzar cada capa a partir de la misma área general e iniciar a partir de un área que no sea crítica, tal como la zona aguas abajo y no aquella que corresponde a aguas arriba.

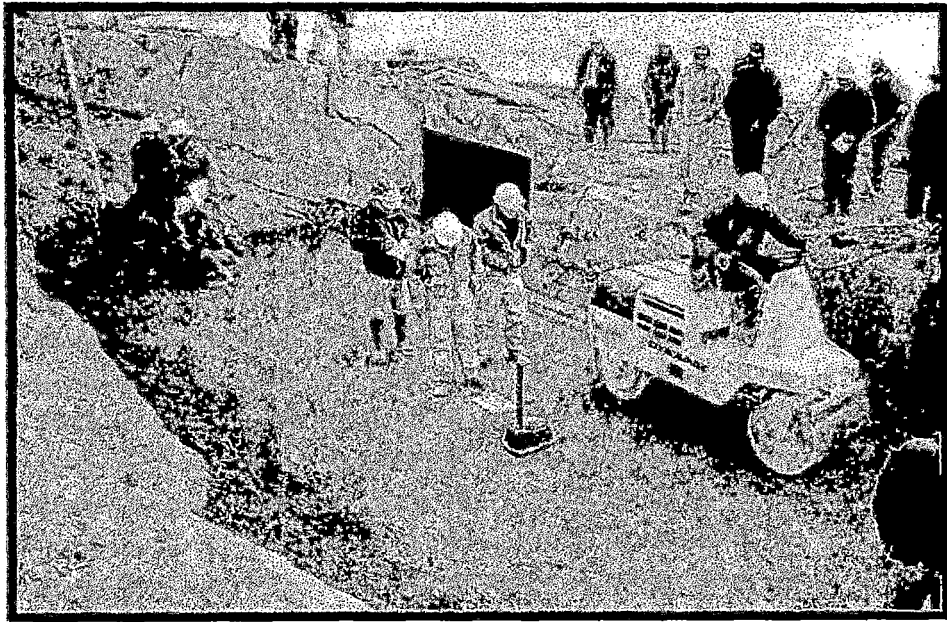
Una niveladora puede ser necesaria para distribuir adecuadamente la mezcla en las esquinas exteriores de una cara no formada aguas abajo, La niveladora es también conveniente cuando se especifica una zona de concreto CCR de alta calidad adyacente a la cara aguas abajo. El equipo de transporte usualmente empleado puede no ser conveniente para depositar la mezcla en estas áreas limitadas, pero la niveladora puede esparcir el material vaciado en las áreas seleccionadas.

7.- COMPACTACION

7.1.- SELECCION DE LOS RODILLOS

Facilidad de manejo, fuerza de compactación, tamaño del tambor, frecuencia, amplitud, velocidad de operación, y mantenimiento requerido, son algunos de los factores a ser considerados en la selección de un rodillo.

Obviamente, la capacidad de compactación medida en volumen de concreto por hora, se incrementa con el tamaño y velocidad del rodillo, pero rodillos de gran tamaño no necesariamente dan la misma o mejor densidad y esfuerzo de compactación que rodillos menores con mayor fuerza dinámica por



COMPACTACION CON RODILLO DE 3.10 Tn.



COMPACTACION CON RODILLO DE 11 Tn.

unidad de ancho del tambor. Igualmente el tamaño de la obra, la trabajabilidad de la mezcla, el espesor de las capas, la extensión de la consolidación, y las limitaciones de espacio, son igualmente factores que intervienen en la selección del equipo.

Los grandes rodillos, mayores de 5 toneladas, generalmente no pueden operar más cerca de 250 mm de los obstáculos o encofrados, por lo que para consolidar el concreto CCR en esas áreas se necesita compactadores manuales y capas de menor espesor. Si se emplea encofrados deslizantes o sistemas de elementos prefabricados, con su fase interior deslizándose hacia el concreto CCR, los rodillos de tamaño mayor podrán operar hacia la cara del elemento que actúa como encofrado.

Es evidente que la fuerza dinámica por unidad de ancho del tambor, o por área de impacto sobre el apisonado, es el factor más crítico y el primero que establece la efectividad del equipo de compactación, siendo la vibración, o un apisonado enérgico, factores adicionales esenciales. La experiencia ha demostrado que los rodillos con alta frecuencia y baja amplitud compactan los concretos CCR mejor que los rodillos con alta amplitud y baja frecuencia, aunque en algunos proyectos se ha alcanzado resultados excelentes empleando rodillos con alta frecuencia y alta amplitud.

El compactador típico es un rodillo de 10 toneladas de tambor doble o simple, con una fuerza dinámica de por lo menos 8 Kgf por mm de ancho del tambor. Estos rodillos son comúnmente empleados para compactación de asfalto o caminos. Rodillos mayores de 15 a 20 toneladas, con más masa y tamaño, típicamente empleados en la construcción de enrocados, han sido empleados con concretos CCR, pero ellos generalmente tienen mayores amplitudes, menor frecuencia, y son menos adecuados para las granulometrías empleadas en los concretos CCR. Lograr la densidad deseada y una adecuada unión en la

interface entre capas es más difícil con estos grandes rodillos.

En áreas difíciles, tales como las adyacentes a encofrados o salientes de rocas, los compactadores del tipo de apisonado son los más adecuados en la medida que ellos son fácilmente transportables y pueden proporcionar impacto de alta energía para producir buena densidad. Sin embargo, este tipo de compactadores generalmente no proporcionan una superficie suave y pueden hundirse cuando el concreto CCR apisonado es colocado sobre una capa de espesor excesivo o una mezcla húmeda, cuando se compacta concretos CCR con un exceso de agua, o cuando se apisona concretos convencionales que no han perdido su asentamiento.

Compactadores de placa vibratoria manejados por un operario no son muy efectivos, pero los más recientes compactadores de placa masivo si lo son, aunque pueden requerir múltiples pases.

7.2.- PASES MINIMOS Y ESPESOR DE LAS CAPAS

El mínimo número de pases para un rodillo vibrador dado, a fin de alcanzar una compactación especificada, depende principalmente de las características de la mezcla de concreto CCR y del espesor de las capas. La experiencia demuestra que el espesor de las capas deberá estar gobernado más que por el número de pases del rodillo, por cuan fresca está la mezcla en el momento de la compactación, la granulometría del agregado, y la efectividad de los dozer durante la distribución del material.

Deberán efectuarse ensayos en mezclas de prueba antes o durante las etapas iniciales de construcción a fin de determinar el número mínimo de pases requeridos para alcanzar compactación total empleando la mezcla de diseño seleccionada y el espesor de capas elegido. Como una regla general puede decirse que el espesor compactado de una capa de concreto CCR deberá ser por lo menos tres veces el diametro del tamaño máximo del agregado grueso seleccionado.

En general, tres a seis pases de un rodillo vibrador de doble tambor deberán permitir alcanzar la densidad deseada para capas de concreto CCR en el rango de 15 cms á 45 cms de espesor. Ello asume compactaciones efectuadas en el tiempo previsto y con el equipo adecuado. La sobre compactación o el rodillado excesivo reducen la densidad y deberán ser evitados.

Algunas especificaciones de compactación requieren que el primer pase del rodillo sea en condición estática si la mezcla tiene una consistencia húmeda. Las mezclas secas pueden ser comenzadas con el procedimiento vibratorio y continuadas en igual forma. La frecuencia y amplitud del proceso pueden ser ajustadas dependiendo de la trabajabilidad de la mezcla. La más efectiva compactación típica ocurre con una alta frecuencia, del orden de 1800 á 3200 vib/min. y con una baja amplitud del orden de cerca de 0.4 á 0.8 mm. Los valores seleccionados permiten una adecuada consolidación de las mezclas de consistencia húmeda, con un tiempo Vebe mensurable.

En general, dos a seis pases de un rodillo vibrador de 10 toneladas y doble tambor permiten alcanzar la densidad deseada para concretos CCR en capas en el rango de 150 á 450 mm de espesor. Ello asumiendo que la compactación es ejecutada de manera adecuada y con el equipo apropiado. Deberá evitarse la sobre-compactación o el excesivo rodillado.

La técnica de compactar capas de gran espesor colocadas en capas delgadas sucesivas, pero compactadas, ya ha sido analizada al tocar el punto referente a dispersión. Este procedimiento requiere compactación efectiva por el dozer durante el esparcido y puede requerir mayor número de pases del rodillo en la capa superior del conjunto. Deberá darse especial atención a fin de evitar que el alto número de pases del rodillo no sobrecompacte una parte de la capa y deje otras partes con poca compactación.

La técnica japonesa de compactar capas de espesor de 450 mm a 900 mm ha demostrado ser efectiva si el concreto CCR es distribuido en capas de menor espesor, pero compactado en una sola capa. Ello requiere más pases de rodillo, generalmente del orden de 6 á 15, y un cuidado especial para, como en el caso anterior, evitar no sobrecompactar unas partes de una capa y dejar otras poco compactadas.

7.3.- TIEMPOS Y PROCEDIMIENTO

La apariencia de un concreto CCR totalmente compactado depende de las proporciones de la mezcla. Si ésta ha sido proporcionada para un volumen de pasta en exceso del mínimo, ella presentará plasticidad, pudiendo apreciarse fácilmente una onda de presión en la parte delantera del rodillo, especialmente si se han colocado dos o más capas plásticas.

Si el contenido de pasta es igual o menor que el volumen necesario para llenar todos los vacíos en el agregado, se presentará un contacto roca a roca en el agregado, no siendo aparente una onda de presión. Esto también puede ocurrir si la mezcla es demasiado seca para desarrollar presión en los poros internos bajo el efecto dinámico del rodillo.

Las mezclas que tienen más pasta que la necesaria para llenar los vacíos entre los agregados y una consistencia húmeda, deberán presentar un exceso de pasta sobre la superficie de la mezcla que deberá responder al trabajo pudiendo permitir que las rocas que sobresalen sobre las juntas de capas sean trabajadas bajo la superficie gracias a la acción del esfuerzo de compactación del rodillo vibrador.

La compactación de los concretos CCR debe efectuarse tan pronto como sea posible después de la distribución de la mezcla, especialmente en climas cálidos. En general se recomienda que la compactación sea efectuada dentro de los 10 minutos de esparcida la mezcla y los 40 minutos desde el mezclado inicial. Los ensayos han mostrado reducciones sustanciales y rápidas en los valores de la resistencia en compresión, tensión, y en el valor del módulo de elasticidad si el material es compactado cuando él tiene más de 30 á 40 minutos de antigüedad y la temperatura ambiente está cerca de los 20C. Estos tiempos pueden ser incrementados para concretos CCR los cuales extienden su tiempo de fraguado debido a la presencia de puzolanas, aditivos, o temperaturas más frías.

Aunque la compactación con rodillos de neumáticos ha permitido obtener concretos CCR de alta densidad, similar a la que podría alcanzarse con rodillos vibradores, se cuestiona el grado de adherencia que puede lograrse en la interface de las capas de concreto CCR. Por ello se indica que debe tenerse precauciones cuando se emplee estos equipos hasta que su comportamiento pueda ser mejor evaluado. Los rodillos de neumáticos han sido efectivos en sellar, suavizar y apretar la superficie de mezclas que eran susceptibles al daño y que presentaban superficies resistentes después del compactado con rodillos de tambor.

La superficie de la mezcla fresca deberá ser esparcida suavemente de tal manera que el tambor del rodillo proporcione una presión de compactación uniforme bajo el total del ancho del rodillo. Si la capa superficial no compactada de un concreto CCR menos trabajable no es suavizada, el tambor puede sobrecompactar zonas determinadas y subcompactar zonas adyacentes a ellas.

Cada mezcla de concreto CCR deberá tener sus propias características de comportamiento para compactación, dependiendo de la temperatura, humedad, viento, plasticidad del agregado fino, granulometría total, y tamaño máximo del agregado. En general las mezclas de concreto CCR deberán compactar a una textura cerrada con una superficie relativamente suave.

En general, durante la compactación, el material no deberá pegarse en la superficie del tambor, no deberá dejar libre agua superficial, o eliminar el exceso de agua de la mezcla. Esas condiciones pueden ser observadas por el personal técnico entrenado y efectuar los ajustes en el contenido de agua si ello ocurre. Sin embargo si el material superficial es recompactado antes del fraguado inicial, puede obtenerse una condición satisfactoria.

Si la mezcla está lo suficientemente fresca y húmeda cuando es remodelada, puede obtenerse una adecuada rehabilitación de los daños. Si la mezcla es demasiado antigua, está severamente dañada, etc., el concreto CCR recompactado puede parecer aceptable, pero él puede y debe ser fácilmente eliminado por corriente de aire de la generalmente utilizada en la limpieza de las capas. En todos los casos las juntas deberán estar limpias antes de colocar la capa siguiente, a fin de alcanzar una buena adherencia. La experiencia indica que la limpieza con chorro de arena, a las 24 a 72 horas, puede reducir la adherencia.

8.- JUNTAS HORIZONTALES

8.1.- DESARROLLO DE JUNTAS

Las juntas horizontales de construcción pueden ser planeadas o no pero son inevitables en un concreto CCR macizo debido al procedimiento de construcción. Cada capa es del espesor del material esparcido. Cada capa puede ser compactada como una individual, o puede esparcirse varias capas antes de la compactación y del inicio del fraguado del concreto. Cuando una capa de concreto CCR no es cubierta con otra capa adicional de concreto CCR antes que se presente su fragua inicial, se desarrollará una junta fría en algún grado.

El desarrollo de las juntas frías resulta de juntas maduras, lo cual es dependiente de la temperatura superficial promedio AST y del tiempo de exposición TE. La madurez de las juntas es expresada en grados-hora y es calculada como:

Madurez de la junta en grados Fahrenheit-hora = $AST \times TE$

Madurez de la junta en grados Celcius-hora = $(AST \times 1.8 + 32) \times TE$

Por ejemplo, para 28.5 horas, en una temperatura promedio de 70F:

$$70 \times 28.5 = 1995 \text{ grados-hora}$$

La junta es también sensible a la cantidad y características del cemento, y a la efectividad (si se los emplea) de los aditivos retardadores de fragua.

Cada situación es diferente, pero en una temperatura superficial de aproximadamente 70F, una junta fría generalmente comienza a presentarse después de 4 horas y más probablemente se desarrolla en 6 horas. Una junta que ha estado expuesta 4 á 6 horas antes de ser cubierta con la nueva capa podra tomar cargas de corte importantes, pero no será impermeable a menos que sea limpiada y cubierta con una mezcla ligante trabajable o con una mezcla CCR de alto contenido de pasta. Después de 2000 grados-hora es necesaria una mezcla ligante para alcanzar las resistencias a la tensión o al corte requeridas.

A fin de simplificar el concepto de madurez de las uniones, algunas especificaciones simplemente emplean una temperatura superficial en la junta asumida y únicamente diseñan un tiempo límite por horas. Este procedimiento definitivamente es muy simple, pero inconveniente para el contratista si la temperatura en la capa superficial es más fría que la asumida, y pone en riesgo una pobre calidad de las uniones que se usan en el diseño si la temperatura en la capa superficial es mayor que la asumida.

Las uniones son también altamente sensitivas a la cantidad y características del material cementante y a la efectividad de los aditivos retardadores de fragua si ellos son empleados. Cada situación es diferente, pero con una temperatura superficial de 21C, una junta fría generalmente empieza a ocurrir en un concreto CCR seco en el cual no se emplea retardador cerca de las 4 horas, y se ha desarrollado a las 6 horas.

Una junta que ha estado expuesta por 6 horas antes de comenzar a ser cubierta con la nueva capa deberá desarrollar importantes esfuerzos de corte, pero ella no puede ser impermeable a menos que esté limpia y cubierta con una mezcla de concreto CCR de alto contenido de material cementante. Después de 600 grados-hora, puede ser necesaria una mezcla de relleno para alcanzar las resistencias en tensión o corte requeridas.

El límite exacto de madurez para cada proyecto depende de sus requerimiento de diseño y mezcla. Si el tiempo de fraguado es retardado lo suficiente empleando, por ejemplo, bajas temperaturas, un alto porcentaje de puzolana, un efectivo retardador y consistencia húmeda, o escorias finamente molidas, la longitud del tiempo antes que se produzca una junta fría puede ser extendida.

En los grandes proyectos, así como aquellos en los que la resistencia al corte en las juntas es fundamental para la estabilidad y seguridad, deberán confirmar las asunciones de diseño para resistencia al corte en las uniones por medio de ensayos de corte biaxiales, a escala total, sobre el concreto CCR empleado, las condiciones a ser encontradas y los controles del proceso constructivo a ser empleados. En este caso las asunciones iniciales del diseño pueden basarse en extrapolaciones de ensayos, evaluación, y asunciones de diseño exitosas de proyectos anteriores.

Algunos diseñadores han indicado que es prudente que la mezcla ligante (o el concreto CCR con alto contenido de pasta) sea necesariamente colocada si la capa ha estado expuesta por uno o dos días, independientemente de la madurez de la superficie. Otros diseñadores han encontrado prudente emplear ligante en todos los casos de unión entre capas.

8.2.- TRATAMIENTO DE LAS JUNTAS

El tratamiento de las capas horizontales o de las juntas de construcción de los concretos CCR difiere del concreto masivo convencional colocado en que no hay ganancia de agua superficial durante la fragua del concreto. De esta manera no se presenta una película de lechada débil en la superficie.

Las juntas de unión deberán ser preservadas continuamente, 24 horas por día, del secado o la congelación antes que la nueva capa sea colocada. La superficie deberá estar limpia y en o cerca de la condición de saturada superficialmente seca justo antes de la colocación de la nueva capa de concreto CCR. La experiencia y los ensayos han demostrado que manteniendo la superficie seca justo antes de la condición de saturada superficialmente seca, deberá facilitar la limpieza por chorros de aire, y no reducirá la calidad de la junta para la mayoría de los concretos CCR. Inclusive algunos ensayos han mostrado un ligero incremento en la resistencia de la junta. Se considera prudente un rehumedecimiento de la superficie después de la limpieza final y justo antes de esparcir el concreto CCR.

Si la superficie tiene más de dos días y está suficientemente dura, puede ser necesario un lavado con agua si el chorro de aire por si solo no es adecuado para limpiar los daños, contaminación, y lechada que puedan estar presentes. El lavado con agua puede ser empleado únicamente después que la superficie ha endurecido. El lavado con chorro de arena no es conveniente ni necesario.

La ganancia superficial de agua, también conocida como exudación, es el resultado de elevación de agua hacia la superficie durante el fraguado, cuando el exceso de agua se separa de la mezcla y es desplazado a la

superficie por los materiales más pesados. La exudación, o la formación de lechada en la superficie, no deberá presentarse en los concretos CCR adecuadamente proporcionados. Una excepción son las mezclas muy húmedas y algunos casos de mezclas muy secas después de días de curado húmedo.

Sin embargo, no es raro en concretos CCR totalmente compactados que algo de pasta suba a la superficie. Esta pasta no es debilitada por subsecuente ganancia de agua y, si es adecuadamente curada y la superficie no presenta lechada, ella no necesita ser retirada antes de la colocación de la capa subsiguiente, siendo innecesaria una limpieza similar a aquella que se efectúa en los concretos convencionales.

Si la junta de construcción tiene menos de 600C grados-hora y si ella ha sido mantenida limpia y libre de humedad a través del tiempo de exposición, no se requiere tratamiento de la junta en la mayoría de los casos. Si la superficie ha sido contaminada con tierra, escombros, basura, polvo, lodo, fango, limo, u otros elementos extraños, ellos deberán ser removidos. Si se ha permitido que la superficie seque, excediendo a un valor de 600C grados-hora de madurez, o presenta daños, ella deberá ser limpiada, pudiendo requerirse una mezcla ligante antes de colocar la siguiente capa del concreto CCR. Los 600C son un ejemplo, el rango puede estar entre 400C en unos casos y 750C en otros.

La práctica japonesa de colocar una delgada capa de mortero de alto asentamiento como un ligante ha dado buenos resultados con sus técnicas de colocación y cuidadoso control de calidad. Esta práctica fue empleada con excelentes resultados en la presa Elk Creek. En otros casos se ha encontrado que ella puede ser costosa, demandar tiempo, y hacer más difícil el control. La capa de concreto CCR es esparcida sobre el ligante mientras éste retiene su asentamiento o trabajabilidad, y entonces el concreto CCR es compactado en el ligante.

En muchos proyectos CCR se ha empleado como ligante una mezcla de concreto convencional altamente arenosa, obteniéndose buenos resultados. La mezcla deberá tener un asentamiento mensurable no menor de 150 mm y ser significativamente retardada en su fragua mediante el empleo de un aditivo. Lo deseable es emplear un agregado grueso de 3/4" de tamaño máximo, habiéndose empleado agregado hasta de 1.5". El espesor de la capa ligante deberá promediar la misma dimensión como la de las partículas de mayor tamaño en la mezcla. Los testigos deberán demostrar que este procedimiento une, en forma cuidadosa y segura, las capas de concreto CCR. La mezcla ligante deberá mezclarse con la porción inferior del concreto CCR y no dejar una capa de mortero o ligante en la junta. La capa de concreto CCR deberá ser esparcida cuando la capa ligante aún mantiene su asentamiento o trabajabilidad, procedimiento a compactarse el concreto CCR conjuntamente con el material ligante.

Cada proyecto y mezcla deberá ser evaluada individualmente para definir el tipo de mezcla ligante y los requerimientos de la misma. Cuando el ligante ha sido empleado sobre la superficie total de cada capa de concreto CCR, ello es básicamente una decisión del contratista con aprobación de la supervisión, con la finalidad de simplificar la inspección y los estimados de costos, lograr mejores testigos y uniones interface a través de la presa, garantizar la capacidad a la tensión de las juntas, y proporcionar protección adicional contra las filtraciones.

Otros proyectos, especialmente presas altas y aquellas en las que los costos son una atención prioritaria, han empleado mezclas ligantes únicamente cuando y donde es necesario para alcanzar los factores de seguridad requeridos. Estos diseños suelen recomendar un ancho de ligante cerca de la cara aguas arriba de aproximadamente el 8% de la carga hidráulica del nivel de operación normal del reservorio para uniones las cuales pueden desarrollar juntas frías bajo condiciones de una determinada madurez, y un incremento en

el ancho del ligante para uniones que están por encima de la madurez especificada.

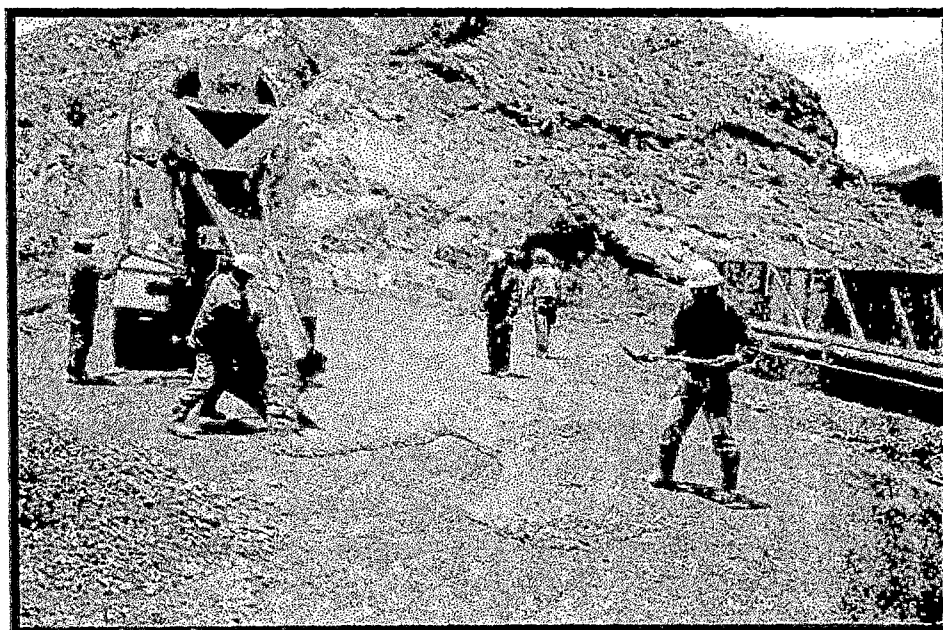
8.3.- JUNTAS ENTRE CAPAS

Las técnicas de construcción de los concretos CCR demandan del material, después de esparcido y compactado en capas bajo determinadas condiciones, que la estructura formada por las sucesivas capas colocadas sea continua.

Dos métodos son internacionalmente empleados para esparcir el concreto. En el primero, capas de aproximadamente 30 cms de espesor son esparcidas y a continuación compactadas. En este caso, la superficie generada es mantenida bajo determinadas condiciones y es entonces cubierta con otras capas, generando de esta manera una estructura continua. Una mezcla ligante puede o no ser empleada. Cada cierto número de capas se produce una interrupción la cual requiere el empleo de técnicas convencionales para obtener una estructura continua.

En el segundo procedimiento de esparcido, originalmente característico de los procedimientos japoneses, el concreto es esparcido en tres subcapas de alrededor de 20 cms cada una, las cuales son compactadas en forma conjunta, generando una junta fría.

La condición bajo la cual una determina junta se produce ha recibido un amplio tratamiento de los estudiosos de los concretos CCR. Se ha afirmado que



COLOCACION DE BEDDING-MIX



ESPARCIDO DE BEDDING-MIX

una correcta junta entre capas puede ser obtenida por esparcido de una delgada capa de un material ligante de las características adecuadas. La cohesión entre capas depende del contenido de ligante y la influencia de la fricción sobre la granulometría y calidad de los agregados.

En el análisis deben estudiarse y determinarse los problemas que podrían aparecer en la cohesión entre capas derivados del empleo de mezclas de bajo contenido de ligante. Igualmente debe determinarse las ventajas de emplear una mezcla ligante entre las capas, en función del posible sustancial incremento en la cohesión y, en menor extensión, en la fricción. Ello unido a la comprensión de los efectos negativos que algunas veces pueden aparecer debido a la vibración durante la compactación de las capas.

En este aspecto no puede dejar de mencionarse la importancia del empleo de la recomendación de la Norma ASTM C 403 para determinar las diferentes fases del endurecimiento del concreto, y como este procedimiento puede ser empleado para determinar las condiciones necesarias para obtener una adecuada unión entre las capas.

Existe una explicación para relacionar el endurecimiento del concreto con el comportamiento de la unión entre capas. Los investigadores afirman que la transformación de la estructura de la pasta hidratada de coalescente y tixotrópica a coalescente cristalizada y, finalmente, a pasta de naturaleza cristalina y la relación de este proceso de evolución con la resistencia a la penetración, es la base para establecer una metodología de ensayo la cual permita monitorear la aptitud contra las juntas entre capas.

En este aspecto se afirma que antes que el endurecimiento comience, la estructura coagulativa y tixotrópica entre capas es perfecta. Entre el

comienzo y el fin del endurecimiento, la estructura coagulativa cristalina, la capacidad de unión, se reduce conforme el proceso avanza. Después que el endurecimiento ha finalizado, ya con la estructura cristalina, la unión entre capas es pobre. La calidad de la unión mejora con el mayor contenido de ligante.

En este estudio no puede dejar de tomarse en consideración el análisis del proceso de endurecimiento del concreto a fin de establecer el parámetro ETP-VS permitiendo determinar el momento en que la formación masiva de la fase C-H-S tiene lugar.

Tres tipos de situación de la superficie de las capas pueden ser establecidos: caliente, frío y cálidas. Las juntas calientes es el estado de la superficie de una capa la cual es cubierta por otra antes de endurecer, dando por resultado que el agregado de la capa superior entre a la inferior y sea recompactado cuando la superior es compactada.

Las juntas frías se refieren a la situación en que la capa inferior es cubierta una vez que ella ha endurecido; su superficie puede ser alterada por un chorro de aire o agua sin que se suelte el agregado. En este caso la compactación de la capa superior puede dañar la capa inferior.

Las juntas cálidas se refieren al caso intermedio en el cual no ocurre penetración de agregado desde la superficial a la capa inferior, el mortero superficial no puede ser dañado por chorros de aire o agua sin pérdida de agregado grueso y la capa inferior puede ser dañada cuando la capa superior es compactada.

En base a la experiencia China se ha desarrollado una metodología de **"aguja Proctor"** a fin de caracterizar estas diversas situaciones de las capas y, por aplicación de la misma, desarrollar un denominado índice DARC. Este índice define el máximo tiempo, para determinadas proporciones de mezclas y condiciones, en el cual se se puede producir una perfecta unión entre capas. El período entre el índice DARC y el EPP-VS corresponde al estado cálido de la superficie de la capa.

9.- CONDICIONES TERMICAS

Los esfuerzos térmicos son un criterio que debe ser tenido en consideración en las presas construídas con concretos CCR y ellos requieren una atención adecuada. Sin embargo, las consideraciones térmicas reciben en muchas oportunidades excesiva atención en el diseño sin la adecuada observación de opciones que pueden ser aplicadas en la construcción.

A menudo los concretos CCR ofrecen opciones que no deben ser sobrestimadas precisamente debido a que ellas no son de aplicación práctica con los concretos tradicionales. En este sentido es conveniente analizar aspectos tales como el empleo del enfriamiento natural, cuidadosa producción de los agregados, y modificación en obra de las condiciones de clima a fin de ajustar a los requerimientos específicos las técnicas actuales que pueden ser empleadas al momento de la colocación.

Por ejemplo, si el diseño térmico y los requerimientos de las especificaciones son conservadores y se basan en la más probable temperatura ambiente en un año caluroso, pero las condiciones actuales son más bien frías,

una re-evaluación puede mostrar que procedimientos de enfriamiento extremos y costosos, o demoras en la colocación, pueden no ser necesarios.

Igualmente, la re-evaluación del proceso puede mostrar que el esquema de trabajo planteado por el contratista para la colocación y horas de colocación, pueden permitir un reajuste en la temperatura en la que se basaron para proponer un procedimiento de trabajo y horas de producción diferentes.

Además de aquello que es obvio en relación a la temperatura máxima interna, los esfuerzos térmicos están relacionados a limitaciones de movimiento en la cimentación, propiedades de los materiales, y magnitud de enfriamiento. Estos factores en general no son considerados en relación a las opciones técnicas que puede tener el contratista. Dos ejemplos de ello son:

- a) Si la razón para justificar la dificultad de lograr una temperatura de colocación baja es la excesiva velocidad de enfriamiento cerca de la cara exterior, lo cual podría causar agrietamiento, puede considerarse la posibilidad de un aislamiento temporal. Más fácilmente puede considerarse un relleno como aislante para resolver este problema en las áreas que están bajo o cerca de la cimentación.

- b) Si el área cuestionada es la porción central de la presa, en la que las tensiones y esfuerzos compresivos son muy bajos, puede considerarse una reducción en el contenido de material cementante. Reduciendo éste en las áreas cuestionadas puede disminuirse la temperatura máxima, sin mayor influencia sobre los criterios que controlan el corte o la estabilidad frente al deslizamiento.

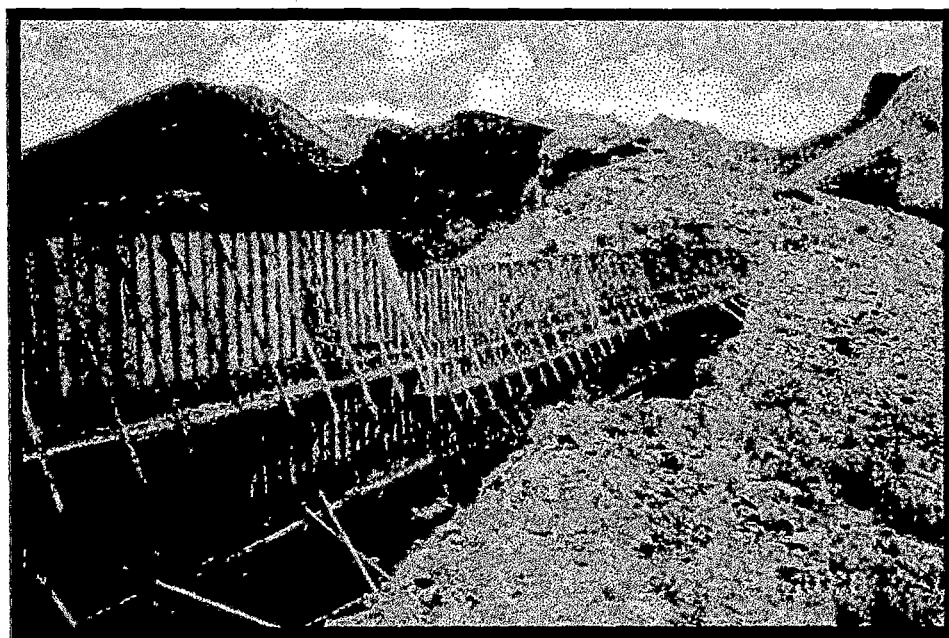
Dado que las especificaciones no pueden definir los requerimientos exactos de temperatura para todos los puntos de la estructura, generalmente se especifica criterios de control para las áreas más críticas. Ellos generalmente no son técnicamente necesarios para todas las áreas de una presa. La cantidad de esfuerzos que se desarrollan debido al enfriamiento de una temperatura interna máxima es mucho mayor cerca de la zona de contacto con la cimentación o los contrafuertes que a alguna distancia de ellos. La significación de todo ello es que, cuando el pre-enfriamiento del concreto CCR en niveles especificados es imposible durante las temperaturas cálidas del día, puede ser práctico y técnicamente aceptable enfriar la mezcla y colocarla cerca de la cimentación y los contrafuertes en la noche, y colocar en el día el material que va a estar lejos de los mencionados elementos.

10.- ENCOFRADOS

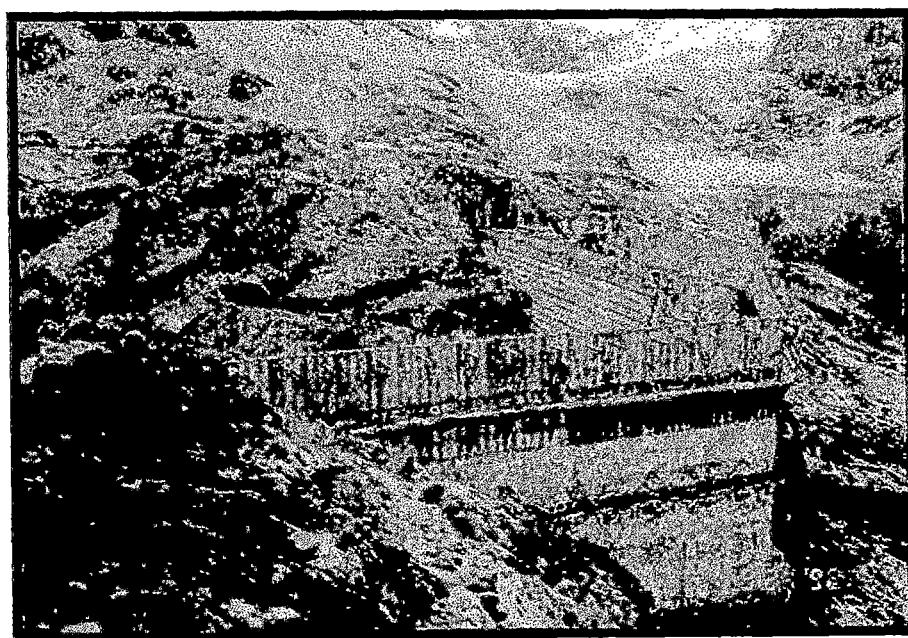
10.1.- GENERALIDADES

Las grandes áreas superficiales que no son horizontales pueden ser perfiladas al talud y configuración deseados, pero deberán darse consideraciones especiales al anclaje, apariencia y técnica de trabajo. Existe un amplio rango de opciones, con más de 20 procedimientos usados o empleados.

La altura de los encofrados ataludados restringe las áreas accesibles a los rodillos vibradores. Estos encofrados deberán, por lo tanto, ser limitados a una altura que permita reducir el volumen de concreto que deberá ser colocado por métodos convencionales.



ENCOFRADO DIQUE NORTE A



ENCOFRADO PRESA PRINCIPAL

Los encofrados sujetos con anclajes convencionales pueden no tener una altura de empotramiento adecuada para ser soportados cuando son empotrados en concretos CCR de baja resistencia y puede requerir anclajes especiales.

Los rodillos pequeños pueden ser operados hasta 5 cms de los encofrados verticales; sin embargo, los grandes rodillos generalmente no pueden estar más cerca de 25 cms.

Se estima que puede alcanzarse una adecuada compactación en el área de superficies verticales si se emplea concreto CCR con tamaño máximo del agregado grueso de 1.5" ó menor en mezclas con alto contenido de pasta, y se da cuidadosa atención a los detalles relacionados con el espesor de las capas y el tamaño del rodillo.

Después de la compactación siempre hay una pequeña proyección de un concreto CCR no compactado sobre la superficie, al cual el rodillo no puede alcanzar. Si este material es acomodado contra el encofrado, no se presentará una distorsión en el alineamiento de la capa, pudiendo obtenerse una superficie comparable con la de los concretos convencionales.

El manejo y colocación de los encofrados convencionales puede ser un factor limitante en la producción de concretos masivos CCR. Cerca de la coronación de la presa, en que el volumen de concreto CCR por capa es bajo y el área de encofrados para las caras aguas arriba y aguas abajo es grande, es usual tomar más tiempo para el fraguado y remoción de los encofrados que el que se suele tomar para la colocación del concreto CCR.

10.2.- SARDINELES

Uno de los medios de formar las caras aguas arriba y aguas abajo es emplear máquinas usadas para hacer los bordillos de los concretos convencionales colocados mediante el empleo de encofrados deslizantes, contra los cuales la colocación del concreto CCR puede ser efectuada dentro de las 8 horas.

Mediante un adecuado control del perfil del bordillo, es posible una producción promedio de 60 cms de elevación vertical por día colocando concreto convencional simultaneamente y dando al bordillo el tiempo necesario para desarrollar la resistencia requerida.

Este método es recomendable en valles amplios y proyectos grandes en los que la velocidad de colocación del concreto CCR no excede a la del encofrado deslizante. En la presa Upper Stilwater fue posible mantener una producción promedio de 60 cms de elevación vertical por día con los sardineles teniendo el tiempo adecuado para desarrollar la resistencia necesaria.

10.3.- ENCOFRADOS DE CONCRETO PREFABRICADO

Las caras verticales y los taludes pueden igualmente ser controlados empleando bloques o paneles de concreto prefabricado. Los paneles de concreto prefabricado consisten de una losa de concreto de alta calidad relativamente delgada con soporte de erección integral y/o externo.

Estos paneles actúan como aislantes en si mismos o pueden incorporar un aislante adicional para proteger el interior del concreto en regiones extremadamente frías.

Ellos igualmente pueden contar con una membrana impermeable altamente dura y flexible, unida a la cara del panel para proporcionar impermeabilidad. Si se emplea concretos CCR de consistencia seca, la elevación del concreto está limitada solamente por aquella con la cual el panel puede ser colocado. Cuando se emplea una mezcla de consistencia húmeda la velocidad de elevación puede estar limitada por el tiempo de fraguado del concreto CCR, salvo que se coloque anclajes y soportes de paneles adicionales. Esta técnica ha sido empleada con éxito en la presa Winchester.

10.4.- TALUD NO COMPACTADO

Si no se hace ningún intento para compactar las esquinas de los concretos CCR colocados, los lados deberán tomar su ángulo natural de reposo estimado entre 40° para los agregados de perfil redondeado y de 50° para los agregados de perfil angular, dependiendo adicionalmente de la granulometría, y control de la construcción. Ello significa un cuidado especial durante el esparcido y compactación.

Cualquier procedimiento que sea empleado para contener las pérdidas de concreto en las esquinas el tiempo necesario para poder realizar la compactación, es considerado adecuado.

10.5.- ENCOFRADO DE LAS CARAS

Puede emplearse encofrados convencionales para la cara aguas arriba o aguas abajo, siendo el concreto CCR colocado directamente contra ellos. La superficie resultante puede ser de pobre calidad salvo que se de especial atención a la colocación y tipo de mezcla empleados cerca del encofrado. Esta técnica ha sido empleada en la cara aguas arriba de la presa Copperfield, así como en la cara aguas abajo del aliviadero de la presa Camp Dryer. Las mismas precauciones indicadas para acabados con paneles prefabricados deben ser empleadas en este caso.

Si se desea una mejor apariencia, impermeabilidad y calidad superficial, los encofrados pueden ser movidos aguas arriba después que el concreto CCR ha fraguado, procediéndose a vaciar en sitio concreto convencional entre el encofrado y la cara del concreto CCR.

Otra forma de trabajo puede ser el preceder la colocación del concreto CCR con la construcción de un concreto convencional, el cual sirve como un molde aguas arriba. Este muro puede contener refuerzo, si ello es necesario, y juntas impermeables. A continuación se procede a colocar el concreto CCR contra el muro, pero no ligado a él.

10.6.- RESUMEN DE ENCOFRADO DE LAS CARAS

Se han empleado diversos métodos para formar la cara aguas arriba de los concretos CCR. Aproximadamente el 50% emplean el procedimiento de colocar el concreto contra los encofrados y ello ha sido posible gracias al

incremento de la trabajabilidad en las mezclas seleccionadas.

Cerca del 60% de las caras aguas abajo de todas las presas de concreto CCR han sido formadas empleando encofrados y la minoría de ellas por el empleo de concreto colocado contra los encofrados, siendo la mayor proporción de las caras aguas abajo conformadas por concreto CCR colocado directamente contra los encofrados sin un concreto de revestimiento. La otra diferencia entre las caras aguas arriba y aguas abajo es que estas últimas en un 20% no están formadas, con aproximadamente el 20% de ellas teniendo una compactación mecánica externa con una placa vibradora después de la compactación por rodillado.

La gran mayoría de los aliviaderos de las presas con concreto CCR, un 80%, están formados por encofrados contra los que se apoya concreto. La tendencia actual es que el aliviadero sea de concreto armado apoyado sobre una base de concreto CCR.

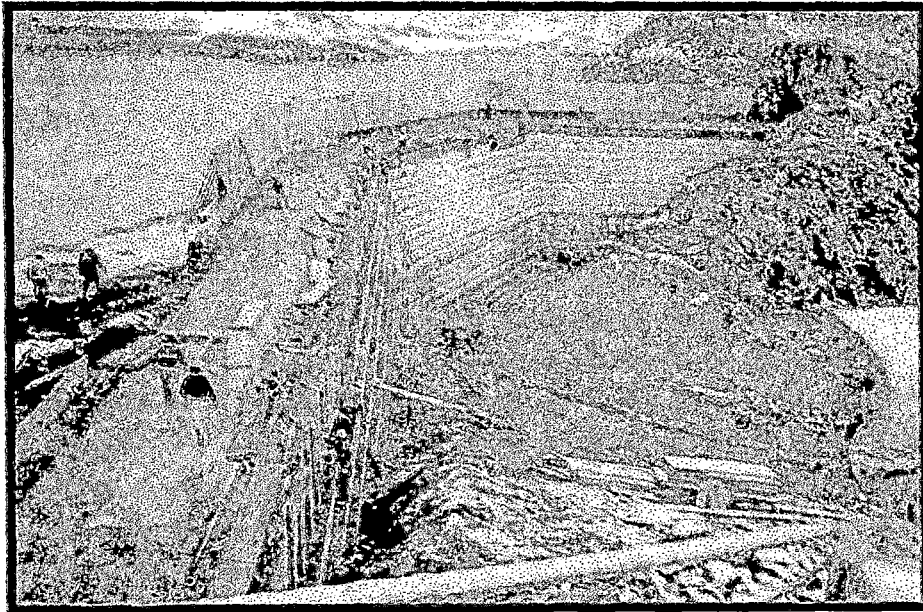
11.- CURADO Y PROTECCION DEL INTEMPERISMO.

Después que el concreto CCR ha sido colocado y compactado, la capa superficial deberá ser protegida y curada de la misma forma con que se trata un concreto colocado por métodos convencionales. La superficie deberá ser mantenida en condición húmeda, o de manera tal que la humedad no escape. El concreto CCR deberá ser protegido de temperaturas extremas y congelación hasta que él tenga suficiente resistencia.

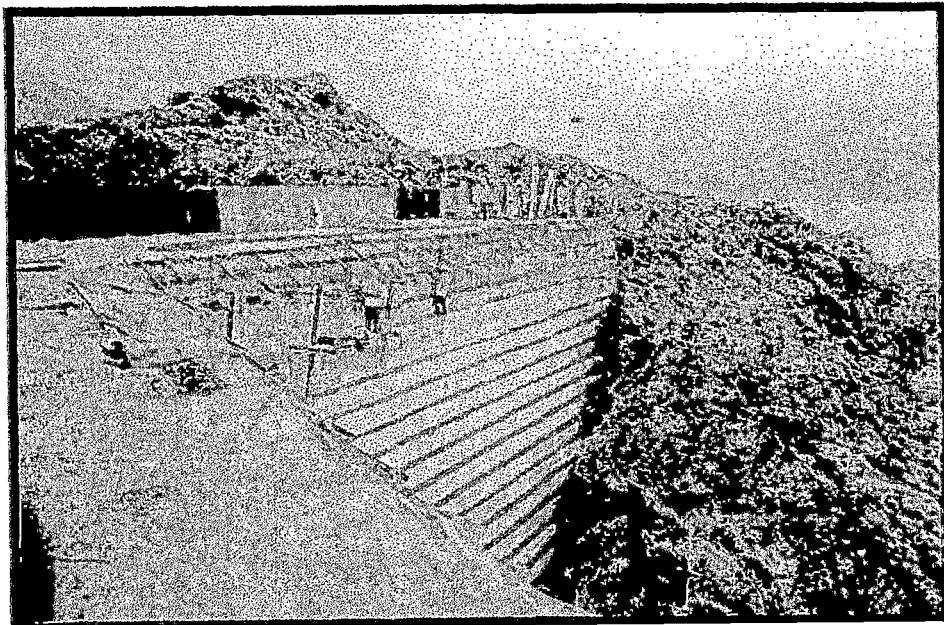
Durante la colocación, una corta y muy ligera lluvia o neblina puede ser tolerada siempre que el equipo no sean camiones que circulan sobre el concreto CCR, o empiece a acumularse humedad sobre la superficie pudiendo el concreto CCR ser dañado. Tan pronto como el daño es evidente, o el rodillo comienza a acumular material sobre el tambor, la colocación del concreto CCR deberá ser detenida.

Cuando las fajas de transporte son utilizadas para entregar el concreto y se requiere muy poco o ningún tráfico vehicular sobre el concreto CCR ya colocado, la construcción puede continuar en climas ligeramente húmedos. Ello puede requerir una gradual y muy lenta disminución en la cantidad de agua de mezclado empleada debido a una más alta humedad y falta de secado de la superficie. El punto en el cual ocurre el primer daño cuando se opera bajo condiciones que son demasiado húmedas es obvio y generalmente se presenta repentinamente.

Inmediatamente después que una capa de concreto CCR ha sido compactada, ella es esencialmente impermeable y no deberá ser dañada excepto por lluvias fuertes, siempre que no haya actividad o tráfico sobre ella. Después que la superficie ha comenzado a secar naturalmente a una condición de saturado superficialmente seco, la construcción puede recomenzar.



PROTECCION DEL CCR CONTRA NEVADAS Y LLUVIA



Una superficie ligeramente ataludada contribuirá a drenar el agua libre, permitiendo el reinicio de las operaciones de colocación. Si la superficie ha sido dañada, puede necesitarse alguna forma de preparación superficial.

Durante la construcción, la superficie compactada de las capas de concreto CCR deberá ser mantenida en una condición húmeda pero sin agua en forma de lagunas. En aquellos casos en que hay muy pequeño o no hay tráfico, la superficie puede ser cubierta con plástico u otros medios para prevenir las pérdidas de humedad, siguiendo lo indicado en la recomendación ACI 308 **"Standard Practice for Curing Concrete"**.

En áreas de tráfico fuerte puede ser necesario que los camiones que transportan agua permanezcan sobre el área de colocación 24 horas en un día, siete días en una semana. Los camiones pueden ser equipados con tubería de neblina la cual aplica una humedad muy fina que no lava o erosiona la superficie. Este trabajo puede ser complementado con dispositivos de regadera para alcanzar las áreas que son inaccesibles a los camiones de agua.

Deberá tomarse precauciones que permitan mantener la superficie húmeda aún cuando los camiones sean cargados con combustible, mantenidos, y rellenos con agua. Deberá tenerse especial cuidado en procurar que los camiones den un mínimo de giros y no causen destrucción en la superficie.

La capa final del concreto CCR deberá ser curada un tiempo adecuado, generalmente en exceso de 14 días. Los compuestos de curado no son recomendables debido a la dificultad de lograr 100% de cobertura sobre la superficie relativamente rugosa, los daños probables originados por la actividad constructiva, la baja humedad inicial en la mezcla, y la pérdida del control de una temperatura superficial beneficiosa que siempre es asociada con el curado

húmedo.

Las superficies en talud no formadas, tales como la cara aguas abajo de una presa, son muy difíciles de compactar y puede ser considerado sacrificado e innecesario curarlas siempre que ellas hayan sido incorporadas dentro del diseño.

El concreto CCR expuesto no compactado deberá estar sujeto a deshacerse. Aunque los centímetros exteriores pueden ser incapaces de alcanzar una resistencia o calidad significativas, ellos actúan como una protección y una barrera para la humedad que es utilizada para el curado del concreto CCR interior.

La protección contra las temperaturas extremas y repentinas variaciones importantes deberá ser incorporada cuando se considera que ellos es necesario, en forma similar a las precauciones que se toman cuando se trata de concreto de colocación convencional. La falta de juntas de contracción y/o juntas monolíticas frecuentes se añade a los conceptos acerca de agrietamiento para tempranas o rápidas caídas de temperatura.

El bajo módulo de elasticidad inicial y la alta magnitud del escurrimiento plástico de los concretos CCR pueden reducir el agrietamiento relacionado con la temperatura. Cada obra deberá ser evaluada para sus condiciones de exposición y propiedades de los materiales.

El calor de hidratación generado por la masa del concreto CCR y la continua secuencia de colocación pueden combinarse para permitir la colocación en climas muy fríos, aún cuando las condiciones ambientales

ocasionalmente caigan bajo el punto de congelación, siempre que la superficie permanezca por lo menos 1C sobre el punto de congelación hasta que ella sea cubierta con la capa subsecuente.

12.- GALERIAS Y DRENAJE

Hay diversos procedimientos para construir galerías en la masa de una presa. Un método es por encofrados convencionales y otro por colocación de grava o agregado fino en la parte del concreto CCR en el que la galería ha de ir, limpiando posteriormente el material para abrir la galería.

La superficie interior resultante del último procedimiento indicado permite la inspección del concreto CCR después que el material suelto ha sido retirado, pero la rugosidad del material de relleno permanece e inclusive algo de él queda adherido al concreto CCR.

Un procedimiento para evitar lo anteriormente indicado es emplear separadores de madera entre el concreto CCR y el relleno conforme cada capa es colocada. Igualmente se ha empleado secciones de concreto prefabricado instaladas como revestimiento de galerías permanentes.

En la construcción de las galerías deberá considerarse tanto el costo directo como los costos indirectos debidos al proceso constructivo. Si se emplea el procedimiento de relleno no formado puede considerarse un 15% a 20% más en el proceso de colocación, en tanto que si se emplea el procedimiento de encofrados complejos o métodos de elementos prefabricados puede añadirse

del 20% al 50%.

Drenajes de grava, concreto poroso, y tubos de drenaje porosos también han sido empleados para colectar drenaje y aliviar presiones. En algunos casos estas técnicas pueden ser empleadas en vez de una galería.

13.- CARACTERISTICAS DE UNA PRESA MEDIA

Una revisión de las presas de concreto CCR de la segunda generación permite definir las características esenciales de una presa media de concreto CCR. Sin embargo, no debe olvidarse que cada sitio es único y que estas recomendaciones no pueden ser consideradas ser la norma sino el promedio de varios diseños.

El contenido promedio de material cementante es de cerca de 175 kg/m³ de los cuales aproximadamente el 55% a 60% es puzolana. Las puzolanas mayormente empleadas son las cenizas de bajo contenido de cal, de manera tal que una presa mediana de concreto CCR deberá contener 70 kg/m³ de cemento portland y 105 kg/m³ de cenizas de bajo contenido de cal.

Las caras de una presa media de concreto CCR deberán ser formadas contra los encofrados, en la actualidad empleando concreto convencional, siendo la tendencia a aplicar el concreto CCR directamente contra los encofrados. La cara aguas abajo y los aliviaderos tienden a ser escalonados.

Practicamente todas las modernas presas de concreto CCR tienden a tener juntas de contracción formadas de la cara aguas arriba a la cara aguas abajo. Generalmente a una distancia de 25 a 40 metros entre centros.

Con la excepción de Sud Africa la cual ha optimizado las capas de 25 cms de espesor y el Japón que emplea capas espesas, cerca del 90% del resto del mundo emplea capas con un espesor de 30 cms.

Es difícil encontrar una presa de concreto CCR que cumpla con todos los requerimientos indicados. De hecho, ninguna presa construída hasta la fecha los cumple totalmente. Los valores indicados son indicativos de un promedio deseable, recordando que cada presa preparada con concreto CCR corresponde a un diseño particular para la situación y el sitio en cuestión.

CAPITULO 8

DISEÑO DE SECCIONES DE GRAVEDAD

1.- GENERALIDADES

La colocación del concreto CCR en capas las cuales pueden ser compactadas por rodillos vibradores no cambia los conceptos de diseño básicos para presas u otras estructuras masivas. Sin embargo si puede afectar el procedimiento de construcción.

El diseño, programación de las estructuras, planeamiento de la construcción, y tratamiento de las juntas, deberán tomar en consideración las ventajas y desventajas de la rapidez de construcción que es posible con los concretos CCR. La mayoría de aquellas construcciones que cuentan con suficiente longitud y ancho para acomodar los rodillos y el equipo de esparcido, pueden beneficiarse económicamente del empleo de los concretos CCR.

El diseñador, al tomar ventaja de los beneficios aportados por la construcción con concretos CCR, deberá usar su criterio discrecional al hacer un balance de la reducción de costos contra los requerimientos técnicos. La durabilidad y el comportamiento en el largo plazo son factores técnicos a ser considerados.

2.- CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Las estructuras de gravedad, tales como las presas, son diseñadas esencialmente por estabilidad contra volteo o deslizamiento. La resistencia en compresión en si misma, en general no es un factor determinante.

Sin embargo, las resistencias en tensión y corte a lo largo de la interface entre capas de concreto CCR es un factor influyente, especialmente en presas altas y aquellas cuyo talud aguas abajo es parado.

El diseño debe considerar las cargas prescritas y la combinación de cargas, la geometría de la sección, y la preparación de la cimentación. Adecuada calidad, rocas de cimentación limpias y empotramientos con alguna rugosidad, son condiciones esenciales para unir el concreto CCR a la roca y minimizar o eliminar las filtraciones.

El diseño de las estructuras que trabajan por gravedad es controlado principalmente por consideraciones de cimentación. Ninguna presa de gravedad de concreto tiene fallas bajo cargas sostenidas, flujo, o condiciones de sismo, si no son el resultado de una falla inicial en la sección de concreto sobre la base de roca sana.

Históricamente el modo de falla de presas de concreto ha sido por deslizamiento o erosión de la roca de cimentación. Es esencial el conocimiento del lecho de roca, orientación de los planos de fractura en la base de la roca, y cualquier otra información pertinente a la cimentación.

Si existe un plano potencial de deslizamiento dentro de la cimentación, usualmente la elección puede ser excavar bajo el plano o proporcionar suficiente masa para reducir el deslizamiento potencial a límites seguros. Los planos de deslizamiento expuestos aguas abajo deberán ser cuidadosamente evaluados.

Los concretos CCR ofrecen dos alternativas adicionales en la selección del tipo de presa. Si el área del plano de falla de deslizamiento potencial a lo largo de la longitud de la presa es limitada, puede ser conveniente construir la parte inferior de la presa sin juntas verticales que crucen los planos de debilidad en la cimentación. Si el área es demasiado ancha, el incremento en la masa requerido para reducir el deslizamiento potencial puede ser proporcionado por una construcción de bajo costo con concreto CCR.

Las presas CCR, parecidas a las presas de gravedad convencionales, son típicamente analizadas como estructuras en dos dimensiones empleando la teoría de esfuerzos en vigas en planos convencionales o el método de los elementos finitos.

La cara aguas arriba de las presas es normalmente vertical en toda su altura o en una parte significativa de ella. Una inclinación de la cara aguas arriba, cerca de la base, puede ser empleada para mejorar la estabilidad o la resistencia al volteo.

El talud aguas abajo puede variar entre 0.6 a 1.0 horizontal a 1.0 vertical. El talud generalmente intersecta la cara aguas arriba en un punto cercano a la coronación. Empezando con un ancho de coronación de 4.5 mts. a 9 mts. la cara aguas abajo generalmente cae verticalmente para intersectar con el talud. Se puede añadir un chaflán redondeado en la intersección para suavizar la cara

y reducir la concentración de esfuerzos durante la condición de sobrecarga, tal como un sismo o crecientes.

Para eliminar totalmente la concentración de esfuerzos en áreas altamente sísmicas, la cara aguas abajo puede tener un talud constante de la coronación a la base. Este mismo talud constante deberá facilitar la construcción. Para mitigar los subsecuentes incrementos en el volumen, el talud aguas abajo puede ser hecho parado sin cambios significativos en la estabilidad.

3.- ESTABILIDAD CONTRA VOLTEO

Las consideraciones para el análisis de estabilidad contra volteo para las presas CCR son similares a aquellas empleadas para estructuras convencionales de concreto. Para lograr la estabilidad contra volteo, las secciones de gravedad son generalmente dimensionadas para resistir esfuerzos de compresión sobre la totalidad de la base.

En el análisis de estabilidad, la subpresión en la base y a lo largo de las juntas de entre capas es generalmente tomada como variando desde una presión hidrostática total en la cara aguas arriba a alguna relación de la diferencia entre las presiones aguas arriba y aguas abajo de los drenes de cimentación.

La subpresión en el sistema de drenaje de la cimentación puede ser asumida como un tercio de la subpresión en el drenaje correspondiente a una

transición lineal de la presión de aguas arriba a aguas abajo. En este caso se asume una disminución lineal en la subpresión desde aquella presente en los drenajes de la cimentación a la presión aguas abajo en la cara externa de la presa.

El porcentaje del área de la base sometido a subpresión ha sido analizado por muchos investigadores y aunque muchos porcentajes han sido empleados, la mayoría de los investigadores acepta que el 100% del área de la base deberá ser afectado con el tiempo.

El estudio de la interrelación de los requisitos del ancho de la base a la altura de la presa, en la medida que son afectados por la ubicación de los drenes de la cimentación, empleando las asunciones de diseño para estabilidad contra volteo, muestra que una alta permeabilidad de las juntas de los concretos CCR puede afectar significativamente la intensidad y distribución de la subpresión dentro del cuerpo de la presa pudiendo darse el caso que los criterios asumidos sean poco conservadores.

Diversos sistemas de drenaje interno pueden ser empleados para efectuar una reducción de la subpresión y en consecuencia una mejora en la estabilidad. Deberá diseñarse y aplicarse un procedimiento de monitoreo del sistema de drenaje a fin de asegurar que el trabaja correctamente durante la vida de la estructura.

Las prácticas de diseño y construcción con concretos CCR permiten, por si misma, la opción de variar el ancho de la base y el perfil de la sección transversal para mejorar la estabilidad y reducir el nivel de esfuerzos. Por ejemplo, la cara aguas abajo de una presa puede fácilmente ser inclinada cerca de la base a fin de reducir el nivel de esfuerzos si se trata de presas altas.

La sección mínima de una presa por resistencia al volteo es una presa de perfil triangular con una cara aguas arriba vertical o casi vertical y teniendo su sistema de drenaje de la cimentación localizado aproximadamente a un cuarto de la longitud de la base medido desde la cara aguas arriba.

4.- ESTABILIDAD CONTRA EL DESLIZAMIENTO

Al igual que una presa de gravedad convencional preparada con concreto, la resistencia al deslizamiento dentro de una sección de concreto depende de la resistencia por adherencia (cohesión) del concreto, el esfuerzo compresivo sobre el plano de falla potencial, y el coeficiente de fricción interna del concreto. La efectividad de la cohesión y el drenaje en proporcionar resistencia contra el deslizamiento es más pronunciada cerca de la cara aguas arriba.

La resistencia al corte de los concretos no confinados colocados convencionalmente, cuando se determina por el ensayo CRD C 89, generalmente varía del 20% al 25% de su resistencia en compresión, siendo a menudo empleado en el diseño un valor del 10%. Igualmente, el coeficiente de fricción dentro de la masa generalmente se toma como 1.0

Basándose en la experiencia acumulada de numerosos estudios de estabilidad de presas de gravedad, la resistencia al corte no confinada de una junta no unida de concreto CCR puede variar del 16% al 39% de su resistencia en compresión. Los ensayos para resistencia al corte no confinada no medirán corte puro sobre el plano de falla forzado en aquellos casos en que el aparato de ensayo introduce tensiones y compresiones debido a la excentricidad en las

cargas sobre el plano de falla.

En general, altas relaciones de corte ocurren en bajas resistencias en compresión simplemente a causa de altas relaciones de resistencia tensión/compresión. La resistencia al corte no confinada de una junta de unión, en un concreto convencional, generalmente se asume que es del 10% de la resistencia en compresión. En las presas de concreto CCR, el porcentaje probable del área de junta unida y las diferencias en la orientación de los agregados en la masa comparada a la junta deberán ser considerados al establecer los valores de diseño. En este aspecto se considera conveniente recomendar la consulta del trabajo de Robert Cannon "**Design Consideration for Roller Compacted Concrete y Rollcrete in Dams**" publicado en diciembre de 1985 en Concrete International Design & Construction.

La determinación de los valores de diseño para los parámetros de resistencia de adherencia por tensión y de resistencia al corte en las juntas de capas pueden ser hechos en diversas formas. Testigos extraídos por diamantina pueden ser removidos del concreto CCR y ensayados en corte y en tensión directa. Especímenes individuales pueden ser fabricados y ensayados en forma similar.

Resultados menores a los aceptables requieren que se efectúe un rediseño de la mezcla CCR, la sección de la presa, el procedimiento de colocación, o una combinación de estos factores. Los concretos CCR de poca edad pueden estar poco endurecidos y los testigos hechos en ellos pueden indicar resistencias a la tensión y corte significativamente menores que las que se obtendría después cuando la estructura ya esté operacional.

En maduraciones de las juntas menores de 2000 grados-hora cuando la capa posterior es colocada, el rango típico de la resistencia al corte será de 7 a 14 kg/cm², aún para mezclas muy pobres. Ocasionalmente se ha encontrado resistencias más altas y más bajas.

El coeficiente de fricción a lo largo de la interface puede variar de 0.7 a 2.9, pero generalmente está entre 1.0 y 1.4. Para el planeamiento inicial de la presa y propósitos de diseño, un valor de 7 kg/cm² con un coeficiente de fricción de 1.0 se considera prudente. Estos valores pueden ser mejorados si la información en obra indica buena calidad del agregado, debiendo ser disminuídos para agregado de pobre calidad tal como granito intemperizado o arenisca desmenuzable.

Los valores a ser empleados en el diseño final deberán basarse en los resultados de ensayos de los materiales a ser empleados, o en una cuidadosa extrapolación de ensayos de mezclas CCR de otros proyectos en los cuales se ha utilizado similares agregados y contenidos de materiales cementantes.

Como en cualquier diseño de una presa, el diseñador de una estructura construída con concreto CCR deberá estar seguro que los criterios asumidos son realísticamente alcanzables con el tipo de construcción a ser empleado y la calidad de los agregados disponibles.

El coeficiente de fricción para el concreto colocado contra concreto endurecido depende de la rugosidad y calidad del concreto endurecido y de la facilidad de moldeo del concreto de cobertura. En concretos convencionales, un límite superior de 1.4 generalmente se asume como que corresponde a una junta rota (no adherida) de concreto monolítico y un valor de 1.0 es generalmente asignado a juntas de construcción tratadas con rugosidades que

corresponden a amplitudes de 1/4" o más.

Si la resistencia de juntas de construcción tratadas es 50% a 75% de la del material cercano, el coeficiente de fricción para la juntas tratadas deberá variar de 0.70 á 1.05. Valores menores podrán ser empleados en el diseño de presas con concreto CCR si se considera la falta general en el tratamiento de las juntas y la variabilidad de condiciones existentes sobre grandes clases de áreas. Valores de diseño de 0.7 á 0.8 son normalmente asumidos para planos de contacto relativamente pulidos entre la roca de cimentación y el concreto.

Si f_v es el esfuerzo vertical promedio, incluida subpresión, θ es el coeficiente de fricción, v es la resistencia por adherencia, y A es el área de la sección transversal, la resistencia por fricción al corte por deslizamiento S , sobre un plano horizontal es:

$$S = A(f_v \cdot \text{tang } \theta + v)$$

En cimentaciones inclinadas, el ángulo del talud se incrementa o disminuye dependiendo si la inclinación es aguas arriba o aguas abajo.

Muchos proyectistas requieren un mínimo factor de seguridad contra el deslizamiento de 2 á 4. Tal requerimiento generalmente se basa sobre las condiciones de altura normal de la carga de agua y agua de descarga, permitiéndose factores de seguridad de 1.5 á 2 bajo condiciones de flujo y mayores de 1.0 para sismo.

Los volúmenes mínimos de estabilidad contra volteo son alcanzados con la cara aguas abajo vertical o casi vertical. El talud de esta cara incrementa la resistencia friccional al corte en un grado mayor que aquel que afecta los requerimientos de la base para estabilidad contra el volteo.

5.- ANALISIS TERMICO

Los principales cambios en volumen asociados con desplazamientos masivos del concreto resultan de las modificaciones en la temperatura del mismo que ocurren durante la vida de la estructura. Estos cambios dependen principalmente de la calidad y cantidad de material cementante empleado, pero pueden estar también influenciados por el agregado.

Los cambios de volumen de las colocaciones masivas de concreto son principalmente restringidos por la adherencia del concreto a la roca que conforma la base de cimentación y por el interior de la misma masa de concreto, la cual no cambia de volumen en la misma velocidad y magnitud. El agrietamiento de la masa deberá ocurrir cuando las restricciones al cambio de volumen excedan a la capacidad de deformación del concreto.

Los principales factores que pueden contribuir al agrietamiento del concreto son la temperatura interna pico que puede ser alcanzada después de la colocación, la temperatura ambiente anual promedio a la cual la masa deberá eventualmente enfriar, el escurrimiento plástico, el módulo de elasticidad, y el grado de restricción que actúa en la ubicación de la grieta.

Las grietas suelen aparecer durante la primera o segunda estación de invierno posterior a la colocación del concreto y generalmente se inician en la superficie expuesta adyacente a la cimentación, ubicación en la que la restricción es mayor. A partir de ellas se producirá una propagación de las grietas con el continuo enfriamiento de la masa. Si el cambio en el volumen es suficientemente grande, las grietas penetrarán en el espesor total de la presa y serán una causa de filtración.

La propagación de las grietas en dirección vertical depende de la distribución de la restricción dentro de la masa y es principalmente una función de la longitud de la base en una dirección a 90 grados del plano de la grieta. Por esta razón, el agrietamiento en la dirección longitudinal está generalmente limitado a una altura de aproximadamente un cuarto de la longitud de la base de la presa.

Por ejemplo, en una presa CCR la cual es construída sin juntas de contracción, las grietas pueden propagarse a la altura total de la presa si las direcciones aguas arriba o aguas abajo dependen de cambios térmicos en el volumen.

El diseñador también debe tener en consideración el agrietamiento que puede iniciarse como resultado de un rápido enfriamiento superficial en tanto que el interior de la masa permanece caliente y proporciona restricciones a la contracción superficial. Aunque la restricción interna es limitada y las grietas superficiales pueden penetrar no más de 60 a 90 cms como resultado de tal restricción, ellas pueden ser responsables por el agrietamiento inicial total de la sección que de otra manera no se hubiera presentado.

El diseñador tiene una variedad de opciones las cuales pueden ser utilizadas para minimizar los esfuerzos térmicos. Ellas incluyen la sustitución de parte del cemento por puzolana, limitar la colocación del concreto CCR a la época del año en que se espera enfriamiento ambiental, aislamiento de los encofrados, disminución de la temperatura de colocación, juntas en el concreto, e incremento de la sección de la presa de tal manera que se pueda emplear una menor resistencia con un menor factor cemento.

Existen muchos estudios, generalmente más de uno para cada presa construída con concreto CCR, y ellos relacionan los efectos de la elevación de altura y la subida de la temperatura adiabática con el tiempo y la temperatura, generalmente relacionando estos valores para mezclas masivas convencionales en condiciones ambientales constantes. Se considera conveniente recomendar hacer estudios de estas interrelaciones en todos aquellos casos en que se va a construir presas de mediana o gran altura empleando concretos CCR.

Cuando la opción es posible, es recomendable seleccionar agregados de bajo módulo de elasticidad y bajo coeficiente de expansión, lo cual puede ser una ayuda. En algunos casos se ha empleado inyección de nitrógeno líquido en los concretos CCR durante el proceso de mezclado para reducir sus temperaturas de colocación y máxima.

El hielo puede ser empleado para ayudar a pre-enfriar la mezcla; sin embargo, el bajo contenido de agua de los concretos CCR deberá limitar la magnitud de la reducción de temperatura que el hielo puede proporcionar. Igualmente debe considerarse los mayores costos y la menor velocidad de producción debidos al tiempo adicional de mezclado ocasionado por la adición de hielo.

Almacenar el agregado en grandes pilas durante el invierno y utilizarlas en su condición natural de pre-enfriamiento durante el tiempo cálido puede ser una solución efectiva. El postenfriamiento no se ha encontrado como una solución práctica en las construcciones con concreto CCR.

La exposición de capas relativamente delgadas durante la hidratación inicial puede contribuir a un incremento o disminución de la temperatura pico dependiendo de las condiciones ambientales y la longitud de la exposición. Cada situación deberá ser separada y evaluada cuidadosamente, tal como se describe en los dos párrafos siguientes:

La superficie absorbe calor de la exposición al sol, lo cual incrementa la temperatura de la mezcla y aumenta la velocidad con la cual el calor de hidratación es generado. Cuanto mayor es la superficie expuesta, mayor energía solar es absorbida y será mayor la temperatura interna pico. En esta situación, una colocación más lenta deberá reducir la temperatura interna.

La colocación del concreto CCR durante la época fría del año puede permitir la terminación del proyecto antes de los calores del verano. Bajo estas condiciones, los materiales son naturalmente pre-enfriados y el calor de hidratación es rápidamente disipado a la atmósfera en una magnitud que permite que la temperatura pico exceda a las condiciones de la temperatura ambiente. Si la temperatura pico no se disipa antes de la colocación de la nueva capa, una colocación rápida puede incrementar las temperaturas internas.

Diversas condiciones pueden contribuir a reducir el agrietamiento potencial no controlado de la masa. Ellas son una alta resistencia a la tensión y un bajo coeficiente de esfuerzos térmicos del concreto CCR; o juntas de contracción transversales estratégicamente colocadas de manera tal que no

afecten la estabilidad de la estructura.

Diversos métodos analíticos bi-dimensionales son disponibles para obtener una estimación de de la temperatura y distribución de esfuerzos a través de la estructura. Estos análisis incluyen el calor de hidratación, las condiciones de clima, las propiedades de los materiales, y las condiciones de colocación. El trabajo de Trato y Schrader "**Thermal Considerations for Roller-Compacted Concrete**" publicado por el ACI en 1985, proporciona una excelente base para este tipo de análisis.

Termocuplas o medidores de calor, instalados durante el proceso constructivo, pueden emplearse para evaluar las variaciones térmicas. La información puede ser registrada automáticamente con equipo electrónico o manualmente con una frecuencia predeterminada.

Un esquema típico para monitorear la temperatura de una presa grande puede consistir de tres o cuatro planos verticales juiciosamente espaciados, con siete instrumentos cada uno, en las elevaciones baja, media y superior. De cada juego de siete, uno deberá ser localizado en la línea central y los otros espaciados cerca de las caras de manera tal que los contornos y la gradiente térmica puedan ser ploteados.

La predicción de los esfuerzos puede ser mejorada con un modelo de temperatura más correcto obtenido de medidas de obra durante la construcción y comparación de las mismas con valores medidos después de 18 meses.

Durante las operaciones de construcción la estructura continuará experimentando cambios cíclicos tanto térmicos como volumétricos. El

reservorio deberá actuar para aislar la cara aguas arriba de la alta amplitud de la temperatura ambiente. Los reservorios de más de 30 metros de altura pueden variar anualmente en la mitad inferior en sólo 1C. En consecuencia, una muy moderada gradiente termal, con sus esfuerzos resultantes, deberá existir en aquella porción de la estructura después que el reservorio está lleno.

El grado de importancia sobre el agrietamiento en una estructura preparada con concreto CCR deberá basarse en función del impacto público que podría resultar si las grietas dan por resultado una pérdida significativa en las estructuras que controlan el agua.

6.- JUNTAS DE CONTRACCION

Una de las causas que han dado lugar a una falta de aceptación plena de las presas construídas a base de concretos CCR ha sido la resistencia de los proyectistas a desviarse del concepto tradicional de construcción por bloques.

El concepto de bloques monolíticos fue originalmente creado como un resultado de las limitaciones constructivas, más que de los aspectos del diseño que se refieren al control de grietas. El ACI en su recomendación 207.1R "**Mass Concrete**" indica que la construcción por bloques fue empleada en la construcción de algunas presas antes de 1900. Antes de 1930 existe muy pequeña información sobre el control del agrietamiento. En 1930 el Comité "**Mass Concrete**" del ACI fue organizado y se hicieron extensas investigaciones sobre el concreto para la presa Hoover en los Estados Unidos.

Independientemente de los intentos iniciales, la principal función de las juntas de construcción es mitigar los efectos del empotramiento en la cimentación y controlar el agrietamiento en la presa.

En el caso de las presas de concreto CCR, los principales aspectos relacionados con el agrietamiento son la apariencia, durabilidad, y control de la pérdida de agua. El espaciamiento de las juntas que se extienden en la altura total y espesor de la presa, como resultado de limitaciones de movimiento en la cimentación, está directamente relacionado a cambios en la temperatura, el lapso en el cual ello ocurre, la resistencia a la tensión del concreto en el momento en cuestión, y el coeficiente de esfuerzos del concreto en el lapso en cuestión.

Los cambios térmicos a través de una presa se complican por muchos factores, pero son principalmente afectados por la temperatura de colocación, calor de hidratación, condiciones ambientales, secuencia de construcción, y tamaño y perfil de la presa.

La velocidad de los cambios térmicos es significativamente mayor en la superficie. El agrietamiento superficial es generalmente causado por restricciones internas más que por restricciones en la cimentación y esto, por lo tanto, limita la altura.

Las restricciones en la cimentación pueden contribuir al agrietamiento superficial en la construcción de una presa sin juntas de contracción. Sin embargo, la propagación de las grietas superficiales contribuye a remediar la condición de restricción interna, requiriendo de esta manera una continua disminución en el volumen para futuras propagaciones.

En muchos casos, los cambios en el volumen crítico en la porción inferior de la estructura pueden ser prevenidos por colocación del concreto CCR en épocas de clima frío y por el empleo de concretos de baja generación de calor. Cuando la colocación es hecha en climas cálidos, como puede ocurrir en muchas partes del mundo, se requiere de medidas adicionales para prevenir el agrietamiento y, bajo esas condiciones, puede no ser prevenible el desarrollo de cambios de volumen críticos.

Las presas Alpe Gera y Quaira Della Miniera fueron construídas en Italia sin juntas de contracción formadas. La construcción difiere de la de los concretos CCR con juntas únicamente en el procedimiento empleado para compactar el concreto. El concreto fue transportado y depositado en camiones de volteo, esparcido con bulldozers, y compactado por medio de tractores que tenían montados vibradores internos. El concreto tenía una consistencia que correspondía a un bajo asentamiento.

Las juntas de contracción fueron hechas aproximadamente 12 horas después de la consolidación por medio de cuchillas montadas sobre un tractor. El mismo tipo de equipo ha sido empleado de manera similar para cortar juntas de contracción en la cimentación con concreto CCR de la presa Ohkawa en Japón, así como en otras presas japonesas. Juntas similares se han instalado en la presa Elk Creek, en los Estados Unidos, sin afectar el proceso de colocación.

Los estudios de la generación de calor y elevación de temperatura de la colocación masiva de los concretos CCR indica que la colocación secuencial de capas puede tener un efecto positivo sobre la reducción de las grietas debido a una distribución más consistente de la temperatura a través de la masa del concreto.

Dependiendo del entorno, la velocidad promedio de colocación puede tener un efecto más significativo sobre la elevación máxima de temperatura que la altura de las capas.

En resumen, puede afirmarse que, con excepción de las presas Elk Creep y las presas construídas en el Japón con concreto CCR, las juntas de contracción han sido eliminadas o reducidas en forma significativa de la mayoría de las presas con concreto CCR construídas o planificadas en esta época. La necesidad de juntas de contracción se reduce si se anticipa bajos cambios de volumen, como ya se ha indicado. En Japón, donde se utiliza este tipo de juntas, ellas son espaciadas a intervalos de 15 mts.

7.- GALERIAS Y SOCAVONES

Las galerías y socavones sirven a los mismos propósitos en las presas en base a los concretos CCR que aquellas construídas con concretos convencionales.

Por ejemplo, una galería de cimentación simple deberá servir como acceso al interior de la presa para inspección, como colector de desagües, como acceso para instrumentación y/o equipamiento, y como un punto terminal para los huecos de drenaje perforados desde la coronación hasta la cimentación. Los requerimientos de diseño de las galerías y socavones preparados con concretos CCR son compatibles con aquellos que corresponden a las presas de concreto convencionales.

Las galerías proporcionan el único acceso inmediato al interior durante las operaciones de inspección, para seguridad, y para limpiar o recubrir los drenes por razones de estabilidad y diseño. Ello es importante si se tiene en consideración que los costos asociados con fallas o con el logro de estabilidad adicional pueden sobrepasar a los costos de construcción.

La experiencia ha indicado aproximadamente un 15% menos de productividad para aquellas capas de concretos CCR que cruzan las galerías. Ello puede crear un vacío el cual como única **"ventaja"** puede significar áreas de alta concentración de esfuerzos y agrietamiento. El diseñador de las presas con concreto CCR deberá sopesar las ventajas y desventajas de las galerías y la extensión de las mismas y sopesar otras opciones.

8.- CONTROL DE LAS FILTRACIONES

Las filtraciones en el interior y a través de las presas de concreto, generalmente un evento inevitable, son fuente de gran preocupación para los diseñadores. Bajo condiciones especiales, tales como la presencia de aguas ácidas, las filtraciones pueden causar un inaceptable lavado del material cementante, con el consiguiente deterioro y la eventual reducción de la estabilidad. Las filtraciones también pueden originar subpresiones indeseables dentro de la presa si el drenaje no es el adecuado.

Los métodos de control de las filtraciones, ninguno de los cuales garantiza una total eliminación de las mismas, incluyen:

- a) Recubrir la cara aguas arriba de la presa con una membrana impermeable;
- b) Emplear un concreto convencional como material de revestimiento y continuarlo a través de las juntas de las capas de concreto CCR;
- c) Emplear una mezcla ligante especial o un procedimiento de preparación de las juntas entre las capas en la porción cercana a la cara aguas arriba de la presa.
- d) Colocar drenes verticales internos cerca de la cara aguas arriba de la presa, los cuales vayan desde la coronación hasta las galerías de la cimentación.
- e) Emplear un mortero ligante sobre la totalidad de la superficie de la capa.
- f) Emplear una mezcla de concreto CCR, con un alto contenido de pasta, al empezar la capa.
- g) Colocar registros especiales en la superficie de las capas.

Membranas elastoméricas impermeables se han aplicado a la cara aguas arriba de las presas Winchester y Galesville, en los Estados Unidos. En la presa Galesville, el relativamente delgado material elastomérico fue rociado, en forma de spray, sobre la cara expuesta aguas arriba. Este material fue incapaz de controlar las grietas que cruzan y su efectividad total fue muy pobre. El tratamiento consistió en limpieza de la superficie con chorro de agua para, a continuación, emplear equipo estándar de rociado, aplicando primero una capa y luego dos capas de revestimiento.

Otros inconvenientes incluyen la separación entre capas resultante de la alta presión de poros interna o procesos de congelación, daños de elementos flotantes, y vandalismo.

La colocación de una zona de concreto convencional para proporcionar impermeabilidad en la cara aguas arriba ha tenido algún éxito. La tendencia al agrietamiento por contracción o caídas de temperatura mostró a esta capa como una barrera impermeabilizante inefectiva en la presa Galesville.

En la presa Middle Fork, la colocación aguas arriba de una cara vertical de concreto convencional con aire incorporado de 30 cms de espesor, en el cual se empleó agregado que cumple los requisitos de la Norma ASTM C 33, puede considerarse una buena barrera contra las filtraciones. Esta estructura tuvo juntas de contracción verticales espaciadas a 4.5 mts con juntas impermeables, las cuales solamente parcialmente exitosas.

Las caras a base e encofrados deslizantes de la presa Upper Sillwater no han requerido comportarse como barrera contra el paso del agua. El concreto CCR de la cara aguas arriba contenía un material cementante compuesto de un alto contenido de cemento más material puzolánico. Un concreto ligante de 1.8 mts de ancho y una a dos pulgadas de espesor fue colocado adyacente a la mezcla de la cara en la presa Middle Fork.

Debe indicarse que el agrietamiento de la cara aguas arriba deberá reducir la efectividad del control de las filtraciones. Para que la mezcla ligante sea efectiva, ella deberá extenderse más allá de la profundidad de tales grietas.

La filtración interna generalmente es contenida por huecos verticales localizados cerca de la cara aguas arriba, formados ya sea durante la construcción o taladrados durante o después de ella. En la presa Galesville, huecos de tres pulgadas de diámetro separados a 1.5 metros fueron perforados a través de las galerías hasta la cimentación a alturas variables. Este sistema de drenaje condujo las aguas hasta las galerías de la cimentación en las que el flujo continuó por gravedad aguas abajo a través de las galerías.

Finalmente debe indicarse que si no hay un control interno de las filtraciones, la subpresión puede presentarse con el tiempo, reduciendo la presión vertical necesaria por razones de estabilidad, como ya anteriormente se ha indicado.

9.- INSTRUMENTACION

El instrumental debe ser instalado en lugares seleccionados a través del conjunto de la presa y la cimentación, de manera tal que puedan monitorear el conjunto del comportamiento de la presa durante la construcción y las operaciones posteriores.

De importancia prioritaria es la obtención de información mediante la cual la seguridad estructural pueda ser determinada y garantizada. No menos importante es el empleo de la información obtenida para proporcionar mejores criterios para el diseño de futuras presas construídas con concretos CCR. Este segundo empleo de la información es más importante conforme las presas son más altas y largas.

La cantidad, tipo y ubicación de los instrumentos instalados durante la construcción de las presas en las que se ha empleado concretos CCR estará relacionado con su facilidad y rapidez de colocación, así como con su incremento en los costos de construcción.

Así, el diseñador con un claro entendimiento de los propósitos del proyecto, podrá diseñar un paquete instrumental de poco costo y adecuado servicio, el cual le proporcione en forma inmediata y permanente información sobre el comportamiento de la cimentación y la presa.

La instrumentación empleada en las presas CCR es similar a aquella empleada en las presas convencionales de gravedad de concreto, la cual está descrita en la recomendación ACI 207.1R "**Mass Concrete**".

Los instrumentos embebidos pueden ser empleados para determinar temperatura, esfuerzos, deformaciones, presión hidrostática en los poros, y para medir grietas. Ellos pueden ser del tipo de alambre elástico Carlson o del tipo de alambre vibrante, requiriendo ambos circuitos eléctricos. Termocuplas instaladas en la masa del concreto durante la construcción, en zonas adecuadamente elegidas, deberán proporcionar información continua durante y después de la construcción. Puede instalarse, igualmente, instrumental adecuado para medida directa de las deflexiones estructurales en el largo plazo.

Los procedimientos externos para información determinada involucran métodos tales que puedan ser efectuados por medición electrónica a distancia. Por lectura e interpretación de la información recaudada a lo largo de la coronación de la presa inmediatamente después de la construcción y frecuentemente en los primeros cinco años de operación del reservorio, se

puede organizar una historia de la interacción entre la presa, la cimentación, y el reservorio en relación con posibles asentamientos.

Igualmente, se pueden desarrollar proyectos de triangulación para conocer la deformación total tridimensional de la presa y la influencia que sobre ello tienen el reservorio, la temperatura, y la cimentación.

A fin de determinar una base de datos para el comportamiento de la cimentación en condiciones de carga y descarga, se puede instalar instrumentos para medir las deformaciones de la cimentación, los cuales deberán ser colocados en posición inmediatamente antes que la construcción se inicie.

Contadores vertedores adecuadamente colocados en las galerías de la cimentación deberán proporcionar información sobre el volumen de descarga y los cambios en la magnitud de flujo. Un flujo anormal puede indicar serias condiciones en la presa o en la cimentación. La presencia de sedimento puede indicar erosión de material en la presa o la cimentación. Análisis químicos periódicos del agua desaguada deberán indicar disolución de materiales. Las subpresiones en la cimentación deberán ser medidas por el diseñador empleando deformómetros. La colocación de los cables eléctricos embebidos puede efectuarse durante la construcción excavando pequeñas trincheras cuando el concreto aún está fresco. o perforando agujeros después que el concreto ha endurecido.

Tal como se procede en forma regular para las presas de concreto convencionales, el instrumental asociado con presas de concretos CCR deberá ser mantenido y leído en los intervalos prescritos por un período de tiempo lo suficientemente extenso después de la construcción como para tener un registro

histórico del comportamiento estructural.

La recopilación de la información y su ploteo en forma de mediciones versus tiempo deberá permitir conocer rápidamente si el comportamiento es adecuado o si se presentan tendencias que hacen recomendable un monitoreo más cuidadoso.

Desviaciones de los valores de las curvas de ploteo cíclicas anuales deberán requerir atención inmediata para determinar si las lecturas han sido correctamente efectuadas, si el instrumental necesita mantenimiento, o si se ha presentado una anomalía estructural que requiere la toma de acciones inmediatas. Es siempre recomendable que el propietario de la presa cuente con información sobre las lecturas máximas y mínimas que pueden ser esperadas para cada instrumento.

10.- CIMENTACION

El diseño estructural de las presas CCR, como en el caso de las presas convencionales, incluye la correcta interpretación de la geología en la medida que ella puede afectar la estabilidad y deformación de las rocas de cimentación.

Las presas de concreto CCR son estructuras tridimensionales capaces de responder a los esfuerzos y debilidades de la cimentación. En consecuencia, un análisis de estabilidad y filtraciones bi-dimensional puede no definir en forma totalmente segura la resistencia total a las cargas aplicadas.

Si se efectúa únicamente un análisis bidimensional, deformaciones en la cimentación significativamente diferentes, por variaciones en el módulo de elasticidad, pueden dar lugar a que porciones de la presa y/o cimentación estén severamente sobrecargadas. Esto puede ser o no aceptable o deseable.

Cada proyecto deberá ser evaluado sobre bases especificadas para un lugar determinado. Irregularidades en el perfil de la cimentación deberán ser analizadas a fin de determinar la posibilidad de transferencia de cargas de las áreas depresivas a las áreas intrusivas, a fin de verificar variaciones en los esfuerzos y deflecciones no computadas en un análisis bidimensional. Tales variaciones son propias de un lugar determinado y pueden o no ser significativas.

El tratamiento con lechada de las cimentaciones deberá ser desarrollado sobre la base de las necesidades específicas de cada proyecto. Cuando es necesario un programa completo de enlechado, el normalmente deberá consistir de enlechado de consolidación a través del área de contacto de la excavación en una profundidad de alrededor de 9 metros, a fin de mitigar las deformaciones diferenciales de la cimentación que han sido determinadas del análisis geológico, y la altura del enlechado cerca de la cara aguas arriba para reducir las filtraciones.

Se puede colocar cortinas de enlechado a partir de las galerías de la cimentación, después que la estructura ha alcanzado una elevación tal que tiene el peso suficiente para prevenir movimientos aguas arriba del concreto.

También puede efectuarse enlechado empleando taladros perforados en ángulo desde la cara aguas arriba, en tanto que la colocación del concreto CCR continúa en la parte superior. Este tipo de trabajo ha probado ser conveniente,

efectivo, y con ahorro de tiempo en proyectos de concreto CCR. Este procedimiento puede ser también empleado para obtener una segunda cortina sobre cimentaciones muy permeables.

Si es necesario para la estabilidad o para control de las filtraciones, pueden perforarse huecos de drenaje a través de la cortina de enlechado. Típicamente, ellos son espaciados 3 mts centro a centro y taladrados desde las galerías o la cara aguas abajo después que se ha completado el enlechado de la cimentación. La altura puede variar del 20% al 40% de la altura del reservorio. En todos los casos, el espaciamiento, altura, y orientación dependen de las condiciones del sitio. En muchas circunstancias, la reducción en la presión por subpresión alcanzada por la presencia de los drenes permite una considerable reducción en la masa necesaria por estabilidad y un ahorro significativo en los costos.

Un tratamiento de la cimentación consistente de colocación de concreto convencional puede requerirse si en la excavación final se encuentran fallas, diques, o rocas de calidad inferior a la esperada, extendiéndose en alturas tales que es impracticable remover las áreas enteramente.

En muchos proyectos se ha encontrado que el empleo del concreto CCR es deseable en áreas en que él puede ser colocado y compactado, con concreto dentado mantenido en un mínimo. Otra alternativa ha sido emplear concreto dentado y concreto masivo de relleno hasta crear una zona nivelada a partir de la cual se comienza a colocar el concreto CCR.

11.- ALIVIADEROS

La práctica en muchas presas preparadas con concreto CCR ha sido diseñar un aliviadero alineado con el lecho de la corriente. Se puede adicionar compuertas para controlar el sobreflujo, aunque en la mayoría de los casos éstas no son empleadas.

En aquellos casos en que la elevación del reservorio excede a la coronación del aliviadero, la descarga del flujo caerá hacia abajo por la cara de la presa. La velocidad de caída puede ser controlada por incremento de la longitud de la coronación y reducción de la altura de agua sobre ésta. Las soluciones incluyen un incremento de la rugosidad natural para disipar la energía.

La cara aguas abajo, ya sea acabada o no, depende del uso y las necesidades del diseño. Las caras formadas pueden consistir de formas de concreto convencional, de 30 a 60 cms de altura, que son diseñadas para disipar el flujo en forma progresiva y proporcionar resistencia a la erosión. Otro procedimiento, empleado por los japoneses, consiste en el diseño de aliviaderos suaves y de poca pendiente, los cuales descargan en depósitos.

Las caras no acabadas tienen la apariencia de la textura rugosa que corresponde al concreto CCR colocado. La coronación puede ser adecuadamente perfilada con concreto convencional o torcreto después que el concreto CCR ha sido colocado. El concreto CCR suelto o no compactado es removido para obtener una superficie suave.

Otro concepto que puede ser empleado consiste en combinar en una torre de doble cámara, colocada contra la cara aguas abajo, el aliviadero principal y las obras complementarias. Esta torre está conectada mediante un conducto en trinchera de máxima sección a las estructuras de control. El conducto es construído antes que el concreto CCR sea colocado a fin de evitar interferencias en el proceso constructivo.

12.- ESTRUCTURAS DE DESCARGA

La práctica usual en la colocación de las estructuras de descarga en el diseño de los concretos CCR es localizar en, o a lo largo, de la cimentación en roca a fin de minimizar las demoras en la colocación del concreto CCR.

Los conductos generalmente son construídos de concreto convencional antes de iniciar la colocación del concreto CCR. La ubicación de las estructuras de toma aguas arriba de la presa y casa de control, y del dissipador de energía aguas abajo del pie de la presa, igualmente minimizan las interferencias con la colocación de los concretos CCR.

CAPITULO 9

ENSAYOS DE LABORATORIO Y CONTROL EN OBRA

1.- GENERALIDADES

Las características de los concretos CCR dependen de su composición, de su adecuabilidad para su colocación en el estado fresco, de su comportamiento reológico, así como de la historia y metodología de los ensayos. Los concretos CCR construidos son, en algunos casos, sustancialmente diferentes, pero presentan un alto nivel de similitud en términos de su reología y sus características físicas, mecánicas y térmicas.

Debido al rápido proceso de colocación típico de las construcciones con concretos CCR, así como al hecho que las capas de concreto CCR compactado pueden ser cubiertas con nuevas capas dentro de las pocas horas siguientes, los resultados de los cilindros de ensayo proporcionan datos históricos útiles, pero no son un método efectivo para el proceso de control de la calidad durante el proceso constructivo.

El énfasis en las construcciones con concretos CCR deberá estar en un adecuado control de los materiales empleados, el proceso de mezclado, y condiciones de colocación, en tanto que el trabajo está siendo ejecutado.

La calidad de la colocación depende de un adecuado control de las variables que influyen en ella. Si los agregados son los especificados, tanto en lo que se refiere a origen, granulometría y calidad; si el material cementante cumple con los requisitos de las especificaciones; si el proporcionamiento, dosificación y mezclado, así como el proceso de transporte son los especificados; si el contenido de agua es controlado dentro de los límites especificados; si el esparcimiento y la compactación cumplen con los requisitos de la norma; y se emplea un método de curado adecuado, el concreto CCR deberá ser aceptable.

Para todos los tipos de concretos CCR es importante que personal calificado esté en contacto permanente con la planta de mezclado, a fin de mantener el contenido de agua en el nivel óptimo necesario por compactación.

Las medidas de control que deberán ser ejecutadas en una construcción con concreto CCR dependen esencialmente del material. Si la mezcla fue diseñada para requerimientos de resistencia y consistencia, deberán efectuarse medidas de la consistencia a fin de mantenerla dentro del rango deseado y para efectuar los ajustes en base a las observaciones del inspector y del personal que coloca el material.

Para los concretos CCR los ajustes en la dosificación del agua deben ser hechos antes de la colocación, cuando la consistencia se aproxima a su límite de control. Se puede emplear los medidores nucleares de densidad para determinar in-situ tanto la densidad como el contenido de humedad.

Si la densidad es baja y la mezcla está todavía fresca, se puede aplicar rodillado adicional. Si la mezcla ha comenzado a fraguar o está demasiado consistente para poder ser densificada por rodillado, el material deberá ser

removido. El material no aceptable deberá ser removido antes que alcance demasiada resistencia y el costo de la operación sea elevado.

Durante la construcción de una presa con concreto CCR, tanto la inspección como el diseñador deberán evitar que material indeseable sea ocasionalmente colocado. El personal de obra no deberá sobrestimar los casos aislados de material inconveniente los cuales no comprometerían el comportamiento general de la estructura.

Las áreas críticas deberán ser identificadas y darseles mayor atención a fin de evitar la colocación de material inadecuado. Deberá darse más énfasis a la condición total que sobre enfatizar los resultados de los ensayos individuales.

La capacitación del personal en todos los niveles es un requisito indispensable para el éxito de la construcción de elementos estructurales empleando concretos CCR. Dentro de este rubro el entrenamiento del personal encargado del control es de especial importancia.

2.- ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL

Como un aspecto en la obtención de una garantía de calidad y en la formulación de un programa adecuado de control de calidad, deberá programarse sesiones de orientación y aprendizaje para el personal de supervisores, inspectores y operarios.

Las diferencias entre el concreto convencional, el concreto CCR y los terraplenes deberán ser claramente explicadas. Deberá analizarse aspectos claves tales como las limitaciones en el tiempo de mezclado, el proceso de esparcido de la mezcla, y los aspectos referidos a la compactación, así como aquellos relacionados a la segregación, integridad de las juntas, y curado.

La tendencia es a tratar las superficies de las capas como terraplenes compactados más que como concreto fresco. Debe enfatizarse que aunque los concretos CCR son mirados como rellenos de grava en su etapa inicial, ellos son concretos y deberán ser tratados en la misma forma que los concretos convencionales. Ello incluye curado, protección y cuidado de las superficies compactadas del concreto.

3.- GRANULOMETRIA Y AGREGADOS

En proyectos grandes, la alta velocidad de producción que puede ser obtenida con los concretos CCR requiere generalmente una gran reserva de agregado, fácilmente accesible, antes del inicio de la colocación.

Esta necesidad tiene una gran ventaja desde el punto de vista del control de la granulometría desde que, durante la producción del agregado, material ocasional que podría haber sido rechazado puede ser empleado. El material rechazable que se produce durante las operaciones de trituración y cernido, puede ser empleado en el piso de las áreas de almacenamiento en tanto que los ajustes necesarios son hechos en la planta de producción.

Cuando durante el proceso de producción se presenta temporalmente material que no cumple con las especificaciones, las grandes pilas de agregado permiten a menudo esparcir el material y obtener un material mezclado aceptable cuando es retirado de la pila. Ello permite un ajuste sistemático y gradual de las plantas que puede efectuarse sin interrupciones dramáticas en la producción. Los concretos CCR pueden ser menos sensibles a las variaciones en la granulometría que los concretos convencionales, dependiendo de la ubicación en que se emplea la mezcla y los requerimientos de diseño.

Si se produce material que está fuera de las especificaciones, las correcciones deberán ser iniciadas tan pronto como la causa es identificada, debiendo eliminarse el material que no puede ser salvado por mezclado o reprocesamiento.

Las grandes pilas de agregado tienen las ventajas adicionales de una mejor distribución de la humedad y la temperatura dentro de ellas lo cual, a su vez, permite un mejor control de la humedad. Esto es especialmente cierto si se emplea túneles de recuperación. Si el material es extraído de la superficie exterior de la pila, se puede requerir más atención para controlar la variabilidad en la granulometría, tal como se indica en la recomendación ACI 221R **"Guide for Use of Normal Weight Aggregates in Concrete"**

El contenido de humedad de las pilas de agregado, en el caso de agregados que tienen más del 1% de absorción, deberá ser mantenido en el más alto nivel posible. Un agregado no saturado puede incrementar la porosidad del concreto CCR al absorber agua del mínimo contenido de la pasta.

4.- PROPORCIONAMIENTO Y MEZCLADO

Tal como en el caso de los concretos convencionales, los equipos empleados para el proporcionamiento volumétrico o para la dosificación por peso de los concretos CCR, deberán ser cuidadosamente calibrados de acuerdo a los requerimientos del proyecto. Esta calibración deberá ser mantenida a todo lo largo del período de construcción.

La experiencia ha demostrado que la apariencia de los concretos CCR frescos, por si sola, no proporciona una indicación adecuada de la perfección con la que el material ha sido mezclado. Una mezcla con una apariencia homogénea puede no tener el cemento bien distribuido. Una mezcla virtualmente sin cemento puede ser manejada y aparecer con las mismas características que una mezcla pobre con cemento.

Son necesarios ensayos de eficiencia de la mezcladora a fin de establecer el tiempo mínimo de mezclado inicial, o tiempo de retención para continuar el mezclado, y la máxima carga de la mezcladora. La uniformidad de las mezclas de dos o más partes de la tanda al momento de la descarga deberá estar dentro de los límites de variabilidad de la Tabla 6.1 de la recomendación ACI 207.5R "**Roller Compacted Mass Concrete**". Durante la construcción deberán efectuarse verificaciones periódicas del tiempo de mezclado mediante ensayos complementarios.

Deberá igualmente analizarse los beneficios del remezclado o de una segregación dañina que puedan ocurrir en los procesos de entrega y esparcido del concreto CCR. Una aproximación que toma en consideración los efectos del mezclado y manejo involucra la toma de muestras al azar durante el proceso de

colocación. Este procedimiento combina la comprobación de la variación en la tanda con la variación entre tandas.

En este procedimiento de aproximación modificada, una mezcla de concreto CCR es tomada del área de colocación inmediatamente después del esparido pero antes del rodillado. Este proceso se ejecuta en el primer, central y último tercio de la producción de la jornada.

Los modernos laboratorios equipados con microndas y analizadores de calcio permiten obtener resultados en pocas horas. Las muestras son ensayadas por peso unitario, cantidad de agregado grueso, humedad, contenido de aire, peso unitario del mortero libre de aire, y contenido de cemento. Comparando los resultados de las tres muestras (inicial, central y final), la variabilidad de la mezcla puede ser establecida el mismo día del ensayo.

Al inicio de la producción de un nuevo proyecto con concretos CCR, se deberá requerir un tiempo de mezclado de suficiente duración, a fin de garantizar un cuidadoso mezclado hasta que se disponga de los resultados de los ensayos. Este período puede ser lentamente disminuído hasta que los resultados de los ensayos muestren que podría presentarse una excesiva variabilidad en las mezclas con futuras reducciones en el tiempo de mezclado. El tiempo de mezclado establecido por los ensayos puede variar de planta a planta y de mezcla a mezcla.

5.- CONTROL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

El personal responsable de la colocación del concreto CCR o la Supervisión, deberán recomendar los ajustes necesarios en el agua de la mezcla por observación de la compactación durante la colocación.

Después que se ha seleccionado las proporciones de la mezcla, el contenido de humedad del agregado debe ser continuamente monitoreado y efectuados los ajustes en el peso de las tandas de los diversos materiales, de tal manera de mantener las proporciones de diseño del material saturado superficialmente seco.

Debe establecerse un sistema de comunicaciones radiales entre el lugar de la colocación y la planta de mezclado, a fin de proporcionar permanentemente información para un control de la humedad continuo e inmediato. La planta deberá mantener un registro de todos los ajustes de agua y el contenido total de agua de la mezcla.

La observación visual de la compactación es confirmada por ensayos de humedad y densidad en obra, empleando los equipos adecuados. Estas indicaciones del contenido de humedad deberán ser correlacionadas con muestras de ensayo de comparación secadas al horno. En la presa Galesville se presento una diferencia del 2.5% entre la humedad determinada por mediciones nucleares y por secado al horno de las muestras. Sin embargo, es recomendable no establecer interrelaciones entre estos dos tipos diferentes de ensayos.

Es útil una carta de control que muestre el contenido de humedad de cada ensayo, la desviación estándar, el promedio, y el movimiento promedio de los últimos 50 años.

La humedad correcta de una mezcla puede variar día a día y dentro de cada día dependiendo de la temperatura, variaciones en la calidad y cantidad de los finos, tiempo de entrega, etc. En consecuencia, la humedad deberá ser tomada cuantas veces sea necesario. Cuando ello sea conveniente, deberán efectuarse ensayos del tiempo Vebe para controlar la consistencia de la mezcla.

6.- TRABAJABILIDAD Y CONSISTENCIA

Varios métodos se han desarrollado en un esfuerzo por medir la trabajabilidad y compactibilidad de los concretos CCR. Ninguno de ellos ha tenido éxito universal para todos los tipos de concretos CCR.

En general, la consistencia de las mezclas CCR tiene una variación en su rigidez que va desde los concretos convencionales con un asentamiento menor de una pulgada a las mezclas granulares que no presentan asentamiento aún cuando están sometidas a vibración. La vibración ha sido empleada en todos los métodos de medición de la consistencia en los concretos CCR.

Los experimentos iniciales fueron desarrollados por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos y la Autoridad del Valle de Tennessee. Estudios adicionales han sido desarrollados por Dunstan que denominó "**Método Cannon**" al procedimiento de la TVA.

El procedimiento del Cuerpo de Ingenieros emplea el aparato estándar de ensayos Vebe con y sin modificaciones de la sobrecarga. El procedimiento de la TVA emplea un recipiente de peso unitario estándar y una tabla vibradora. Igualmente, la TVA efectúa ensayos con y sin peso de sobrecarga.

Por medición de la densidad compactada de los especímenes de ensayo, la TVA encuentra que la máxima densidad compactada resultante de una vibración prolongada es aproximadamente el 98% de la densidad teórica de la mezcla libre de aire.

En general, el tiempo de vibración de un concreto CCR totalmente consolidado, con una densidad del 98% libre de aire, disminuye con incrementos en la sobrecarga. La efectividad de ésta está limitada por el efecto del peso total de la sobrecarga y el aparato sobre la capacidad vibratoria de la tabla.

La TVA concluye que las mezclas que alcanzan 98% de densidad libre de aire con un tiempo de vibración de 15 a 30 segundos sin sobrecarga, son óptimas para los requerimientos exigidos. La sobrecarga principalmente afecta el tiempo de vibración de las mezclas más rígidas que aquellas empleadas por la TVA. Otros investigadores han encontrado que la sobrecarga puede ser necesaria.

El límite superior de las mediciones de consistencia con el equipo estándar Vebe dado en la Tabla 2.3.1(a) de la recomendación ACI 211.3 **"Standard Practice for Selecting Proportions for No-Slump Concrete"** es 32 segundos. Dunstan ha demostrado que el Método Cannon y el Método Estándar Vebe tienen aproximadamente igual tiempo de vibración para mediciones de consistencia de 30 segundos. De los estudios se deduce que la

necesidad de modificaciones del método Vebe o el empleo de sobrecarga adicional se dan cuando la rigidez de la mezcla excede a un tiempo de vibración de 30 segundos. La TVA encontró que siempre que el tiempo de vibración excede de 60 segundos (con o sin sobrecarga) hay insuficiente pasta en la mezcla como para llenar todos los vacíos en la superficie.

De los estudios puede igualmente concluirse que la variabilidad de las mediciones de la consistencia y la densidad por compactación se incrementan directamente con la rigidez de la mezcla. Una mezcla con un tiempo de consolidación en exceso de 45 segundos deberá probablemente experimentar períodos de consistencia no mensurable, independientemente del procedimiento de medida. Por ello, éste parece ser un límite razonable de empleo de mediciones de la consistencia para el control de la colocación de los concretos CCR.

El método japonés RCD emplea dos diferentes tamaños de recipientes para tamaños máximos de agregado iguales o menores que 1.5" y mayores que éste. Los tamaños mayores emplean mayor impulso vibratorio para compensar el efecto del tamaño de los recipientes mayores. El tiempo de vibración apropiado para los tamaños menores parece ser de 20 segundos, en tanto que parece ser de 60 segundos para los tamaños mayores.

La consolidación es definida como la reducción de los vacíos de aire atrapado dentro de la masa por reacomodo de las partículas de agregado. La compactación reduce el volumen de aire atrapado al forzar las partículas de agregado en un volumen menor. La magnitud en que esto se logra depende de la lubricación de las partículas de agregado por la pasta que las rodea y el efecto combinado de los esfuerzos de vibración y compactación. Si el volumen de la pasta es inadecuado o la pasta es demasiado fluída, habrá una inadecuada lubricación de las partículas para los movimientos laterales y la

consolidación será más difícil.

Deberá haber muy pequeños, si los hay, cambios discernibles en la superficie compactada de los concretos CCR los cuales permitan concluir que la compactación total se ha logrado. Cuando el contenido de pasta es adecuado para proporcionar una consistencia mensurable, la pasta deberá elevarse a la superficie y llenar los vacíos entre agregados. El tiempo requerido para que ésto se logre es una indicación de la trabajabilidad de la mezcla.

7.- RESISTENCIA

Los especímenes de ensayos de compresión de mezclas que tienen una consistencia mensurable por el tiempo de vibración deberán consolidar totalmente bajo vibración aplicada externamente. La consolidación total se alcanza cuando la pasta se eleva a la superficie. La sobrevibración no es un problema debido al muy bajo contenido de aire atrapado en mezclas de esta rigidez.

Los cilindros deberán requerir mayores períodos de vibración que las mediciones de consistencia debido a la diferencia en el perfil de los recipientes. Un sobrepeso puede ser necesario para mezclas que requieren más de 30 segundos de vibración para consolidarse por el equipo estándar Vebe. Los especímenes moldeados de esta manera tienen una excelente correlación con testigos cuando son ensayados a la misma edad.

Los especímenes de ensayo de mezclas de consistencia no mensurable no deberán ser consolidados por vibración externa y deberán ser moldeados por algún otro procedimiento. En la presa Willow Creek, los especímenes varillados de mezclas pobres fueron consistentemente más altos en resistencia que los especímenes vibrados. Con la excepción del concreto aguas arriba, los testigos de un año correlacionaban razonablemente bien con los especímenes de ensayo de 9" x 18". Los testigos de mezclas ricas igualmente correlacionaban bien con los especímenes de 6" x 12" moldeados en el equipo Vebe.

La clave para preparar especímenes de ensayo de mezclas de consistencia no mensurable con concretos CCR parece ser el correlacionar el esfuerzo de compactación al varillar los cilindros con el esfuerzo de compactación de la colocación en obra.

La resistencia en tensión, en forma similar a la resistencia de los concretos convencionales, es alrededor del 10% al 15% de la resistencia en compresión.

8.- PROPIEDADES ELASTICAS

El módulo de elasticidad de los concretos CCR en las edades iniciales es menor que el de los concretos convencionales, siendo similar en las edades posteriores. La deformación es similar. El escurrimiento plástico es similar al de los concretos convencionales. El calor de hidratación depende del tipo y cantidad de ligante. Las características térmicas son similares. La permeabilidad de los concretos CCR de la primera generación es mayor que su

contraparte convencionales, pero es similar en los concretos de la segunda generación. Con referencia a este último aspecto hay que recordar el papel especial desempeñado por los finos.

9.- DENSIDAD

Debido a las limitaciones de alguna técnicas y equipos de laboratorio, la densidad y la resistencia en compresión de cilindros preparados en el laboratorio pueden no ser representativas de la calidad alcanzada en obra.

Si las limitaciones indicadas no son reconocidas, ello puede dar por resultado un empleo innecesario de cemento o puzolana, o especificaciones del agregado más restrictivas que las requeridas, o sobrediseño. Durante el proceso constructivo deberán efectuarse comparaciones para efectuar ajustes en los procedimientos de laboratorio a fin de simular la compactación de obra y alcanzar calidades similares.

La baja densidad puede ser el resultado de varias deficiencias, incluyendo alto o bajo contenido de humedad, rodillado insuficiente, amplitud o frecuencia vibratorias inapropiadas para el material, demoras antes del rodillado, graduación pobre, segregación, y ensayos no representativos. Las deficiencias deberán ser rápidamente identificadas y corregidas.

Dos aproximaciones al control de calidad de la densidad de los concretos CCR son por métodos y por rendimiento. Para controles de rutina durante la construcción, especificar un método de esparcimiento y un número

mínimo de pases con el equipo de rodillado requerido ha sido un procedimiento exitoso.

Especificar rendimiento con una densidad mínima y una densidad promedio requerida, independientemente del número de pases, es una aproximación alternativa que requiere de un mayor número de testigos pero que proporciona un mejor control de la colocación.

Los ensayos de densidad deberán ser realizados para verificar que el procedimiento especificado proporciona en forma rutinaria la densidad requerida y puede ser utilizado como una base de trabajo para obtener la cobertura necesaria en cada capa.

Como en el caso de la humedad deberá mantenerse una carta que muestre el número de ensayos realizados cada día, la desviación estándar, la densidad promedio del día, y la variación promedio de los últimos 50 ensayos.

Hay algunas conclusiones importantes que deben ser tenidas en consideración en relación con la densidad, las cuales son fundamentalmente el resultado de la experiencia brasileña. Ellas estas referidas a las características de los concretos CCR y su comparación con los denominados concretos convencionales. Ellas son:

- a) La densidad de los concretos CCR es mayor que la de los concretos convencionales bajo condiciones similares.
- b) El coeficiente de eficiencia en una edad determinada, definido por

la resistencia en compresión entre el contenido de ligante, es mayor en edades más avanzadas en los concretos CCR que en los concretos convencionales

10.- COLOCACION Y UNION DE JUNTAS

Un elemento importante del control de calidad de los concretos CCR es el monitoreo visual de las operación de entrega, volteo y esparcido. La segregación, contaminación, y tiempo de operación deberán ser cuidadosamente monitoreados y los procedimientos deberan ser inmediatamente corregidos cuando se aprecie que son deficientes.

El proceso de control incluye prevenir la contaminación de la superficie de las capas por el equipo de transporte, prevenir la destrucción por secado de la superficie compactada, evitar la segregación y monitorear la madurez de las juntas en grados-hora.

Para asegurar una unión adecuada, las juntas o capas sobre las cuales el concreto fresco CCR es colocado deberán estar limpias y húmedas. Cuando se desarrolla una superficie seca o dañada, o si se excede su madurez específica, el tratamiento de la junta es necesario antes de colocar la nueva capa. Esto puede incluir limpieza de la superficie con chorro de aire y proporcionar una mezcla ligante.

11.- FRECUENCIA DE LOS ENSAYOS

A continuación se dan algunos valores referidos a la frecuencia de los ensayos en obra. Los mismos son valores promedio de distintas presas preparadas con concretos CCR.

- .- Granulometría, gravedad específica, densidad, peso seco varillado:..... De preferencia diariamente, o cada 2,300 m³ colocados cada semana.

- .- Cemento Variado

- .- Densidad Mínimo cada 764 m³.

- .- Humedad Mínimo cada 764 m³ colocados.

- .- Temperatura Dos veces por turno.

- .- Ensayo de consistencia Tres veces por turno.

- .- Cilindros para ensayos de compresión
a 28, 90 y 360 días Uno por tanda.

12.- CONTROL DE LA GRADIENTE Y ALINEAMIENTO

El equipo de compactación empleado en el proceso de construcción los concretos CCR es típicamente insensible a menores o graduales variaciones en el espesor de las capas. Una tolerancia de cerca de más o menos 15% en el espesor de las capas es razonable, con un límite máximo de más-menos 7.5 cms en una capa de 45 cms.

Estos límites son fácilmente alcanzados empleando un nivel laser estándar del modelo de viga rotatoria. Se puede lograr un control más seguro empleando equipo controlado por laser.

Cuando una capa de concreto CCR es esparcida sobre un área de cimentación, la capa deberá ser terminada antes que ella sea demasiado delgada (aproximadamente el doble del tamaño máximo del agregado).

El control del alineamiento puede efectuarse mediante laser o empleando los procedimientos convencionales, dependiendo que es aquello que se requiere considerando tanto la apariencia como el acabado de la estructura y los requerimientos técnicos.

Las esquinas de las caras de los taludes no formadas deberán merecer especial atención. Un procedimiento ha sido sobrepasar cada capa mas allá de la línea de diseño y entonces pintar una línea en la coronación de la capa en la ubicación donde la subsecuente capa termina a fin de que actúe como una guía.

Es extremadamente difícil construir una área pobre si el ancho de una capa no es esparcido y compactado fuera de la línea de diseño. Sin embargo, puede ser fácil aumentar la construcción y desperdiciar una cantidad sustancial de concreto CCR.

CAPITULO 10

PAVIMENTOS COMPACTADOS POR RODILLADO

1.- ALCANCE

En este Capítulo se presentará, en forma sintética, el desarrollo de la tecnología del concreto compactado por rodillado (CCR) en su aplicación en pavimentos, incidiendo en las principales conclusiones a las que se ha llegado, de acuerdo a la experiencia internacional.

En nuestro país el concreto compactado por rodillado aún no ha sido experimentado a nivel de trabajos de obra, pero el conocimiento de la tecnología permitirá su pronto empleo en pavimentos.

En la actualidad, en otros países, los concretos CCR son de amplio empleo en diversos tipos de obras de pavimentación, utilizándose en pavimentos de ruta y urbanos, ensanche de calzadas, playas de estacionamiento, capa de rodamiento, base de pistas, y para parchado y reconstrucción de pavimentos de concreto.

Los concretos CCR en pavimentos tienen como antecedente los primeros pavimentos de concreto, construídos en Escocia en 1855, los cuales fueron compactados empleando rodillo, dado que en esa época se desconocía la tecnología de compactación por vibración. La compactación empleando rodillos fue abandonada al no conseguirse con los equipos de esa época la calidad lograda con los vibradores.

Sin embargo, la compactación empleando rodillos continuó empleandose en bases estabilizadas con cemento, contribuyendo las mejoras logradas en esa área al posterior desarrollo de los pavimentos con concreto CCR en su actual versión.

Tecnología similar a la de los concretos CCR se ha venido utilizando durante muchos años en la ejecución de bases para pavimentos. El empleo del CCR para pavimentos evoluciona a partir de la utilización de formas de suelo-cemento y de bases tratadas con cemento (BTC). La diferencia más importante entre éstas y los pavimentos construídos con concretos CCR es que éste está diseñado para ser un verdadero pavimento de concreto de cemento portland con resistencia estructural comparable a la del concreto convencional.

El concreto CCR ha recibido, en el caso de pavimentos, mucha atención en los últimos años debido a que ha demostrado ser un material durable, con capacidad de soportar cargas pesadas, y con un costo aproximadamente menor en un 20% a 25% que el de los pavimentos de concreto convencionales. Adicionalmente tiene resistencia a la abrasión, tolerancia en la nivelación, menor agrietamiento, y buena durabilidad en su exposición a climas severos.

Los primeros trabajos de concretos CCR se dan en España en la década de los 70 cuando se les emplea en pavimentos rurales y urbanos en zonas de

poco volumen de tránsito. Posteriormente han sido empleados en Canadá en pavimentos de tránsito muy pesado, y en Francia, Estados Unidos, Noruega, Suecia, Finlandia, Dinamarca, Japón, Alemania y Argentina. En México, Chile y Uruguay se les ha empleado en menor medida, y en el Perú en un pequeño tramo con carácter experimental.

2.- MATERIALES

2.1.- CEMENTOS

En la preparación de los concretos CCR para pavimentos puede emplearse cementos portland normales de la Clasificación ASTM C 150. Sin embargo son aconsejables los cementos puzolánicos que cumplan con los requisitos de la Norma ASTM C 515 dado que con ellos se logra, entre otros aspectos, una demora en el tiempo de fraguado la cual permite una mayor tiempo para la colocación y rodillado.

2.2.- AGREGADOS

Los agregados deben cumplir con los requisitos de la Norma ASTM C 33

2.3.- AGUA

El agua debe cumplir con los requisitos que para las aguas potables establece la Oficina Panamericana de la Salud.

2.4.- ADITIVOS

Puede emplearse aditivos incorporadores de aire en zonas en las que puede presentarse, en cualquier época del año, temperaturas bajo cero grados; y aditivos del tipo de retardadores de fragua, a fin de regular el tiempo de fraguado. La incorporación del aditivo se hará junto con el agua a su ingreso a la mezcladora.

3.- DOSIFICACION

Se tendrán en consideración, además de aquellas que normalmente se siguen en la selección de las proporciones de la mezcla, las siguientes recomendaciones:

- a) La participación del cemento en el peso total de la mezcla, por unidad cubica de concreto, estará entre el 12% y 14%.

- b) El tamaño máximo del agregado grueso no debe ser mayor de

20mm, y de ser posible de 16 mm, a fin de evitar riesgos de segregación y obtener una mejor calidad superficial.

- c) El contenido de material muy fino en el agregado no debe ser mayor del 10% y de preferencia mantenerse en el 5%, a fin de evitar problemas en la compactación.
- d) El agregado debe ser duro, ya sea de cantera o río, con características similares a las de los pavimentos asfálticos.
- e) El porcentaje en que intervienen los agregados fino y grueso se determinará por los procedimientos usuales de diseño de mezclas, en función de su composición granulométrica.
- f) El porcentaje óptimo de agua deberá oscilar entre el 4% y 5% del peso total de los materiales secos, con lo cual la relación agua-cemento estará en límites muy bajos, del orden del 0.35 á 0.40, a fin de posibilitar su compactación por rodillado.
- g) Deberá recordarse que los concretos CCR para pavimentos son muy sensibles a las variaciones del contenido de agua, aumentando el riesgo de segregación si ella falta y dificultándose el aprovechamiento total de la energía de compactación si hay un exceso.

4.- PUESTA EN OBRA

4.1.- PREPARACION DE LA MEZCLA

La preparación de la mezcla a ser utilizada en los concretos CCR para pavimentos puede efectuarse utilizando las concreteras que se emplean en las obras para la preparación del concreto convencional, con la única consideración que se requiere un mayor tiempo de mezclado, debido al bajo contenido de agua de la mezcla y la necesidad de trabajar con mezclas de consistencia seca que corresponde a un asentamiento cero.

Tratándose de producciones en grandes volúmenes es conveniente utilizar las plantas de producción continua. Las plantas de concreto premezclado igualmente pueden ser utilizadas por su facilidad para cumplir con los requisitos de precisión en la medida de los materiales que el CCR necesita y por la ventaja de contar con personal especializado.

4.2.- TRANSPORTE

En general el transporte del concreto CCR desde la planta mezcladora al lugar de colocación se efectúa en camiones volquetes, debiéndose tomar precauciones para evitar la segregación en la etapa de descarga de la planta al camión.

En la descarga de la planta al camión, se recomienda que la altura de caída sea la menor posible, debiéndose mover éste de adelante hacia atrás a medida que se llena su tolva.

En condiciones climáticas adversas se recomienda utilizar lonas para proteger el concreto de la lluvia o la desecación durante el transporte hasta el punto de colocación.

4.3.- TIEMPO DE USO

Se recomienda no superar los 20 minutos desde el momento en que la mezcla se produce en planta hasta su llegada al punto de colocación. Si no se puede cumplir este requisito se recomienda utilizar aditivos retardadores, o algún producto que sea plastificante y retardador de fragua.

En todos los casos debe evitarse la posibilidad de tener en obra una cantidad de material que, por sus características físicas, no es apto para ser compactado por encontrarse en proceso de endurecimiento.

Es muy importante evitar, durante el proceso constructivo, las posibles pérdidas de agua. Ello puede lograrse regando primero la superficie de apoyo y, una vez que el concreto está compactado, mantener su superficie húmeda hasta el término del acabado.

4.4.- EXTENDIDO DEL MATERIAL

El equipo utilizado en el extendido del material puede ser una motoniveladora, o una pavimentadora para concreto, o las pavimentadoras utilizadas para concreto asfáltico.

Si se utiliza una motoniveladora, ésta deberá estar en perfectas condiciones de operación. El material depositado deberá tener una altura excedente de 10% a 15% sobre la rasante proyectada. Se considera esta altura adicional a fin de que, luego de la primera compactación y con el objeto de tener un mejor acabado, la motoniveladora efectúe un refine posterior y así el material excedente pueda reutilizarse en caso su trabajabilidad lo permita.

Un premezclado en obra previo, así como una precompactación inicial, permiten conseguir un buen nivel de regularidad superficial. Se recomienda que las pavimentadoras estén equipadas y diseñadas para trabajo pesado y que puedan moverse a una velocidad constante.

En los casos de reparaciones de menor extensión, el trabajo con motoniveladoras es práctico para los efectos del bacheo en pavimentos. En reparaciones de mayor extensión, se recomienda utilizar pavimentadoras de concreto asfáltico, de preferencia autopropulsadas.

4.5.- COMPACTACION Y ACABADO

Con el concreto seco colocado en sitio y a los niveles previstos, se procede a hacer intervenir los equipos de compactación. En primer lugar actúa el rodillo vibratorio sin vibración; a continuación el rodillo con vibración, finalizando con el rodillo neumático. Se pueden utilizar los mismos equipos que en la compactación de concreto asfáltico. Se recomienda que el rodillo liso vibrante tenga un peso de 30 kg/cm de generatriz.

El rodillo neumático puede emplearse con una carga de 3000 kgs por rueda y una presión de inflado mayor o igual a 8 kgs/cm². Se inicia la operación de compactación ingresando con el rodillo liso estático hasta obtener una compactación del orden del 95% del Proctor modificado, debiendo ser el número de pasadas el necesario para lograr la densidad especificada.

En el proceso de trabajo debe entenderse por pasada el recorrido de ida y vuelta del rodillo. No hay un número fijo de pasadas del rodillo liso. Esta prueba de compactación se controla empleando el densímetro nuclear.

Luego se procede a pasar el rodillo vibratorio, con el número de pasadas necesario para obtener la densidad deseada. Posteriormente ingresa el rodillo neumático cuya misión es mejorar el acabado de la losa. En esta etapa de la compactación es necesario disponer de un equipo de regado por aspersión, especialmente en tiempo caluroso y ventoso.

Algunos autores recomiendan que, a fin de obtener los resultados deseados, se construya previamente un tramo de ensayo a fin de comprobar el número de pasadas necesarias del equipo de compactación para obtener la

densidad de diseño. así como el acabado de superficie deseado.

4.6.- CURADO

Terminada la compactación, el concreto debe mantenerse con la superficie constantemente humedecida, mediante pulverización fina de agua, evitando que se produzcan encharcamientos por un período de siete días. Posteriormente se podrá colocar mantos de yute humedecidos por el período indicado en las especificaciones.

4.7.- JUNTAS

Las juntas transversales pueden construirse por efecto estético en forma aserrada, cada 10 á 15 mts, o alternativamente dejar que las fisuras se produzcan libremente, no siendo esto último recomendable.

Si se considera conveniente, la junta transversal de construcción puede delinearse al final de cada jornada de trabajo, tratándose que sea única para todo el ancho de la calzada y que corte verticalmente la sección transversal de la losa.

En principio es conveniente evitar las juntas longitudinales. Sin embargo, si el área por pavimentar es de un ancho importante, el trabajo deberá efectuarse por etapas, lo que obliga a que puedan existir varias juntas longitudinales que se podrían evitar dejando de rodillar el extremo lateral del

próximo empalme, unos 40 á 50 cms, para ser rodillado al efectuarse la segunda línea y así sucesivamente hasta terminar la totalidad de la losa, dentro del término en que el concreto puede utilizarse.

En caso contrario se recomienda al terminar de ejecutar la junta longitudinal, cortándose en forma vertical, para luego continuar en la siguiente jornada de trabajo.

En caso de tratarse de un camino longitudinal, el ancho de la vía deberá trabajarse el mismo día, pudiendo utilizarse retardadores de fragua a fin de hacer posible el empalme del siguiente paño y evitar la junta longitudinal.

5.- CONTROL DE CALIDAD

5.1.- CONTROL EN PLANTA

Además del correcto y permanente calibrado de la planta, ya sea que ésta trabaje por peso o por volumen, y adicionalmente a los controles específicos para cada material acumulado, es importante el control de la granulometría del agregado que interviene en la mezcla, debiéndose tomar material seco y determinar su granulometría para compararla con la mezcla tipo; realizándose las correcciones necesarias. En condiciones normales se recomienda verificar la granulometría hasta tres veces al día, dependiendo la periodicidad del ritmo de avance de la obra.

Igualmente debe controlarse en planta el contenido de humedad de la mezcla. Dada la alta sensibilidad del concreto CCR a las variaciones de agua, es recomendable un control estricto.

Se recomienda preparar probetas con la mezcla en planta para, luego de curarlas, compararlas con las de obra por ensayo de rotura por compresión diametral.

5.2.- CONTROL EN OBRA

Igualmente se recomienda que del mismo camión del cual se tomó la muestra para control de la humedad al salir de la planta, se tome una muestra al llegar al punto de colocación en obra, a fin de determinar el porcentaje de humedad que se ha perdido durante el trayecto a ésta.

El control de la humedad, la densidad húmeda y seca del material y el control del curado deberán efectuarse por los procedimientos estandarizados. El control de la humedad se efectúa con el objeto de verificar que la mezcla permite obtener la máxima densidad seca, con la energía de compactación utilizada, la cual puede ser similar a la del ensayo Proctor modificado.

Para el control de la calidad del concreto se recomienda el empleo del método del Consistómetro Vebe en el que las probetas de 15 x 30 cms se confeccionan en tres capas mediante vibro-compresión. Cada capa es compactada mediante el efecto combinado de un contrapeso de 20 libras, dejando libremente sobre su superficie la vibración del Consistómetro durante un tiempo de 35 segundos.

En este procedimiento, al accionar el Consistómetro, el material queda sometido a una auténtica vibrocompresión. El ensayo se detiene cuando el concreto ya no se asienta más, viéndose a través del plástico transparente del aparato una superficie uniformemente cerrada.

La determinación de la humedad tiene por finalidad llegar a una mezcla que permita obtener la máxima densidad seca. Uno de los inconvenientes de los concretos CCR es su sensibilidad frente a las variaciones de humedad y a la compactación obtenida. Un exceso o defecto de agua, así como una densidad insuficiente, disminuyen notablemente las resistencias mecánicas.

Las pérdidas de agua entre la etapa de fabricación-extendido y la de compactación, dependen en gran parte de las condiciones ambientales y de las distancias de transporte, pero un mínimo suele ser el 0.4%.

A medida que se desarrolla el proceso de fraguado el concreto CCR compactado pierde progresivamente su trabajabilidad. El plazo de ésta se refiere al intervalo contado a partir de la mezcla de los componentes, durante el cual, al no haber comenzado o ser muy débil el fraguado del conglomerante, se puede proceder al extendido y compactación del material. Si estas operaciones se realizan cuando el fraguado ya ha comenzado, no sólo se dificultan las mismas sino que además las resistencias del material pueden verse seriamente perjudicadas al destruirse el enlace entre los agregados.

La densidad de compactación puede determinarse empleando el "**Densímetro Nuclear**". La prueba se deberá efectuar simultáneamente con la ejecución del proceso de construcción a fin de determinar como avanza la compactación efectuada por los rodillos. Se considera terminada esta operación cuando se obtiene una densidad media mínima del 97% de la compactación

óptima en los ensayos previos del Proctor Modificado. Adicionalmente, mediante el Densímetro Nuclear se determinará el contenido de humedad de la mezcla distribuída.

6.- REPARACION DE PAVIMENTOS

Los concretos CCR pueden ser utilizados con ventaja en la reparación y reconstrucción de pavimentos de concreto, especialmente en zonas de la losa deterioradas, especialmente en esquinas o bordes, en aquellos casos en que estas fallas son de tal naturaleza que no justifican la repavimentación completa del sector.

En estos casos se recomienda proceder a la reparación empleando la tecnología de los concretos CCR, seguida de un curado inmediato con emulsión asfáltica ionica, seguida de la colocación de una capa de arena fina. Producida la rotura de la emulsión se puede habilitar el pavimento y reanudar el tránsito de vehículos.

7.- CONCLUSIONES

La experiencia obtenida a lo largo de 25 años de realizaciones permite llegar a las siguientes conclusiones sobre los pavimentos construídos con concretos CCR.

- a) No se requiere equipamiento especial, tanto para la producción como para la puesta en obra. Pueden construirse con la maquinaria utilizada en obras viales, la cual se emplea en pavimentos de concreto asfáltico.
- b) Hay simplicidad en los procesos de diseño, dosificación, producción y curado de los concretos CCR, así como en los ensayos de probetas.
- c) Hay facilidad en el proceso constructivo y promedios de alta producción con excelentes rendimientos.
- d) Es posible la inmediata apertura al tránsito. finalizada la etapa constructiva, debido a la alta estabilidad de la estructura después de la compactación.
- e) Estos concretos poseen alta sensibilidad a las variaciones de temperatura, por lo que su control en planta y obra debe ser metódico, de acuerdo a Norma y muy cuidadoso, sin dejar de considerar las condiciones climáticas a que esta sometida la obra

en ejecución, así como su correcto curado.

- f) Los defectos del acabado final pueden reducirse a un mínimo empleando adecuadamente la maquinaria vial existente para asegurar una alta precompactación.

- g) Una de las principales ventajas de emplear los concretos CCR para pavimentaciones en el Perú, radica en el hecho las empresas constructoras no poseen la maquinaria especializada para pavimentos de concreto pero sí aquella necesaria para movimientos de tierra y construcción de bases para carreteras y para el preparado y compactación de carpetas asfálticas. En estos casos, la tecnología de los concretos CCR permite la construcción de pavimentos sin necesidad de inversión adicional en equipos.

CAPITULO 11

EL PROYECTO MARCAPOMACOCHA

ASPECTOS GENERALES

1.- ANTECEDENTES

El Proyecto Afianzamiento MARCAPOMACOCHA MARCA III, es impulsado por SEDAPAL para aumentar la oferta de agua potable para la ciudad de Lima. Adicionalmente incrementará la generación eléctrica en las centrales hidroeléctricas de EDELGEL.

El propietario del proyecto es SEDAPAL; el Supervisor el CONSORCIO EWI-ATA; el Contratista el CONSORCIO ODEBRECHT-CBPO; el plazo de ejecución comenzó el 28 de Agosto de 1997 y debe finalizar el 18 de junio de 1999 con un plazo total de 660 días.

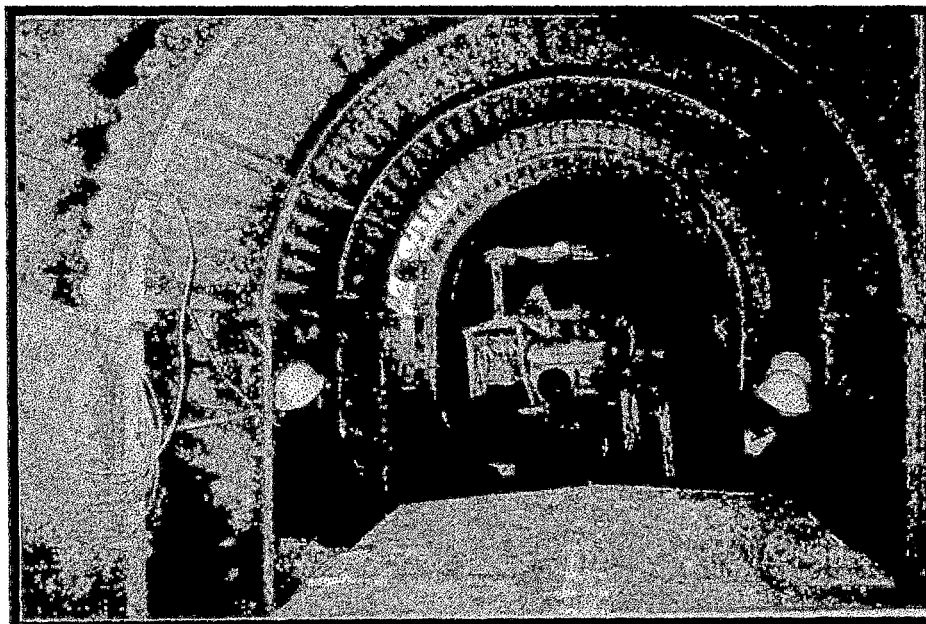
Item	Descripción de Actividad	Dur Orig	Fecha Inicio	Fecha Fin	1997												1998				1999							
					SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
					1997												1998				1999							
+ MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION		602	23/JUL/97R	29/JUL/99	[Gantt bar spanning from July 1997 to July 1999]																							
+ CANAL 1		520	20/OCT/97R	16/JUL/99	[Gantt bar spanning from October 1997 to July 1999]																							
+ CANAL 2		285	23/JUL/98R	06/JUL/99	[Gantt bar spanning from July 1998 to July 1999]																							
+ CANAL 3		452	17/NOV/97R	27/MAY/99	[Gantt bar spanning from November 1997 to May 1999]																							
+ CANAL 4		476	06/OCT/97R	13/MAY/99	[Gantt bar spanning from October 1997 to May 1999]																							
+ CANAL 5		618	01/ABR/97R	17/MAY/99	[Gantt bar spanning from April 1997 to May 1999]																							
+ CANAL 6		474	04/DIC/97R	08/JUL/99	[Gantt bar spanning from December 1997 to July 1999]																							
+ CANAL ANTASHUPA		325	08/ENE/98R	08/FEB/99R	[Gantt bar spanning from January 1998 to February 1999]																							
+ CANAL TUCTO		191	01/AGO/98R	23/MAR/99R	[Gantt bar spanning from August 1998 to March 1999]																							
+ CANAL SAPICANCHA		20	26/MAY/99	17/JUN/99	[Gantt bar spanning from May 1999 to June 1999]																							
+ RAMAL ALPAMARCA		429	08/DIC/97R	21/MAY/99	[Gantt bar spanning from December 1997 to May 1999]																							
+ TUNEL PALLANGA		504	09/OCT/97R	18/JUN/99	[Gantt bar spanning from October 1997 to June 1999]																							
+ TUNEL CASHAPAMPA		291	04/MAY/98R	24/ABR/99R	[Gantt bar spanning from May 1998 to April 1999]																							
+ TUNEL QUILACOCHA		287	11/MAY/98R	27/ABR/99R	[Gantt bar spanning from May 1998 to April 1999]																							
+ TUNEL PATAHUAY		555	20/SEP/97R	28/JUL/99	[Gantt bar spanning from September 1997 to July 1999]																							
+ TUNEL PUCACANCHA		300	01/ABR/98R	02/ABR/99R	[Gantt bar spanning from April 1998 to April 1999]																							
+ PRESA PRINCIPAL		450	10/NOV/97R	18/MAY/99	[Gantt bar spanning from November 1997 to May 1999]																							
+ PRESA VERTEDERO		346	02/MAR/98R	26/ABR/99R	[Gantt bar spanning from March 1998 to April 1999]																							
+ DIQUE INTERMEDIO		445	11/NOV/97R	13/MAY/99	[Gantt bar spanning from November 1997 to May 1999]																							
+ DIQUE NORTE A		265	20/ABR/98R	11/MAR/99R	[Gantt bar spanning from April 1998 to March 1999]																							
+ DIQUE NORTE B		54	22/MAY/98R	23/JUL/98R	[Gantt bar spanning from May 1998 to July 1998]																							

Inicio del Proyecto 28/AGO/97
Final del Proyecto 29/JUL/99
Fecha de Corte 30/ABR/99
Fecha Corrida 27/ABR/99

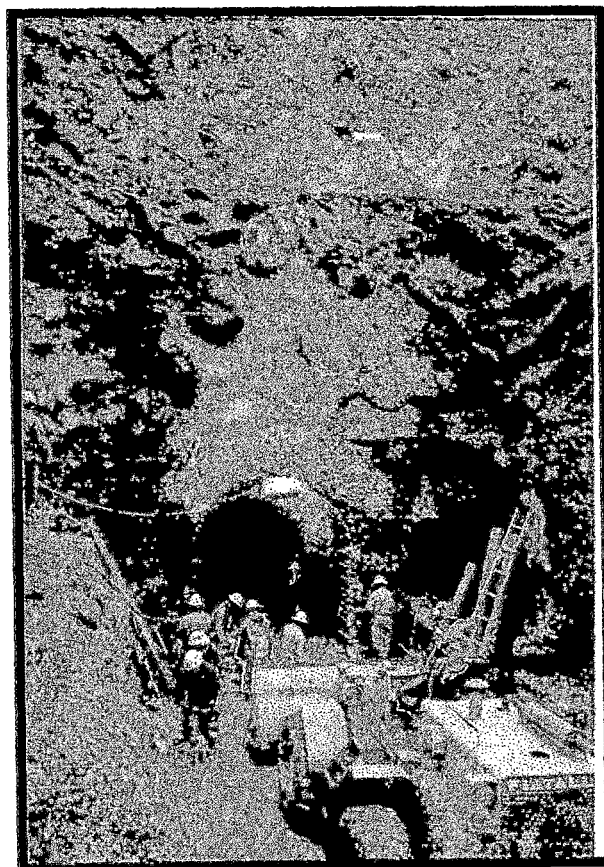
Barra Temprana
Barra Temprana Meta
Barra de Avance
Actividad Critica

CRONOGRAMA GENERAL DE SERVICIOS
PROYECTO MARCAPOMACOCHA III
ACTUALIZACION = Abril / 99

Date	Revisión	Revisó	Aprobó



TUNEL PATAHUAY-SAPICANCHA (L=5,511 m.)



TUNEL RIO PALLANGA -TUCTOCOCHA (L=2,916 m.)

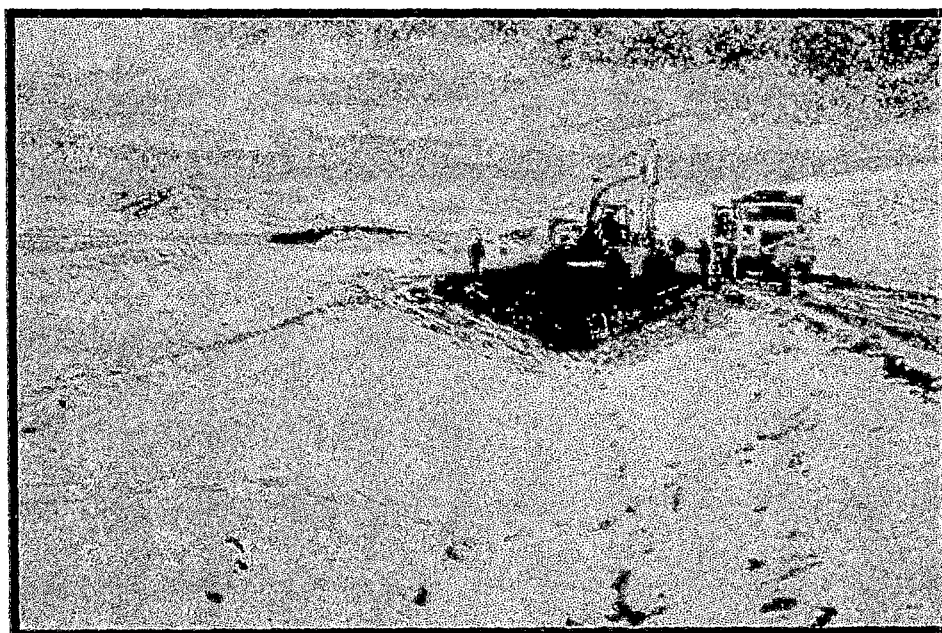
2.- OBJETO DEL PROYECTO

El Proyecto Afianzamiento Marcapomacocha-Marca III, tiene como propósito afianzar los recursos hídricos disponibles con fines de agua potable en la Toma de la Atarjea.

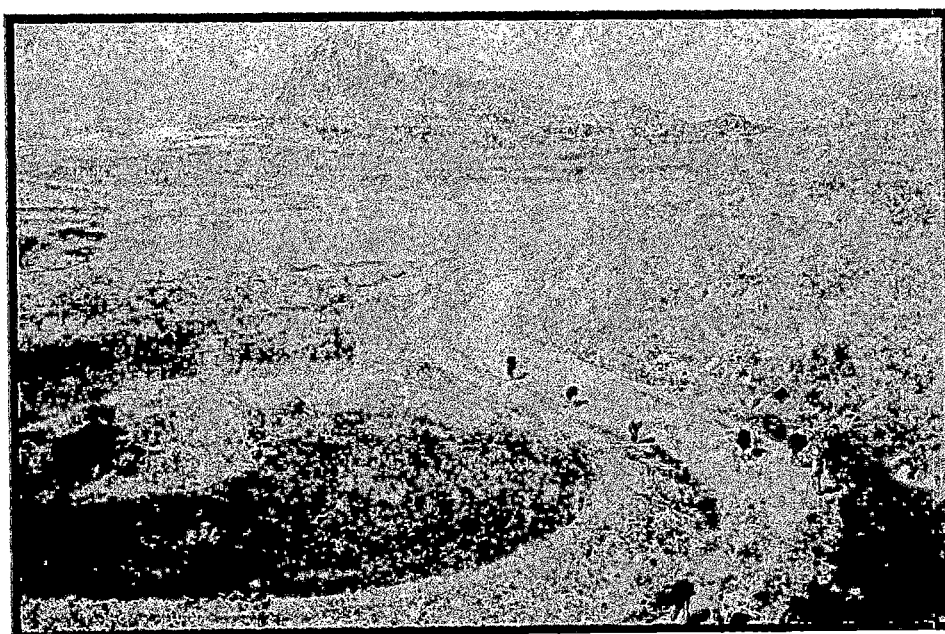
El proyecto consiste en la captación y conducción de los recursos hídricos de las cuencas de los ríos Cosurcocha y Casacancha durante la época de avenidas, mediante la construcción de dos túneles intercuenas, Río Pallanga-Tuctococha y Patahuay-Sapicancha, así como un sistema de canales que conducirán las aguas hacia la Laguna Sapicancha.

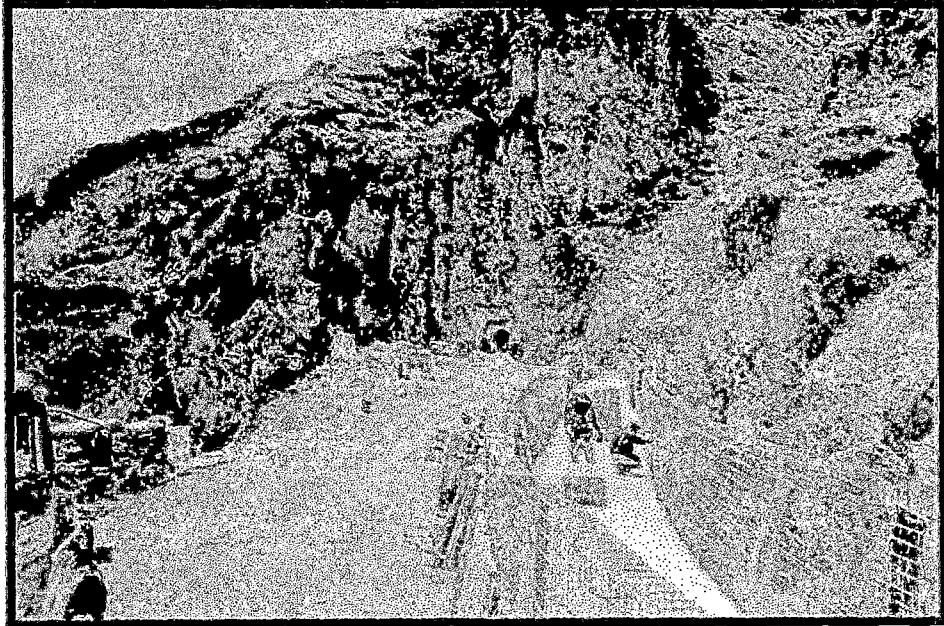
Desde esta Laguna las aguas discurrirán por la quebrada Sapicancha hasta su captación en la bocatoma Antashupa y conducción a través del canal del mismo nombre hasta la Laguna Antacoto, donde se prevé la sobreelevación de la presa existente y la construcción de nuevos cierres para ampliar su capacidad de regulación actual en 60 millones de metros cúbicos.

Además, el proyecto incluye la rehabilitación del Canal Tucto para conducir hasta 4 m³/seg. En el río Cosurcocha se prevé captar las quebradas Andacancha, Ashuán, Pocacocha y Cushurococha. En el río Casacancha, las quebradas Tuctococha, Aguascocha, Mariac, Pucacancha, Yanque, Cauquis Machay, Tayco, Culap, Antahuancán, Chuquicocha y Pucpush-

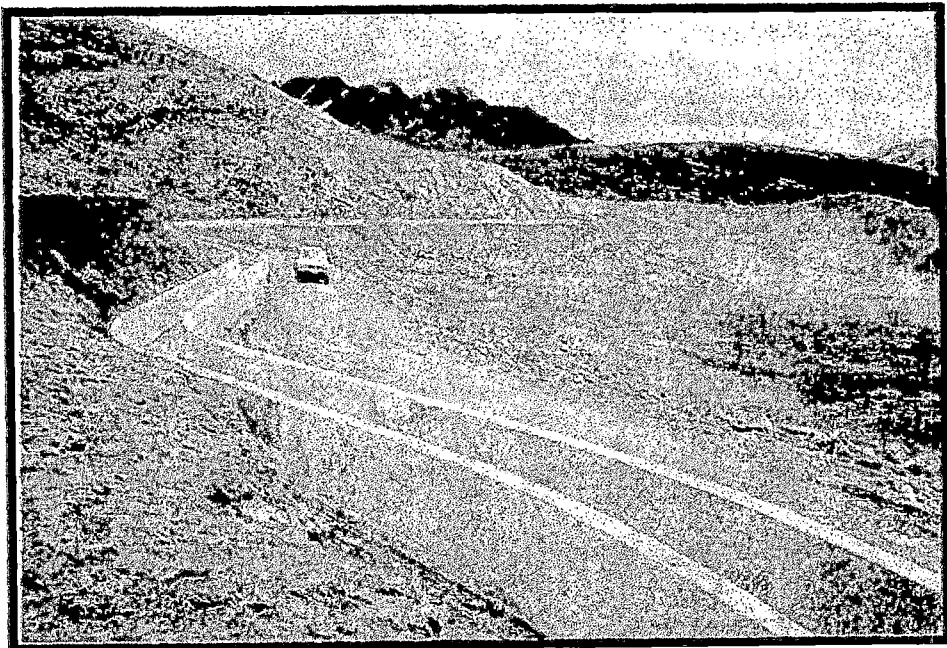


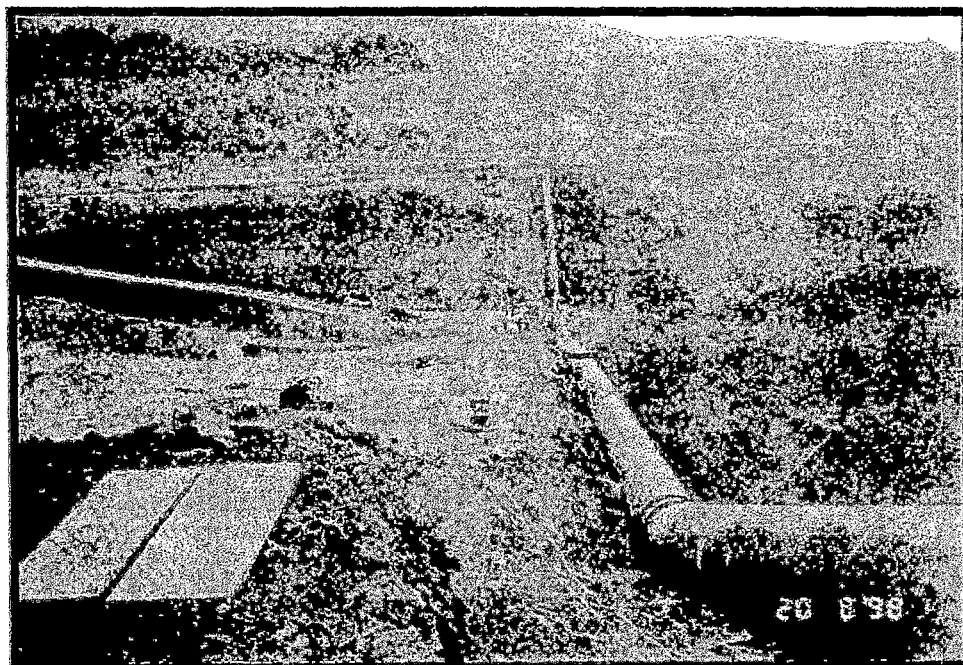
CANAL 2 REVESTIDO CON GEOSINTETICO (L=4,500 m)



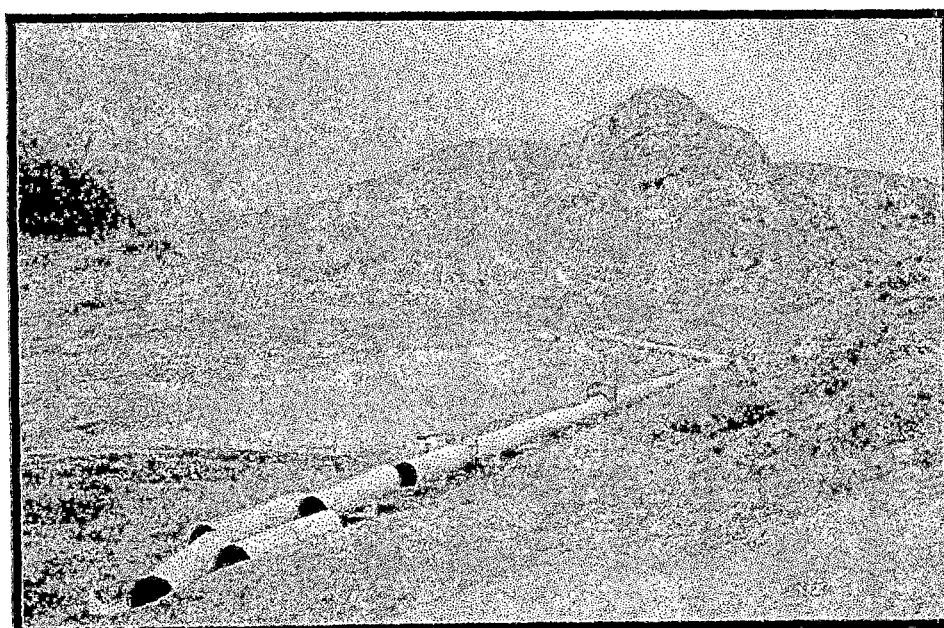


CANAL 3 DE CONCRETO ARMADO (L=16,100 m.)





SIFON ALPAMARCA (L=180 m.)



SIFON QUIULACOCHA (L=1,200 m.)

3.- LOCALIZACION GEOGRAFICA

El Proyecto está ubicado a 4,500 m.s.n.m. en las nacientes de las quebradas Cosurcocha y Casacancha tributarios del río Carhuacayán y éste a su vez afluente del río Mantaro.

Políticamente pertenece a la Provincia de Yauli en el Departamento de Junín de la Región Andrés Bello Cáceres. Los poblados más cercanos a la zona de las obras son Marcapomacocha y Yantac.

4.- ACCESO

El acceso al Proyecto se realiza mediante dos vías: la primera se realiza utilizando la carretera central Lima-Huancayo hasta la quebrada Chinchán en el Km. 117 y a una altura de 4200 m.s.n.m. para descender a la zona del proyecto cruzando el canal Tucto y llegando hasta el distrito de Marcapomacocha, con un recorrido de 38 km. La trocha continúa hacia el Norte, con un recorrido de 17 km para llegar hasta el pueblo de Yantac ubicado en la cota 4760 m.s.n.m.

La segunda ruta emplea la carretera asfaltada Lima-Canta con una longitud de 102 km., luego continúa con una trocha carrozable en buen estado de mantenimiento cruzando el poblado de Culhuay en el km 125, la laguna Chinchón en el km 144 y la línea de cumbres de la Cordillera La Viuda en el km 156 para descender hacia el Sur Este en una longitud de 4 km hasta el poblado

de Yantac.

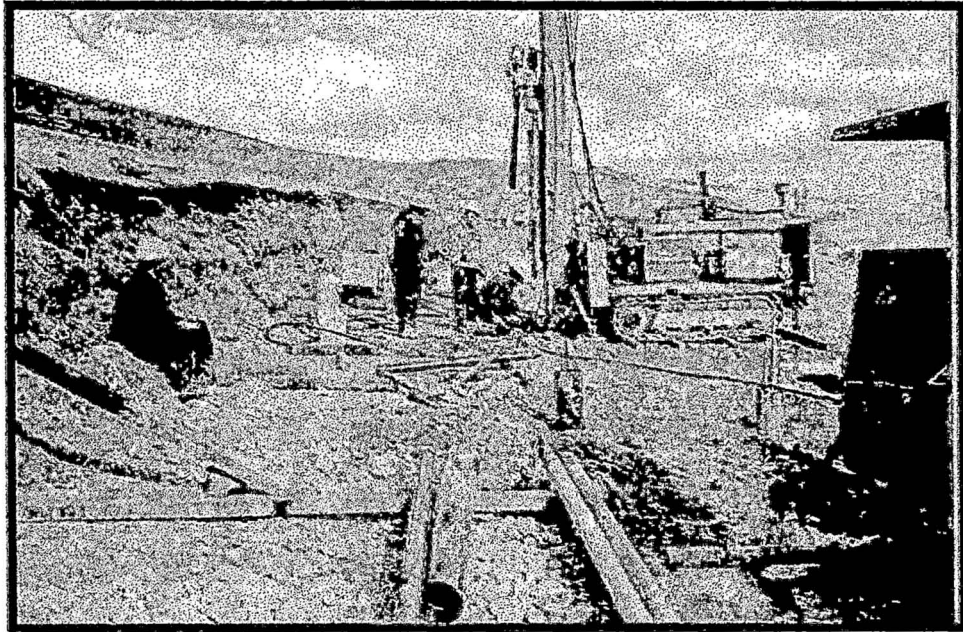
5.- GEOLOGIA DE LA ZONA DEL PROYECTO

Las obras del proyecto se ubican en la parte central de las estructuras del flanco oriental de la Cordillera Occidental de los Andes Peruanos, la cual se presenta como consecuencia de los pliegos-anticlinales y sinclinales con rumbo regional principal NO-SE, lo que coincide con el de la cadena de cerros y la dirección principal de la obras del Proyecto.

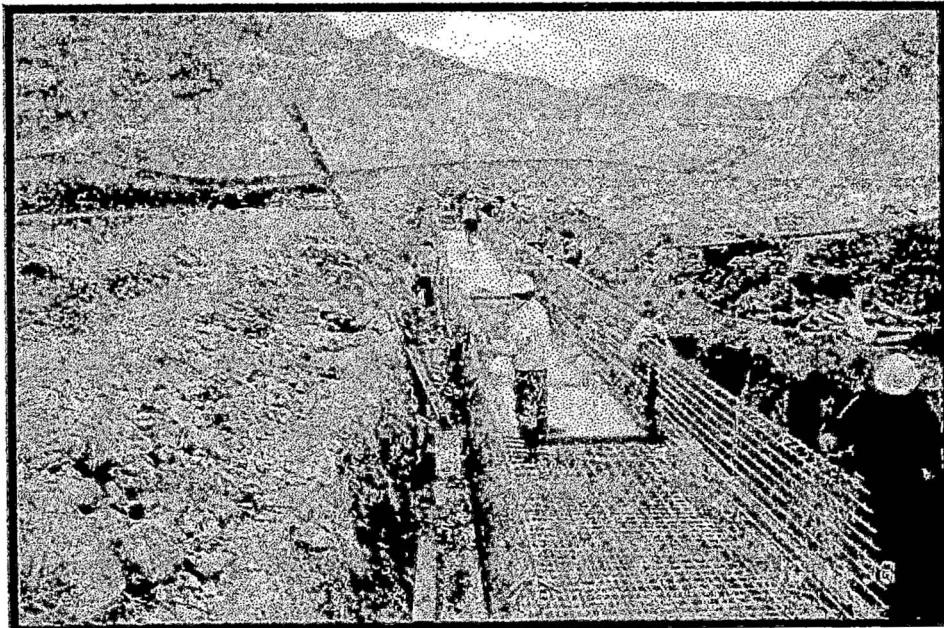
Los pliegues están formados por rocas sedimentarias, volcánico-sedimentarias y volcánicas, en su mayor parte mesozoicas y terciarias. Se presentan en forma limitada las rocas intrusivas de los cuerpos hipoabisales y de tipo sills.

Se presenta una red de las fallas tectónicas de diferentes escalas, desde fallas regionales hasta las fallas y fracturas locales. Principalmente se pueden indicar dos principales sistemas de las fallas: las fallas longitudinales cuyas direcciones coinciden con la dirección principal de las estructuras de la Cordillera (NO-SE), y las fallas transversales con las direcciones principales S-O y SO-NE.

Los depósitos cuaternarios cubren las laderas de los cerros y depresiones entre cadenas de cerros, y se presentan como material fluvio-glacial, coluvial, proluvial y aluvial. Cierta importancia tiene el material de los pantanos, las turbas y arcillas orgánicas blandas.



CONSTRUCCION DE PILOTES EN ZONA DE BOFEDALES



CONSTRUCCION DE CANAL SOBRE PILOTES

En forma limitada se presentan procesos geodinámicos, tales como inestabilidad de taludes, deslizamientos, etc.

6.- TECTONICA Y ESTRUCTURAS

En general, la formación de los Andes es el resultado del conjunto de eventos ocurridos desde el Mesozoico hasta el Cuaternario y que constituyen el ciclo andino. Este ciclo comprende dos grandes períodos; el primero caracterizado por un período de estabilidad. El segundo por un período de inestabilidad en el cual ocurrió una sucesión de fases breves de compresión separadas por largos períodos tectónicos, durante los cuales se desplazaron gran cantidad de rocas intrusivas y volcánicas.

En el área de estudio correspondiente a las obras de afianzamiento, el período tectonogénico está caracterizado por una serie de fases de compresión, separados por intervalos sin compresión, durante los cuales se desplazaron los diferentes cuerpos magmáticos.

En base a interpretación de Imagen Satélite Landsat TM se ha diferenciado unidades estructurales mayores que pueden tener implicancias con las obras de afianzamiento MARCA III.

La columna estratigráfica del área del Proyecto ha sido afectada por la denominada "**Fase Peruana**" la cual ha dado origen a una sedimentación continental molásica post-Santoniana conocida como Formación Casapalca.

La "**Fase Peruana**" es una fase de compresión que ha originado pliegues parados, algo inclinados a lo largo de un rumbo y concéntricas de varias decenas de kilómetros, con pliegues axiales subverticales, acompañados mayormente de fallas de empuje de alto ángulo. La naturaleza de los pliegues concéntricos ha sido controlada por la litología de la Formación Jumasha, que corresponde a las partes elevadas, y la Formación Celendín que corresponde a partes suaves a planas.

Las estructuras geológicas que caracterizan al área de estudio tienen dirección NO-SE y un estilo tectónico antes indicado, afectado por fallas y lineamientos longitudinales y transversales. La "**Fase Peruana**" también ha originado pliegues en el grupo Calipuy, ubicado en el Túnel Río Pallanga-Tuctococha, que en ciertos sectores son de gran extensión.

En general, los pliegues asignados por la "**Fase Quechua 2**", son suaves, isopacos, bien amplios, de dirección NO-SE, los mismos que son acompañados de numerosas fallas de rumbo, conjugados con movimientos de hasta algunos centenares de metros.

7.- TECTONICA CUATERNARIA

En el área de estudio no se ha encontrado evidencias de deformación reciente, a pesar de haberse examinado con detalle los depósitos morrénicos, fluvio-glaciares y coluviales; por lo que se presume que el conjunto de fallas que se observan en las áreas de obras diseñadas no son activas.

En el área del proyecto se reconocen los efectos del tectonismo macro regional caracterizado por estructuras, mayormente plegamientos que se formaron a partir del Cretáceo Superior hasta fines del Terciario y que constituyen el armazón de la Cordillera de los Andes actual.

En el área del proyecto se encuentran anticlinales y sinclinales con rumbo regional general NO-SE y que se pueden seguir por varios kilómetros. El aspecto de estas estructuras es variado a lo largo de sus ejes. teniéndose plegamientos simétricos y asimétricos; con flancos de fuerte y suave buzamiento; etc.

En la zona estudiada se presentan en dos tipos principales fallas tectónicas de diferentes magnitudes: fallas longitudinales, de dirección Andina y fallas transversales sub-longitudinales.

Las fallas longitudinales de dirección andina controlan todas las estructuras principales y determinan la ubicación de túneles principales (Río Pallanga, Tuctococha y Patahuay), los cuales tienen la misma dirección; los canales N° 4, N° 5, y N° 6 cruzarán varias fallas longitudinales y formas geodinámicas, relacionadas con estas fallas (quebradas, huaycos, derrumbes)

Las fallas transversales cortan las estructuras (pliegues), determinando la existencia de bloques desplazados. Los túneles principales van a cruzar diferentes fallas de este tipo. Las fallas transversales y algunos fenómenos geodinámicos, tales como derrumbes, escombros, deslizamientos, tienen mayor importancia para el tramo del Canal 3.

8.- GEODINAMICA

Las cumbres y flancos de las montañas que limitan los valles del área, por su naturaleza y las características de ésta, en mayor parte se presentan estables a pesar de los fenómenos en alguna forma relacionados con fallas tectónicas y rocas blandas de las formaciones Celendín y Casapalca.

El área del proyecto se ubica en la parte alta de la Cordillera donde los desniveles de cumbres a fondo de valles son de poca magnitud, están las nacientes de los ríos, y las cuencas son de mínima extensión.

Los principales fenómenos que pudieran presentarse son deslizamientos alrededor del Km. 11-12 del trazo del Canal N3 y en la Quebrada Antahuancán; desprendimientos de roca como consecuencia del meteorismo de las partes altas de la ladera Oeste de la Laguna Patahuay y en el flanco Sur de la Quebrada Quiulacocha; disolución y hundimiento de área en roca caliza, fenómeno localizado en la zona de Pucacancha del área del proyecto.

De la ocurrencia de otros fenómenos como huaicos, avenidas, avalanchas, prácticamente el riesgo es inexistente por la ubicación del área del proyecto.

La ocurrencia de sismos en el área podría, según su magnitud e intensidad, eventualmente incitar desprendimientos, caídas de roca, asentamientos o agrietamientos.

9.- GEOLOGIA DEL RESERVORIO ANTACOTO

9.1.- ALCANCE

El estudio definitivo prevé a la Laguna Antacoto como el reservorio principal del Proyecto. Esta programado levantar el nivel de esta laguna hasta 4445 m.s.n.m., lo que permitirá almacenar adicionalmente 60 millones de metros cúbicos de agua.

Las obras del reservorio comprenden la ampliación de la estructura existente (Presa Vertedora) y la construcción de las nuevas estructuras (presa principal, dique intermedio, dique Norte A y dique Norte B).

El Reservorio Antacota y las obras hidráulicas proyectadas se ubican en la parte Sur de la Zona del Proyecto, la cual está formada por depósitos volcánicos, volcánicos-sedimentarios y sedimentarios. Estos depósitos forman estructuras submeridionales con rumbo de ejes de pliegues NO. En el área evaluada se presentan fallas tectónicas típicas-longitudinales submeridionales y transversales. Los depósitos cuaternarios, fluvioglaciares y coluviales, tienen una extensión limitada.

9.2.- VASO DEL RESERVORIO

El Vaso del Reservorio se ubica en la depresión de la Laguna Antacoto; cuyas laderas están formadas por rocas volcánicas sedimentarias y volcánica-

sedimentarias de alta resistencia, lo que asegura la estabilidad de las orillas. Derrumbes de material de pequeña magnitud no afectarán el medio ambiente ni la capacidad del Reservoirio.

El análisis de la morfología de la zona, estructuras geológicas y aspectos hidrogeológicos, demuestran buenas condiciones en el Reservoirio desde el punto de vista de pérdidas de agua por filtraciones.

9.3.- DIVISORIA ANTACOTO-MARCAPOMACOCHA

Tiene una longitud del orden de 1000 metros. El ancho al nivel del reservoirio es de 50 a 100 metros. Esta divisoria puede evaluarse como una **"presa natural"** del Reservoirio Antacoto, que servirá al mismo tiempo como basamiento de las presas y diques proyectados.

El macizo rocoso de la divisoria esta formado por aglomerados y brechas volcánicas con intercolación de areniscas y microconglomerados. El factor típico es la presencia de fallas tectónicas y grandes fracturas, en su mayor parte submeridionales, presentándose transversales al eje de la divisoria y a los ejes de las presas y diques.

Las rocas del macizo tienen cuatro categorías diferentes; Zona A de rocas meteorizadas, altamente fracturadas; Zona B de rocas moderadamente meteorizadas, altamente fracturadas, de alta permeabilidad; Zona C de rocas no meteorizadas, poco o moderadamente fracturadas, de permeabilidad moderada; Zona D de rocas no meteorizadas, poco fracturadas, poco permeables y/o impermeables; y Zona D de fallas tectónicas y alto

fracturamiento de rocas.

Las zonas B, C y D del macizo rocoso, desde el punto de vista de estabilidad y compresión, pueden utilizarse como cimentaciones para todas las obras hidráulicas proyectadas, como son las presas y diques. La zona A, con potencia de 2 a 3 metros, por sus características desfavorables, debe ser excavada en las cimentaciones de las obras de concreto; en las cimentaciones del dique de tierra será necesaria la remoción de los bloques y fragmentos sueltos. Las zonas tectónicas pueden reclamar un tratamiento especial en las cimentaciones de las presas de concreto.

9.4.- ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

El análisis de la información demuestra que la mayor parte de las obras se cimentará en el macizo rocoso con las condiciones mencionadas. El Dique Intermedio se ubica en una depresión, donde las rocas se cubren con depósitos fluvioglaciares - gravas con bloques de roca en matriz limo-arcillosa, de potencia hasta 3-4 metros, y con densidad bastante alta.

Considerando que por su composición granulométrica y densidad natural, los depósitos fluvioglaciares son prácticamente iguales al material compactado del dique de tierra (cantera marcapomacocha), se ha decidido que los mismos formen parte de la cimentación. En tal sentido es necesario compactar la parte superficial de los depósitos fluvioglaciares antes de colocar la primera capa del material de cantera.

Los ensayos demuestran variaciones importantes en la permeabilidad del macizo rocoso a lo largo de la profundidad y en los ejes a lo largo del divisorio Antacoto-Marcapomacocha. Las Zonas A, B y C se evalúan como que podrían requerir medidas de impermeabilización. Las zonas tectónicas y de alto fracturamiento, caracterizadas por una permeabilidad mayor de 100UL, requerirán de aplicación de medidas especiales.

La aplicación de medidas de impermeabilización dependerá del análisis de las pérdidas por filtración y erosión subterránea con flujos de filtración y estabilidad de taludes y laderas naturales en el lugar de salida de las filtraciones a la superficie. Los cálculos indican que las pérdidas por filtración en las cimentaciones de las presas y diques, así como en la "**presa natural**", en su totalidad serán del orden de 50-70 lt/seg. ó 1.5 a 2 millones de metros cúbicos al año, de los cuales la mayor parte se acumulará en la Laguna Marcapomacocha.

El análisis de las condiciones de filtración demuestra que en el periodo de operación con nivel de agua en el Reservorio de Antacoto, en una cota de 4443, la gradiente de filtración en la parte de la cimentación de las obras hidráulicas y en la "**presa natural**" será del orden de 0.5-0.7 metros. En estas condiciones es probable que ocurra una erosión regresiva del relleno de fracturas y del material de las fallas tectónicas. Al mismo tiempo, la presencia de filtraciones en la orilla de la laguna Marcapomacocha podría provocar inestabilidad del material suelto (fluvioglacial y coluvial) y algunos bloques de roca. Por estas razones se ha previsto inyecciones de las Zonas C y B, con una profundidad promedio de 15 metros, en las cimentaciones de todas las presas y diques proyectados.

Las pruebas de inyectabilidad del macizo demuestran las siguientes características principales:

- .- La pantalla de inyecciones puede tener 1 á 2 líneas de taladros.
- .- La distancia entre taladros será del orden de 2.0-2.5 metros.
- .- En su mayor parte los taladros serán verticales. En las zonas de alta permeabilidad del macizo, es recomendable complementar los taladros verticales con taladros inclinados (20° - 30°)
- .- El consumo promedio de cemento se evalúa en 100 kg/ml, con 300 kg/ml como máximo.
- .- La consistencia de la mezcla, las presiones de inyección y la utilización de aditivos deberán precisarse durante el período de ejecución de las obras, dependiendo éstas de las particularidades del macizo rocoso.

10.- CONDICIONES HIDROMETEOROLOGICAS

El clima del área del proyecto corresponde al tipo húmedo-frígido, con estaciones de otoño e invierno carentes de lluvias; sin embargo, debido a la morfología de la región, se pueden distinguir tres subtipos climáticos.

El primer subtipo climático está constituido por las áreas circundantes a las lagunas; el segundo subtipo climático por las extensiones de pastizales; y el tercer subtipo climático por las cumbres y zonas de mayor altura de topografía accidentada y suelo erosionados con escasa o nula vegetación.

La temperatura media anual en la zona del proyecto es de 4.2 C, presentándose las menores temperaturas en el mes de Julio con 3.4 C; y las mayores en Noviembre con 4,7 C.

La humedad relativa promedio anual es de 86%, oscilando estacionalmente entre un máximo de 89% durante el verano a un mínimo de 83% durante el invierno.

La variación de la duración media diaria de horas de sol es de 4,5 horas siendo estacionalmente estable variando de un máximo de 5,7 horas a un mínimo de 3,1 horas en promedio mensual entre invierno y verano respectivamente.

Los vientos son ligeros e infrecuentes, con velocidad promedio diaria de 1,4 m/s que varía estacionalmente entre un máximo de 1,6 m/s a un mínimo de 1,3 m/s entre el verano y el invierno respectivamente. La dirección predominante es del Noeste a Suroeste en la estación metereológica Upamayo, pero la topografía local puede alterar los patrones de viento en forma considerable.

Utilizando los registros de evaporación de la estación metereológica Upamayo se tiene que la evaporación total anual promedio es de 1092 mm/año, variando entre un máximo de 1244 mm/año a un mínimo de 866 mm/año.

El rendimiento en la zona del Proyecto varía entre 15,37 litros/s/km² y 15,90 lt/s/km². El coeficiente de escorrentía resultante en la cuenca del río Casachanca es de 0,56, mientras que dicho coeficiente en la cuenca Cosurcocha es de 0,54.

11.- RIESGO SISMICO

11.1.- INTRODUCCION

El conocimiento del área de estudio exige conocer el comportamiento sismotectónico así como la respuesta de los lugares de interés donde se edificarán estructuras de importancia.

Para el estudio se han utilizado datos neotectónicos de los últimos 10,000 años; información geológica reciente; sismicidad histórica de los últimos 500 años, y datos de sismicidad instrumental de los últimos 70 años.

Se ha hecho un análisis de microzonificación del área, y se incide en los resultados de las investigaciones y el reconocimiento de los efectos geológicos que podrían afectar la zona.

Se han utilizado técnicas más sofisticadas para reevaluar los valores de aceleración encontrados previamente. Igualmente se ha realizado un análisis detallado y determinístico de la sismicidad histórica en función de los efectos geológicos que han generado los sismos.

11.2.- ACTIVIDAD SISMICA HISTORICA

La actividad sísmica en el centro del Perú es compleja debido a las

irregularidades de las longitudes de ruptura, las ubicaciones de las zonas hipocentrales y el período de recurrencia en dicha zona. Desde siglos anteriores han ocurrido una serie de terremotos cuya influencia es muy importante tomar en cuenta en la zona de la obra. Es conveniente indicar que todos los terremotos aparecen como intracontinentales y relacionados al proceso de subducción.

En 1586 ocurrió un terremoto cuya longitud de ruptura estuvo en el orden de 175 km. En 1664 la región sur de Lima estuvo afectada por un terremoto cuya longitud de ruptura se estimó en 75 km. En 1687 un evento afectó todo el centro del Perú, con características similares al terremoto de 1666. En 1687 se registraron dos terremotos seguidos, separados por un día. El primero de ellos afectó el centro del Perú y tuvo una longitud de ruptura de 350 km. En 1725 ocurrió otro en la zona central con longitud de ruptura de 75 km. En 1746 ocurrió un gran terremoto que destruyó Lima y tuvo una longitud de ruptura de 350 km.

Después de esta actividad sigue un período de quietud de dos siglos, generándose un nuevo período de actividad en 1940 con un terremoto que tuvo una longitud de ruptura de 180 km. y al cual han seguido los terremotos de 1966, 1970 y 1974.

La clasificación de estos eventos se sitúa entre los sismos de subducción, no siendo clara esta clasificación, y siendo sólo posible estimar los efectos de acuerdo a la longitud de ruptura calculada y a los datos de intensidad en función de las narraciones históricas.

11.3.- MARCO TECTONICO Y FUENTES SISMICAS

La zona del proyecto está ubicada en la Cordillera Oeste de los Andes del Centro del Perú, constituyendo la deformación del margen oeste de Sud América, y se ha desarrollado durante los últimos 200 millones de años. Entre los 200 y 80 millones de años esta región se encontraba debajo del nivel del mar y fue el foco de una densa sedimentación marina. Posteriormente la región emergió generándose fallamiento y actividad volcánica, alzándose hasta alcanzar el presente nivel.

En la actualidad, el contexto geodinámico de este margen es dominado por la interacción entre dos placas litosféricas: la placa continental Sud Americana y la placa oceánica de Nazca, esta última moviéndose hacia el este y subduciendo debajo de la anterior.

En este contexto dos grandes regiones que constituyen fuentes de terremotos pueden ser reconocidas; la primera de ellas es la zona Wadatti-Benioff la cual incluye eventos sísmicos que ocurren en la vecindad del contacto entre las placas, como eventos interplacas, y aquellos producidos dentro del mismo contacto; la segunda es la parte superior de la corteza continental, la cual genera los terremotos a lo largo de las fallas geológicas activas.

La zona de Wadatti-Benioff es, en términos de liberación de energía, la más importante fuente sísmica. Por un lado, la deformación elástica que corresponde a una media de 10 cm/año es liberada a lo largo de esta zona. Por otro, parámetros como la edad de la fosa, bajo ángulo de subducción, y alta razón de convergencia, condicionan esta región a un acoplamiento muy fuerte. Un resultado es que los terremotos más fuertes del mundo y a la vez los más frecuentes son esperados en estas áreas. Los eventos en la parte superior del

continente son mucho menos frecuentes; sin embargo, sus hipocentros son superficiales y por ello tienen un gran potencial destructivo.

11.4.- INFLUENCIA SISMOTECTONICA EN LA ZONA

Los estudios han revelado dos sistemas de fallas activas, una de ellas en el límite entre la cordillera este y en los sub-andes; y aquella dentro de los sub-andes. Al sur de los 11°S, estos dos límites se juntan formando uno solo a lo largo del límite. Al norte de los 11°S se sitúan paralelos con una inclinación de aproximadamente 45°.

Los mecanismos focales de los microterremotos y de los sismos grandes ocurridos, muestran un fallamiento inverso. La consecuencia de este proceso es el levantamiento de la cordillera Este a lo largo del borde del fallamiento Este, hacia el norte de los 11°S se produce el levantamiento del bloque sub-Andino oeste entre los dos sistemas de falla.

Durante los últimos 50 años, el segmento completo entre 10.5°S y 12.5°S ha sido fracturado por grandes sismos, que aunque han ocurrido a una distancia considerable del punto de interés, es importante considerarlos por la influencia que han generado en la zona del proyecto. Por lo tanto, se puede inferir que el intervalo de recurrencia para estos terremotos, en función de un análisis sismotectónico, no debe ser más grande que ese intervalo de tiempo.

11.5.- MARCO TECTONICO DEL SITIO

Existe un sistema de fallamiento de primer orden con rumbo nor-oeste sur-este, que sigue la dirección de la cordillera de los andes, las fallas de segundo orden tienen dirección nor-este sur-oeste, otras de menor importancia se dirigen de nor-oeste sur-este. Asimismo, se presentan sobreestructuramientos alineados desde la Laguna Pomacocha hacia la mina San Ignacio.

Hacia el sector sur-este del sitio del Proyecto, se presentan fallas no activas con sentido de deslizamiento desconocido, mientras que hacia el sector nor-oeste no hay fallas probables.

Tiene particular interés la falla de Huaytapallana por su ubicación a aproximadamente 60-80 km en línea recta al sitio del proyecto. Esta falla se reactivó durante dos sismos ocurridos en 1969, con saltos importantes en su parte norte y sur, sin embargo por su relativa lejanía de la zona del proyecto, no llega a ser determinante para los eventos sísmicos que ocurran en la misma.

En resumen, el ambiente tectónico en la vecindad del proyecto se caracteriza por la existencia de fallas geológicas no activas y potencialmente reactivables, y una intensa deformación de la corteza superficial.

11.6.- RESPUESTA SISMICA DEL SITIO

Los sismos a nivel de corteza, en particular aquellos con profundidades de 0-33 km son los más importantes; en este contexto, el Instituto Geofísico del

Perú, hacia el sector nor-oeste del entorno del área del proyecto, registró una actividad sísmica muy superficial calificada como anormal, con profundidades que no superan los 10 km, guardando concordancia con el patrón tectónico regional. Esto significa que estructura geológicas superficiales se reactivaron o están en proceso de reactivación. Estos sismos, debido a su poca profundidad, son capaces de producir daños en las construcciones, una magnitud de 5 Mb o mayores a esta profundidad producirían daños severos. Esta actividad sísmica es la más peligrosa, porque puede causar desplazamientos de la superficie del suelo.

Si bien los sismos de subducción no producirán fallamientos superficiales en la zona del proyecto, generarían un severo sacudimiento del suelo, originando fenómenos geológicos secundarios, tales como avalanchas, deslizamientos de tierras, derrumbes, agrietamientos en terrenos blandos, compactación, etc.

Es de esperar que los niveles máximos de severidad de sacudimiento del suelo, causados por sismos de subducción en la zona del proyecto, no sean tan altos como los causados por los sismos de reajuste cortical.

11.7.- CONCLUSIONES

Del resultado de los estudios realizados pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- 1.- El área del proyecto está sujeta a una continua evolución dentro del proceso de subducción. Tomando este punto de vista el riesgo es

cualitativamente alto.

- 2.- Las zonas de subducción, y en especial aquellas donde las placas interactúan, están fuertemente acopladas y generan los más fuertes y más frecuentes terremotos del mundo. No obstante, las zonas de subducción en el Perú están segmentadas y, como consecuencia de ello, el acoplamiento sísmico decrece desde el sur a la parte dental, y hacia el segmento norte. De esta manera es posible que ocurran terremotos fuertes de subducción sobre los 14 S.
- 3.- En el área de Huaytapallana se encuentran dos importantes zonas de fallas activas: La zona de fracturamiento de los Altos del Mantaro y la falla de Huaytapallama a distancias de aproximadamente 100 km del proyecto; en esta zona se han producido terremotos superficiales y fuertes. La influencia de esta actividad en el área de interés es muy importante, sin embargo para la localización del sitio Marcapomacocha Marca III no llega a ser determinante.
- 4.- Los estudios de microsismicidad efectuados en el área de estudio revelan dos sistemas de fallas en el límite entre la cordillera este y los sub-andes y dentro de los sub-andes. El ambiente tectónico en la vecindad de Marcapomacocha-MARCA III se caracteriza por la existencia de fallas geológicas potencialmente reactivables y una intensa deformación de la corteza superficial. Los niveles máximos de severidad causados por eventos relacionados a este proceso serán altos ya que representan sismos de reajuste cortical.
- 5.- Durante los últimos 50 años el segmento completo entre 10.5°S y 12.5°S ha sido afectado por grandes terremotos. El tiempo de recurrencia para estos sismos no debe ser mucho más grande que este intervalo de tiempo. Por otro lado la probabilidad que este segmento sea totalmente roto durante este intervalo de tiempo es muy pequeña.

- 6.- La sismicidad en los Andes Centrales del Perú está esencialmente concentrada alrededor de la cuenca del Mantaro.
- 7.- Una intensa banda de actividad sísmica muestra una transición desde la cordillera este hacia el llano entre 10.5°S y 11.5°S. La zona del proyecto está limitada por dos importantes zonas de fallas activas. El sistema de fallas de los altos del Mantaro y la falla del Hauyapallana.
- 8.- Específicamente en el punto de interés, en todo el período de tiempo en que se cuenta con datos sismotectónicos, no se han registrado efectos geológicos tales como asentamientos diferenciales, licuefacción, agrietamiento, etc. Esta observación se soporta en el hecho que no han ocurrido eventos extremadamente fuertes, sin embargo no se descarta un comportamiento especial frente a eventos sísmicos de gran magnitud como efectos de microzona en función de la constitución geológica del sitio Marcapomacocha-MARCA III.
- 9.- El área considerada para el estudio presenta registros de cuatro tipos de desastres naturales: Numerosos huaycos que sobrepasan considerablemente en la actualidad al número demostrado en los estudios: deslizamientos, inundaciones y, finalmente, dos terremotos. Es importante resaltar el aluvión de Cochacay que ocurrió en Abril de 1974.
- 10.- Existe evidencias de sismicidad anormal muy superficial. Esto indica la reactivación de estructuras geológicas superficiales. Los sismos relacionados a este proceso que se pueden producir, son capaces de producir daños severos como desplazamientos de la superficie del suelo.
- 11.- Se reitera la importancia y necesidad de instalar estaciones sísmicas dentro del área de interés a fin de monitorear la sismicidad normal del área y complementar la información obtenida por antiguos experimentos. Así mismo, se podrá definir mucho mejor los indicadores de registros de actividad sísmica anormal muy superficial registrada en el entorno del

área del proyecto.

- 12.- La evaluación de las aceleraciones indica que se esperan aceleraciones de 237 y de 307 gals para 50 y 100 años respectivamente en MARCA III.
- 13.- Las máxima intensidades estimadas para 50 y 100 años son de VIII y IX grados respectivamente, no habiendo cambios en relación con los valores encontrados en el estudio de factibilidad.
- 14.- Para efectos de diseño se recomienda utilizar los valores determinados para períodos de 100 años.

CAPITULO 12

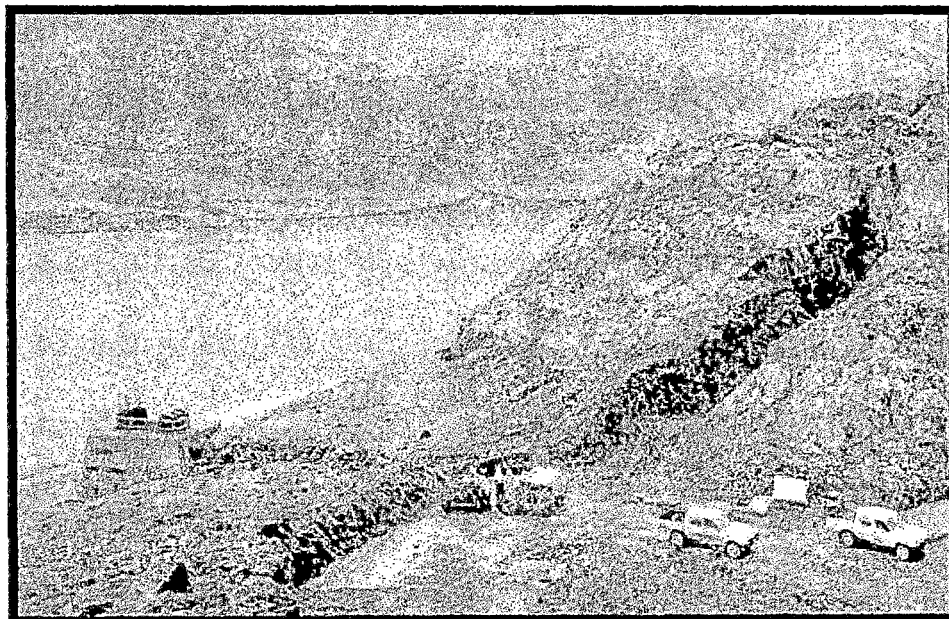
PROCESO CONSTRUCTIVO - PROYECTO MARCAPOMACOCHA

1.- CONSIDERACIONES GENERALES

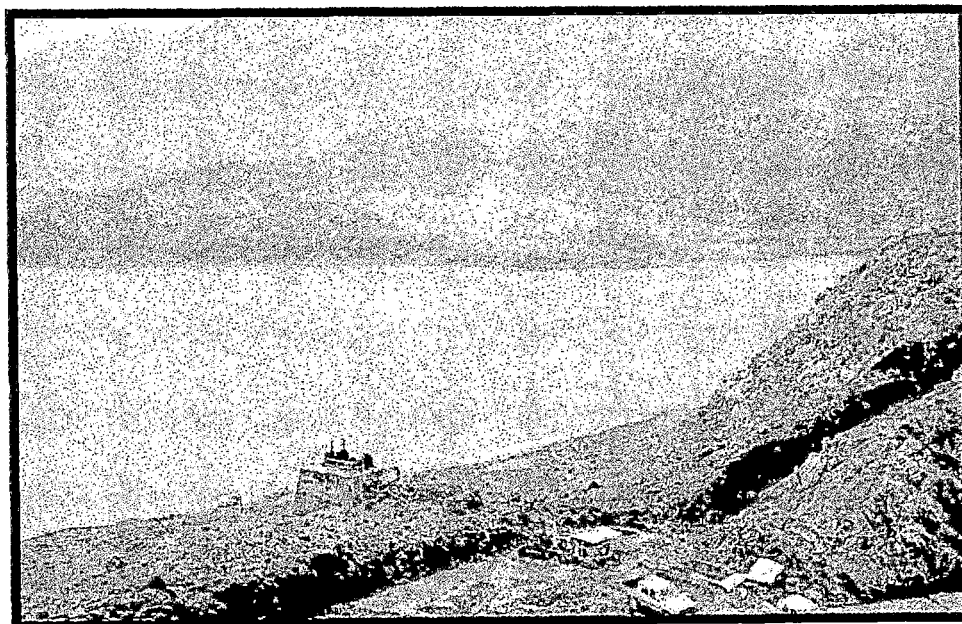
Este Capítulo esta referido a los diferentes aspectos del proceso constructivo con concreto CCR del proyecto Marcapomacocha-MARCA III. Incluye materiales, equipos, proceso de puesta en obra, y control de calidad.

Los trabajos con concreto CCR efectuados o en proceso de ejecución comprenden la Presa Vertedora y accesorios; la Presa Principal; el Dique Intermedio; el Dique Norte A; y el Dique Norte B.

El contratista ha organizado los procesos elaboración, transporte, colocación y compactación del CCR de manera de tener una operación continua, evitando interrupciones que demoran el proceso por el necesario tratamiento en las juntas.



PRESA PRINCIPAL – INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION



El contratista ha tenido en cuenta en la planeación del trabajo que se dispone de áreas muy reducidas para el acopio de agregados, programando la producción de éstos para tener un suministro adecuado.

El control de calidad diseñado permite efectuar ajustes en las proporciones de los materiales dentro de rango que se indica en la sección 4, en caso que ello fuese necesario.

La Sección 2 presenta las consideraciones de diseño y construcción que el contratista tuvo en consideración en el planeamiento general del trabajo, a fin de obtener los resultados exigidos por las especificaciones.

En todos los casos un adecuado conocimiento del proceso de trabajo con los concretos CCR contribuyó a que la programación se ejecute en las condiciones y plazos previstos.

2.- CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCION

2.1.- GENERALIDADES

Las presas de gravedad del proyecto MARCAPOMACOCHA MARCA III están diseñadas para ser construídas con concreto CCR. El diseño permite que terminado el proceso la estructura se comporte como una presa de gravedad de concreto convencional.

La presa se ha construido por capas y el contenido de pasta garantiza el comportamiento monolítico, la impermeabilidad y la durabilidad de la estructura. La unión lograda entre las superficies de las capas garantiza una masa homogénea sin tendencia a fracturarse por las juntas constructivas horizontales, permitiendo un adecuado desenvolvimiento cuando se presentan tracciones verticales generadas en eventos sísmicos severos.

En el diseño de la mezcla, a fin de controlar una buena adherencia entre capas y lograr un concreto con las características exigidas por los requerimientos estructurales, se han controlado los siguientes aspectos:

- a) Procedimientos de puesta en obra que prevengan la segregación de la mezcla.
- b) Consistencia que permita la compactación del material con cilindro vibratorio.
- c) Incorporación de pasta con características y proporción que permitan adecuada unión entre capas.
- d) Coeficiente de permeabilidad de masa que garantice la impermeabilidad esperada.

Para atender los aspectos anteriores se han desarrollado las siguientes actividades durante la construcción:

- a) Ejecución de vaciados de prueba, cuya extensión y características permiten ajustar las mezclas y afinar los procedimientos de construcción.

- b) Planeamiento y organización detallada y sistemática de todas las actividades del proyecto.
- c) Colocación del concreto CCR por capas de 30 cms de espesor, tratando de cubrir toda la superficie de las presas en un día, o como máximo en dos.
- d) Preparación de la superficie de las juntas a fin de obtener una adherencia adecuada entre capas, teniendo en consideración tiempo de terminación de éstas y características de las mezclas.
- e) Coordinación de las labores de limpieza y colocación del concreto de las cimentaciones, y de la ejecución de los paramentos.
- f) Control estricto de la calidad durante todas las operaciones de la construcción.
- g) Eliminación de todo tipo de interrupciones en el proceso de colocación que no sean debidas a lluvias intensas.

2.2.- REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES DE LAS PRESAS

El contratista conoce de la metodología seguida para el diseño estructural de las presas y de los requisitos exigidos para atender los requerimientos de diseño. Está en capacidad de efectuar los ajustes que fueran necesarios durante el proceso constructivo.

En el análisis estructural de la presas se ha incluido el análisis de estabilidad estático y el análisis de estabilidad por solicitaciones dinámicas. En

base a ambos se obtuvo la geometría de las presas.

2.3.- CRITERIOS BASICOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS

De acuerdo a los requerimientos de densidad mínima, permeabilidad, consistencia, etc, así como a los requerimientos de cargas estáticas, térmicas y sísmicas para una presa de gravedad, se seleccionó los criterios para el diseño de las mezclas del concreto CCR compactado.

A continuación se presentan dichos criterios para las mezclas correspondientes a los tres tipos de concreto empleados en las presas de MARCA III.

2.4.- CONCRETO CCR

El criterio básico de diseño para el concreto CCR de las presas de gravedad ha sido la resistencia a la tracción dinámica vertical en las juntas durante un evento sísmico. Además se ha tenido en consideración una densidad mínima, una relación pasta/mortero mínima, un coeficiente de permeabilidad máximo, una consistencia adecuada, etc.

2.4.1.- DENSIDAD Y RELACION PASTA/MORTERO

Se ha considerado que la densidad del concreto CCR depende principalmente de la densidad relativa del agregado, del volumen de aire atrapado y del contenido total de material cementante por metro cúbico de concreto. En este criterio se entiende como relación pasta/mortero al resultado de dividir el volumen de agua más cemento por el volumen de mortero.

Se consideró la posibilidad de adicionar finos no plásticos en la gradación del agregado fino para reducir el volumen de vacíos, pero se rechazó la idea al estimarse que podría llegarse a un punto en que por la adición de finos se incrementara la relación de vacíos y se produjera un aumento en la demanda de agua para una consistencia determinada con deterioro de las propiedades del concreto CCR.

2.4.2.- PERMEABILIDAD

En el diseño de las estructuras se consideró que aún cuando la permeabilidad de los concretos CCR, sin considerar el efecto de las juntas de construcción puede ser baja, la junta entre capas es el aspecto de mayor importancia en la evaluación de este parámetro.

2.4.3.- COHESION "IN SITU" EN LAS JUNTAS

Se tuvo en consideración en el diseño que la resistencia al corte entre juntas es fundamental en presas hechas con concreto CCR; siendo una propiedad que depende del tratamiento a la junta de construcción entre capas y del uso de morteros de adherencia como sello.

2.4.4.- CONSISTENCIA

Se considerará que los concretos CCR deberían tener una consistencia que permitiera compactación eficiente con cilindro vibratorio. Se consideró que ello se facilitaba modificando la cantidad de agua, el contenido de cemento o, en algunas ocasiones, el volumen de agregado de la mezcla.

2.4.5.- CRITERIOS DE DISEÑO DE MEZCLA

En las presas de MARCA III se establecieron los siguientes criterios:

- a) Densidad mínima **"in situ"** del 97% de la densidad máxima teórica.
- b) Densidad del CCR no menor de 23.5 kN/m³
- c) Relación pasta/mortero no inferior a 0.42
- d) Resistencia a la compresión de diseño (f'_c) de 8.5 Mpa a los 90

días.

- e) Resistencia a la compresión efectiva (f_c) a los 90 días dependiendo de la relación entre la resistencia a la tracción directa y la resistencia a la compresión para el concreto CCR preparado con el cemento seleccionado.
- f) Para el cálculo de la resistencia promedio de diseño (f_{cr}) se consideró un factor de sobrediseño con una desviación estandar de 3 Mpa y una probabilidad que un resultado en 10 pueda caer por debajo de f_c .
- g) Una consistencia adecuada para permitir la compactación del concreto CCR con cilindro, equivalente a un tiempo VEbe (modificado) de 20 segundos. Este tiempo puede ser ajustado en el vaciado para un rango distinto de ser necesario para mejorar la eficiencia de la compactación del CCR.

2.5.- CONCRETO PARA LAS CARAS EXTERIORES

El concreto para las caras de las presas se diseñó para colocarse con encofrados ascendentes pensando en que si el concreto era diseñado de manera de poder permanecer casi vertical sin necesidad de encofrado, y tener un acabado denso y libre de cangrejas después del desencofrado, se obtendría una protección de excelente calidad para el cuerpo del concreto CCR. El concreto cumple con los siguientes requerimientos:

- .- Un tamaño máximo del agregado grueso de 1"
- .- Un contenido relativamente alto de arena.

- .- Un contenido mínimo de cemento de 280 kg/m³
- .- Una trabajabilidad adecuada equivalente a un asentamiento de 75 mm.
- .- Una resistencia a la compresión a un día de 1.8 Mpa para facilitar el desencofrado.
- .- Una resistencia a la compresión a los 28 días de 18 Mpa.
- .- Un tiempo de inicio de fragua de 4 á 6 horas.
- .- Un contenido de aire incorporado de 4% a 6% en el concreto fresco.

2.6.- CONCRETO DE REGULARIZACION

El concreto de regularización sirve como una transición entre la roca de cimentación y el cuerpo de las presas de concreto CCR. Además se emplea en el contacto de las presas y los respaldos, en sitios estrechos para la colocación del concreto CCR, en el contacto de concreto CCR con concreto convencional y en aquellas zonas que indique la Supervisión.

El concreto de regulación cumple con los mismos requisitos del concreto CCR, excepto la consistencia que permite al concreto ser compactado por vibración. Se diseña como un concreto convencional para una edad de 90 días. Los criterios de diseño empleados fueron:

- .- Resistencia a la compresión a los 90 días de 15 Mpa.
- .- Consistencia equivalente a un asentamiento de 75 mm.
- .- Tamaño máximo del agregado grueso de 2".
- .- Contenido de aire incorporado de 4% a 6% en el concreto fresco.

2.7.- REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES

Las características del concreto compactado dependen de la calidad de los materiales, proporciones de mezcla y grado de compactación alcanzado y se clasifican en dos grupos: (a) Características de resistencia, densidad, permeabilidad, adherencia y consistencia; (b) Propiedades elásticas referidas al módulo de elasticidad y relación de Poisson. Los requerimientos físicos y mecánicos exigidos para el concreto en MARCA III son a la edad de 90 días:

- .- Resistencia a la compresión (f_c) 8.5 Mpa.
- .- Densidad mínima **"in situ"** con relación a la densidad máxima teórica 97.0%
- .- Relación mínima pasta/mortero 0.42
- .- Contenido mínimo de cemento 100Kg/m³.
- .- Consistencia de la mezcla (Vebe modificado) 20 seg.
- .- Módulo estático de elasticidad secante a la compresión al día 10 á 18 Gpa

- .- Módulo estático de elasticidad secante a la compresión a los 28 días 18 á 25 Gpa

- .- Módulo estático de elasticidad secante a la compresión a los 90 días 25 á 31 Gpa

- .- Relación de Poisson 0.12 á 0.22

2.8.- PROGRAMA DE CONSTRUCCION

Las actividades de preparación y colocación del concreto CCR se han organizado y planeado para una producción sistemática que permita obtener un producto terminado de la calidad requerida, evitando la presencia de juntas frías durante la construcción.

2.9.- PROGRAMA DE ENSAYOS

Empleando el cemento utilizado en obra se preparan y ensayan las diferentes muestras de concreto CCR, concreto de regularización, mortero de adherencia, concretos de las caras de las presas y de la superficie hidráulica de la presa vertedora y se verifica si se cumplen los requerimientos solicitados.

2.10.- PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD

La velocidad de colocación del concreto CCR exige un seguimiento permanente de los materiales, equipos, procedimientos administrativos y constructivos, así como la mano de obra empleada. Se sigue esquemas ya establecidos y aprobados por la Supervisión. El Contratista ha elaborado y cumple un programa de ensayos necesarios para el control de la calidad de los materiales y el proceso constructivo.

3.- MATERIALES

3.1.- GENERALIDADES

En esta Sección se presentan los requerimientos de calidad, manejo y utilización de los materiales requeridos para lograr un concreto CCR que reúna las características exigidas en las especificaciones.

3.2.- CEMENTO

Se emplea cemento portland normal Tipo I de la clasificación ASTM C 150. Se considera la posibilidad de emplear cementos resistentes a los sulfatos. El cemento se envía de la fábrica al punto de almacenamiento en obra del proyecto MARCA III empleando el sistema de transporte a granel. Se consigna la identificación del lote de producción, día de cargue y certificado de calidad del laboratorio del fabricante.

El cemento se almacena en obra en silos metálicos con capacidad mínima de 100 toneladas cada uno, separados entre sí 4 metros para permitir la circulación de aire. La capacidad de almacenamiento no es menor a 300 toneladas.

El empleo del cemento se ha programado por el uso sistemático de los silos con el fin de utilizar primero el de mayor edad en la obra y evitar que éste permanezca almacenado por un período mayor de 90 días.

3.3.- AGREGADOS

Los agregados para la elaboración del concreto CCR se obtienen de una cantera localizada en la hacienda Corpacancha, ubicada en el Km. 9 de la carretera a Marcapomacocha. El contratista separa, tritura, lava, clasifica y procesa la roca, hasta obtener agregado de los tamaños y características solicitados en las especificaciones.

Los agregados fino y grueso seleccionados deben cumplir con las especificaciones de la Norma ASTM C 33. El porcentaje en peso de partículas planas o alargadas no deberá ser mayor del 30%.

La granulometría de referencia para el concreto CCR es la siguientes:

TAMIZ	% QUE PASA
50.800 mm (2")	100
38.100 mm (1 1/2")	84 - 100
25.400 mm (1")	73 - 88
19.000 mm (3/4")	63 - 79
9.510 mm (3/8")	52 - 63
4.760 mm (N° 4)	42 - 50
2.400 mm (N° 8)	33 - 40
1.200 mm (N° 16)	27 - 33
0.600 mm (N° 30)	20 - 25
0.300 mm (N° 50)	14 - 20
0.150 mm (N° 100)	8 - 16
0.074 mm (N° 200)	3 - 10

El contratista procesa y clasifica los agregados fino y grueso en forma separada y en el número de grupos de tamaños que considera necesarios y los combina de tal manera que la mezcla se ajusta a la granulometría indicada. El contratista está autorizado a efectuar los ajustes necesarios en la granulometría.

El contratista está autorizado a producir el agregado fino en uno o más grupos de tamaños de manera que en forma individual o combinados cumplan la granulometría elegida. Igualmente, el contratista procesa y clasifica el agregado grueso por lo menos en dos grupos de tamaños que maneja y almacena por separado.

El contratista presenta a la Supervisión, para su aprobación o comentarios, las bandas granulométricas de los grupos de tamaños y proporciones seleccionadas para cada uno de ellos, así como muestras de los

agregados producidos en la planta de trituración. La Supervisión puede ordenar modificaciones en la granulometría de los grupos y variaciones en las proporciones de los diferentes tamaños a fin de optimizar las mezclas de concreto CCR.

En el almacenamiento de los agregados, aprobado por la Supervisión, se ha tenido en consideración lo siguiente:

- .- Los diferentes grupos de agregados, clasificados por tamaño y procedencia, se mantienen separados.
- .- El almacenamiento del agregado grueso se hace en las proximidades de la planta de producción de concreto, al aire libre, en sitios preparados previamente con un piso de concreto y sistemas de drenaje que eviten el empozamiento de agua de lluvia.
- .- El agregado fino se protege de las lluvias, la nieve y la exposición directa al sol, utilizando una estructura de techo.
- .- El contratista mantiene en todo momento un volumen mínimo almacenado de agregados de 20,000 m³.

3.4.- AGUA

El agua empleada para la preparación de mezclas y curado del concreto cumple con los requisitos de calidad exigido en el numeral 4 de las especificaciones técnicas, volumen V, licitación pública N° 049-97 de SEDAPAL.

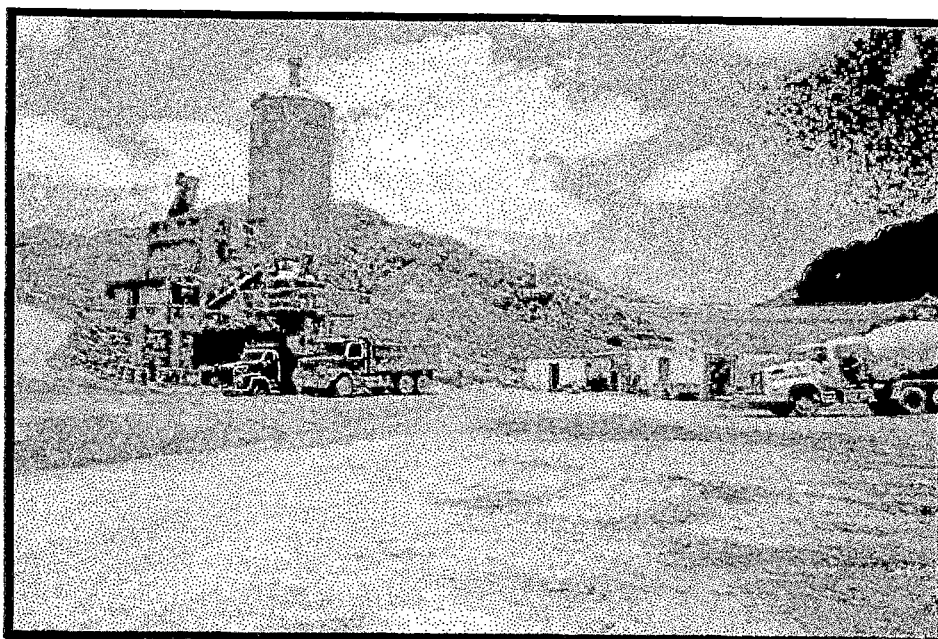
3.5.- ADITIVOS

Para la producción del concreto CCR no se ha considerado necesario el empleo de aditivos. Si el contratista estima conveniente la utilización de alguno debe contar con la aprobación de la Supervisión, quién podrá no autorizar su uso si considera que pueden desmejorar las características del CCR.

4.- FABRICACION DEL CONCRETO CCR

4.1.- GENERALIDADES

La planta empleada para la fabricación del concreto CCR tiene una capacidad mínima efectiva de 60 m³/hora de concreto colocado y compactado. El contratista tuvo la planta instalada y lista para operación 30 días antes de las operaciones del llenado de prueba. La responsabilidad de la realización de los ensayos preliminares para tener la planta en óptimas condiciones fue de responsabilidad del contratista. La Supervisión aprobó el esquema del tipo de planta que se proponía emplear, de las instalaciones correspondientes, los factores de eficiencia, utilización, horas de trabajo, procedimientos de reparación, etc. Igualmente aprobó los stock de repuestos y los procedimientos de mantenimiento y reparación de la planta, de modo de no afectar el suministro del CCR.



MODERNA PLANTA DOSIFICADORA DE CONCRETO

4.2.- COMPOSICION DE LAS MEZCLAS

Las dosificaciones para los concretos utilizados en MARCA III están dentro de los siguientes rangos:

CONCRETO	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	CEMENTO	AGUA TOTAL
CCR	1200-1400	900-1100	100-120	100-130
CARAS	970-1100	800-1000	260-300	170-190
VERTEDERO	900-1100	800-1000	300-320	170-190
REGULARIZACION	1100-1200	800-1000	180-230	170-190

La Supervisión, mediante muestreo y ensayos, controla las características físicas y mecánicas del concreto y, dado el caso, optimiza las proporciones de las mezclas dentro de los rangos establecidos.

4.3.- EQUIPOS Y FABRICACION DEL CONCRETO CCR

El equipo de fabricación del concreto CCR empleado en MARCA III se ciñe a las especificaciones, habiendo sido ajustado en obra de acuerdo a los resultados obtenidos durante el llenado de prueba. El equipo utilizado esta en buenas condiciones de funcionamiento.

La ubicación de la planta de mezcla fue determinada por el contratista, estando cerca de la obra. Cuando ello es necesario se efectúan los cambios o ajustes convenientes para garantizar una mezcla sin segregación.



FABRICACION DEL CCR

Dentro de los 90 días al recibo de la autorización de inicio de las obras, el contratista presentó a la Supervisión las características del equipo definitivo a ser utilizado, demostrando la capacidad de la planta para producir el concreto CCR, la uniformidad de la mezcla elaborada y de los valores de dosificación dentro de las tolerancias especificadas.

La aprobación final del equipo se dió de acuerdo al comportamiento que tuvo durante la construcción del llenado de prueba y hechos los ajustes necesarios. Durante la ejecución de la obra la Supervisión está autorizada a ordenar el retiro de cualquier equipo y/o accesorio que no esté de acuerdo con las especificaciones o afecte el rendimiento o calidad de la obra.

El material procedente de la cantera es transportado a la trituradora o sitios de almacenamiento de material no triturado mediante un sistema de bandas transportadoras. Los sistemas de transporte del agregado fino están protegidos de las lluvias y la exposición directa al sol.

Las tolerancias en peso para la alimentación de materiales a la planta estan dentro de más o menos 1% para el cemento; 3% para el agua; y 5% para los agregados y aditivos.

5.- CONTROL DE CALIDAD DE LAS MEZCLAS CCR

5.1.- ALCANCE

Debido a la rápida tasa de colocación del concreto compactado, los resultados de ensayos de resistencia a la compresión y tracción directa en cilindros de concreto CCR, aunque suministran información valiosa, no resultan efectivos para el control de la calidad de la construcción. Por ello en obra se da énfasis al control de calidad durante la producción, transporte y almacenamiento de los materiales; y mezclado, transporte, riego y compactación del concreto compactado.

En esta Sección nos ocuparemos del proceso de toma de muestras y ensayos que se realizan para garantizar en el proyecto MARCA III la calidad de las mezclas CCR. Este proceso es de responsabilidad del contratista, quién elaboró un programa de control de calidad con anterioridad a la iniciación de la colocación del concreto CCR. El contratista efectúa este control de calidad y suministra la información a la Supervisión para revisión y aprobación.

Adicionalmente, la Supervisión efectúa ensayos de campo y toma muestras para realizar sus propias pruebas. El contratista suministra equipos y herramientas y da las facilidades necesarias para el control de calidad

5.2.- CEMENTO

Las tomas de muestra y ensayos se realizan por el contratista tanto en fábrica como en obra. Los ensayos de verificación son realizados por un

laboratorio independiente. El cemento debe cumplir con los siguientes requisitos físicos:

- .- Finura Blaine, mínimo 2800 cm²/gr.
- .- Máximo retenido en el tamiz de 0.045 mm de 15%
- .- Expansión en el autoclave máxima de 0.80%
- .- Tiempo inicial de fraguado Vicat mínimo 90 minutos.

Las muestras simples se toman, de acuerdo a ASTM C 150, cada hora para cada 400 toneladas de producción. Con ellas se prepara una muestra compuesta representativa a la cual se le efectúan los siguientes ensayos:

- .- Material retenido en las mallas de 0.074 mm (Tamiz N° 200) y de 0.045 mm (Tamiz N° 325)
- .- Finura y superficie específica Blaine
- .- Pasta de consistencia normal
- .- Tiempos de fraguado inicial y final
- .- Gravedad específica.

5.3.- AGREGADOS

El tipo y frecuencia de repetición de los ensayos que se ejecutan en los agregados son:

- .- Granulometría para cada grupo tamaño de agregado fino y grueso: diariamente o por cada 20000 m³ de concreto CCR colocado.
- .- Partículas planas y alargadas: una vez cada 12000 m³ de concreto CCR colocado.
- .- Gravedad específica, absorción, peso unitario: una vez cada semana.
- .- Materia orgánica, partículas deleznales: una vez cada dos semanas.
- .- Durabilidad en sulfato de sodio, desgaste en la máquina de Los Angeles: mensualmente.

5.4.- DENSIDAD MAXIMA TEORICA Y CONSISTENCIA

La densidad máxima teórica (DMT) es el parámetro empleado como referencia para las densidades medidas con el consistómetro Vebe, como también para las densidades tomadas "in-situ".

Cada vez que se da inicio a la producción de concreto CCR en la planta de mezclas, se realizan ensayos a intervalos de 20 minutos con el consistómetro Vebe modificado para determinar el tiempo y la densidad Vebe.

El tiempo Vebe óptimo, con el cual se logra la mayor eficiencia en la compactación de de 20 segundos más o menos 5, pero se admiten mezclas con tiempos Vebe entre 20 y 30 segundos. Las mezclas de concreto CCR con tiempos Vebe fuera de ese rango se desechan. Adicionalmente, la densidad Vebe debe ser igual o mayor al 97% de la densidad máxima teórica.

Las mezclas de concreto CCR con tiempos Vebe fuera de este rango se desechan. Adicionalmente, la densidad Vebe deberá ser igual o mayor al 97% de la densidad máxima teórica. Si los valores obtenidos en cuatro ensayos consecutivos para el Tiempo y densidad Vebe son similares a los establecidos anteriormente, los ensayos de control de consistencia se realizan cada dos horas; si en uno de estos controles no se cumple con lo esperado, el contratista hace inmediatamente los ajustes necesarios para mantener los parametros de control dentro de los valores esperados. Adicionalmente ejecuta nuevamente los ensayos de consistencia a intervalos de 15 minutos hasta lograr resultados aceptables en cuatro ensayos consecutivos.

Si el tiempo Vebe para las mezclas de concreto CCR se encuentra dentro del rango indicado pero la densidad Vebe es inferior al 96,5% de la DMT, la mezcla se rechaza. Si la densidad Vebe se encuentra entre 96,5% y 97,5% de la DMT, la Supervisión acepta la mezcla condicionada a los resultados de los ensayos de densidad en obra.

5.5.- CONTROL DE DENSIDAD EN OBRA

El control de calidad del concreto compactado en obra se efectúa con base en las recomendaciones que se indican a continuación:

- .- Se toman lecturas de densidad húmeda en dos sitios por cada 250 m² de área colocada y compactada de concreto CCR. Para ello se demarca cada área de 250 m² para cada capa de concreto CCR que está siendo colocada, donde se ejecutarán los ensayos. En cada sitio se toman densidades a 300 mm de profundidad, utilizando un densímetro nuclear. Cuando los resultados exceden los límites de uniformidad, el contratista hace los ajustes necesarios para mantener la densidad húmeda **"in-situ"** dentro de los límites de uniformidad.

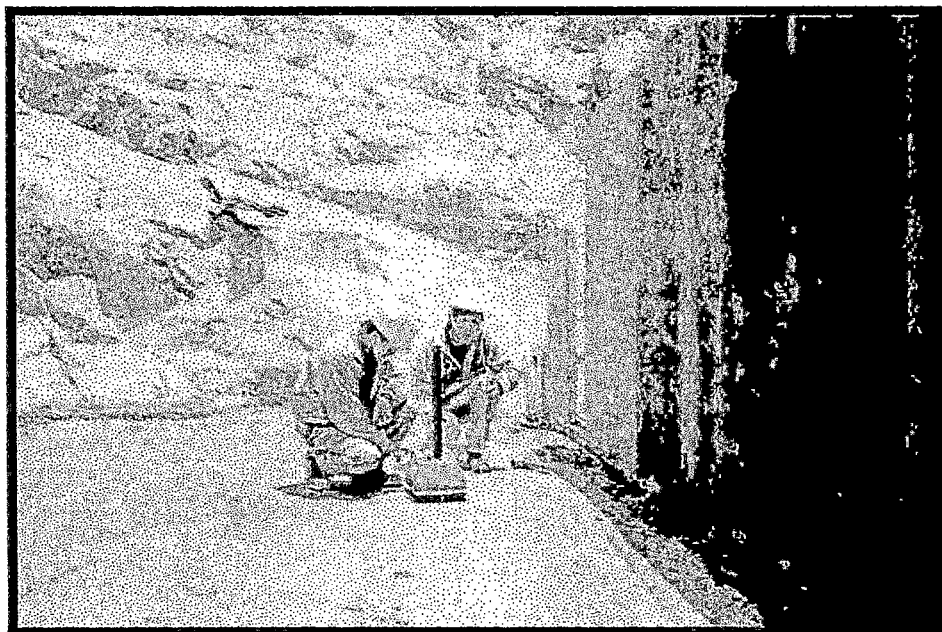
- .- Las medidas de densidad y humedad del concreto CCR colocado y compactado se realizan con un densímetro nuclear, de acuerdo a lo establecido en las Normas ASTM 2922, 2950, y 3017. El densímetro se calibra de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

- .- En los registros de ensayos de densidad húmeda **"in-situ"**, el valor promedio no debe ser inferior al 97% de la DMT.

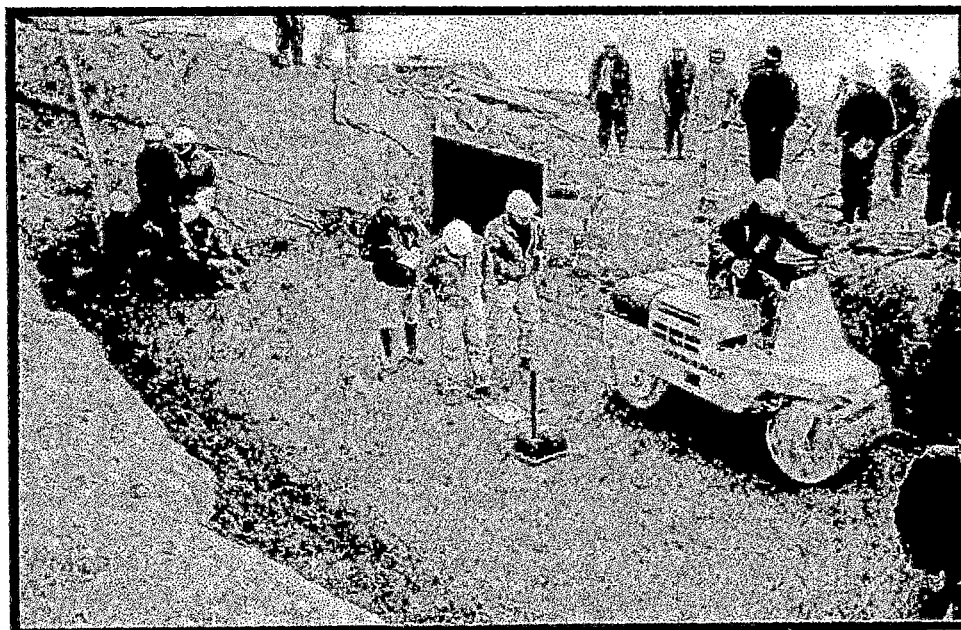
- .- Si la densidad húmeda **"in-situ"** del concreto CCR compactado es inferior al 96.5% de la DMT, éste es rechazado. Sin embargo, si dentro de los 30 minutos después de regado el material rechazado, es posible recompactarlo hasta alcanzar el 97.5% de la DMT se acepta, en caso contrario se remueve y retira.

5.6.- CONTROL DE HUMEDAD DEL CONCRETO CCR

El contratista no deberá adicionar agua a la mezcla después de salir de la planta. En cuanto al contenido de agua libre del concreto CCR compactado deberán cumplirse las siguientes normas:



CONTROL DE COMPACTACION CON DENSIMETRO NUCLEAR



- .- No más de 2 resultados, de 10 ensayos consecutivos de CCR compactado y recibido, deberán tener un contenido de agua libre superior o inferior a 3% del contenido definido en el diseño de la mezcla.

- .- El promedio del contenido de agua libre en 10 ensayos consecutivos del concreto CCR compactado y recibido, deberá estar dentro del 3% del contenido definido en el diseño.

La diferencia entre el contenido de agua libre, calculado inmediatamente después de la mezcla del concreto CCR, y después de su colocación, no deberá exceder a un 5% con respecto al primer contenido mencionado, siempre que cumpla con los valores exigidos para la densidad húmeda del concreto CCR.

Si el contenido de agua libre del concreto CCR es superior o inferior en más del 5% al contenido determinado en el diseño, el material se remueve y retira del vaciado.

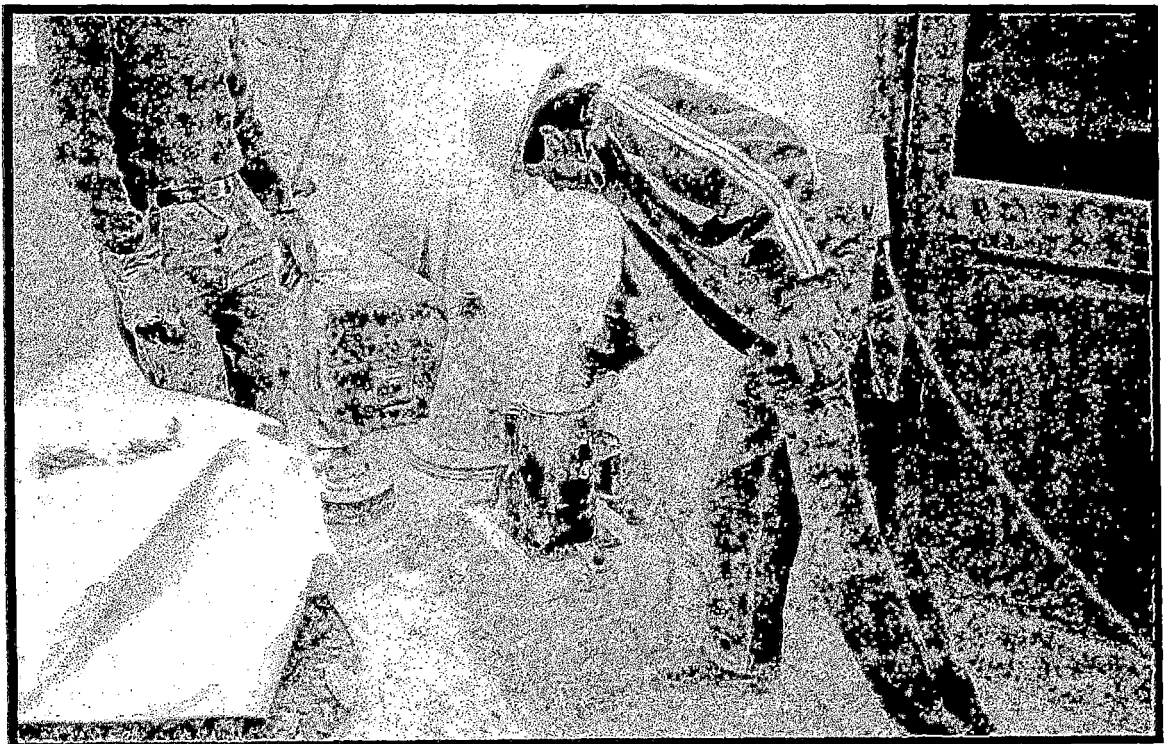
Cuando el contenido de agua libre del concreto CCR se encuentra por encima de los límites de uniformidad ya especificados, el contratista hace los ajustes necesarios para mantener el volumen de agua libre dentro de los límites establecidos. Estos ajustes incluyen:

- .- Suspender la colocación del concreto CCR.

- .- Proteger el concreto CCR en estado suelto de la exposición directa al sol.



DETERMINACION DEL TIEMPO Y DENSIDAD VEBE



MUESTREO DE PROBETAS CCR

- .- Hacer los ajustes necesarios en los agregados, o en el manejo, dosificación y mezcla de los materiales constituyentes del concreto CCR.

5.7.- CONTROL DE RESISTENCIA DEL CONCRETO CCR

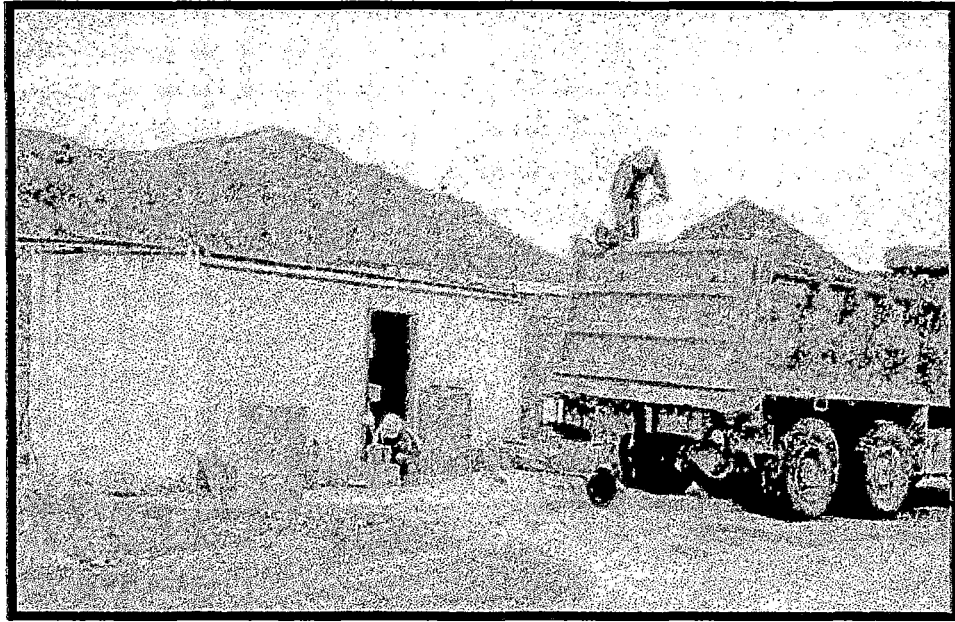
El contratista proporciona los moldes para la preparación de las probetas de control del CCR. El número de probetas es el necesario para efectuar el control de calidad exigido por las especificaciones y el control se efectúa por el contratista de acuerdo con ellas y las recomendaciones de la Supervisión.

En cada turno de trabajo se moldean 6 probetas de 6" x 12" para ensayos de resistencia a la compresión y otras pruebas a las edades indicadas por la Supervisión. La toma de muestras se ejecuta en una mesa vibratoria que permite simultaneo de al menos dos cilindros. La toma de muestras y la ejecución de los ensayos son efectuados por la Supervisión.

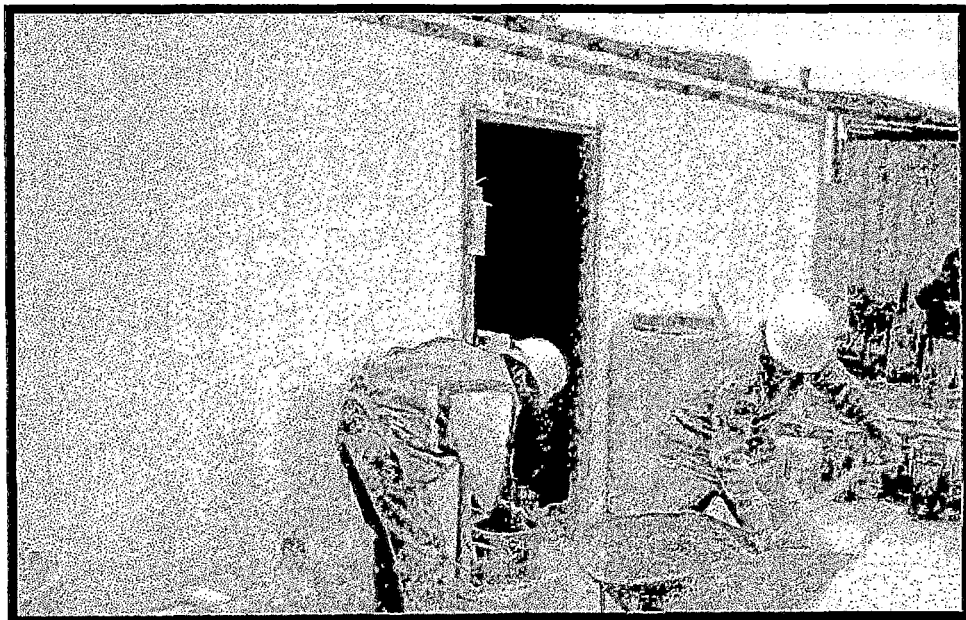
Debido al alto número de probetas a ser curadas en condiciones controladas se utiliza cuartos húmedos de acuerdo a ASTM C 511.

5.8.- ENSAYO DEL TIEMPO VEBE

Este ensayo tiene por objeto determinar el tiempo Vebe de un concreto de baja a muy baja trabajabilidad, equivalente a asentamiento nulo medido en el Cono de Abrams.



MUESTREO DE MEZCLA CCR



ENSAYO DE CONSISTENCIA VEBE "IN-SITU"

5.8.1.- APARATO

El aparato empleado en este ensayo es similar al equipo Vebe estándar, el cual se describe en la Norma BS 1881, incluyendo las modificaciones indicadas más adelante con respecto a sobrecarga y procedimiento de prueba.

5.8.2.- PROCEDIMIENTO

Ha continuación se detallan los pasos que se siguen para determinar el tiempo Vebe:

- .- Se verifica la limpieza de los recipientes, los cuales deben estar secos.
- .- El aparato se coloca en una superficie rígida, nivelada y libre de vibración externa.
- .- El recipiente se llena con concreto en forma similar al ensayo de peso unitario al estado suelto de los agregados.
- .- El recipiente se asegura a la mesa vibratoria por medio de dos chapolas.
- .- La superficie del recipiente lleno se enrasa con una regla.
- .- El disco transparente con la sobrecarga se coloca sobre el concreto.
- .- El encendido de la vibración de la mesa y la activación del cronómetro se hacen simultanea e inmediatamente después de colocado el disco.

El remoldeo del concreto en el recipiente se observa a través del disco transparente. En el momento en que toda la superficie inferior del disco transparente está cubierta con pasta, se registra el tiempo correspondiente como tiempo Vebe. El consistometro se deja en operación hasta los dos minutos de vibración, cuando se detiene para determinar la densidad Vebe.

El informe sobre el ensayo contiene la siguiente información básica:

- .- Fecha del ensayo
- .- Identificación y localización de la muestra
- .- Tiempo Vebe (modificado) en segundos.

5.9.- ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD VEBE

En este ensayo se utiliza el mismo procedimiento utilizado para determinar el tiempo Vebe y se continua la vibración hasta alcanzar el tiempo de dos minutos. Luego:

- .- Se limpia el disco transparente de manera que la totalidad del concreto quede en el recipiente.
- .- Se pesa el recipiente y el concreto.
- .- Se acaba de llenar con agua el recipiente que contiene el concreto.

- .- Se pesan el recipiente, el concreto y el agua.

La densidad Vebe (kg/m³) se calcula mediante la conocida fórmula:

$$\text{Densidad Vebe} = (M_c - M_o)/V_o - (M_w - M_c)/w$$

V_o = Volumen del recipiente (lt)

M_o = Peso del recipiente (kg)

M_c = Peso del recipiente y concreto (kg)

M_w = Peso del recipiente, concreto y agua (kg)

W = Densidad del agua (kg/lt)

5.10.- VACIADO DE CILINDROS

Para el vaciado de cilindros de concreto CCR en la mesa vibratoria se requiere:

- .- Mesa vibratoria con una capacidad para el vaciado simultáneo de mínimo ocho cilindros de concreto. La mesa debe tener una amplitud de vibración variable entre 0.35 mm y 1,50 mm y una frecuencia de vibración mínima de 3600 cpm. La vibración deberá ser en sentido vertical.
- .- Moldes de 15 cms de diámetro por 30 cms. de altura acondicionados para acoplarse a la superficie de la mesa, selladas en sus juntas.

Para el proceso de vaciado se sigue el procedimiento indicado a

continuación:

- .- Se acopla los moldes a la mesa vibratoria mediante las tuercas mariposa.
- .- Se limpia la superficie interior del cilindro con una estopa húmeda.
- .- Se vacía la primera capa y se enciende la mesa vibratoria durante mínimo un minuto.
- .- Se vacía la segunda capa hasta el borde del molde y se vibra.
- .- Se vacía la tercera capa hasta el borde del molde y se vibra y enrasa apoyando un disco metálico en el borde del molde realizando movimientos circulares sobre el perímetro del borde superior.

6.- TRANSPORTE DEL CONCRETO CCR

6.1.- GENERALIDADES

El concreto es transportado desde la planta de mezclas hasta el sitio de colocación empleando procedimientos que permiten controlar la segregación, que no se produzca contaminación, y que se eviten cambios de humedad.

Se distinguen dos etapas en el transporte de la mezcla; la primera comprende desde la planta hasta entrar en la zona de las presas y la segunda comprende el transporte en el interior del cuerpo de la presa.

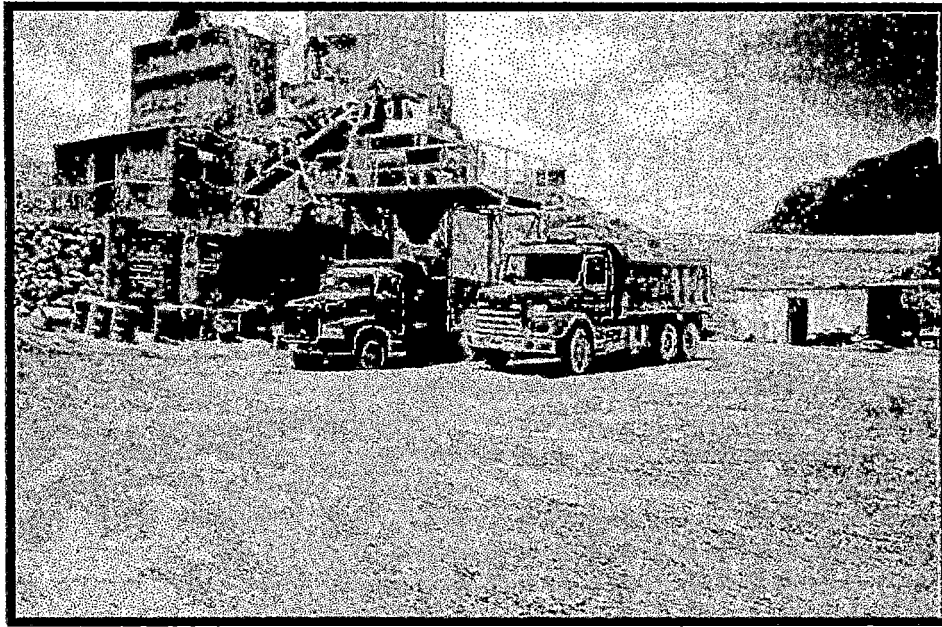
6.2.- TRANSPORTE DESDE LA PLANTA A LA PRESA

El sistema de transporte del concreto CCR desde la planta de mezclas hasta las presas es mediante fajas transportadoras o camiones. El tiempo transcurrido desde la terminación del mezclado hasta completar la compactación es inferior a 60 minutos. La Supervisión lleva un registro sobre este aspecto y en caso que se exceda el tiempo de transporte fijado en el esquema de colocación, la mezcla es rechazada y se retira de la zona, llevándola a un sitio de desperdicio aprobado por la Supervisión.

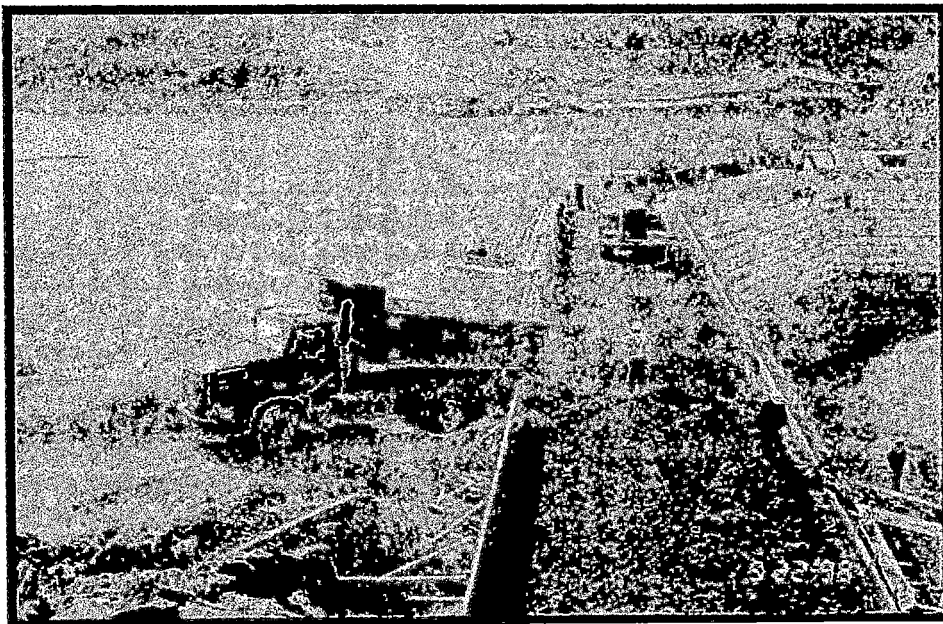
Al llegar la mezcla a la superficie de las presas se transfiere a camiones de volteo o a un sistema de fajas distribuidoras. El sistema de fajas entre la planta de mezclas y las presas se opera a una velocidad óptima que evite la segregación del material.

Las fajas transportadoras están cubiertas para prevenir el secado excesivo de la mezcla del concreto CCR por efecto del viento y del sol, y para evitar el exceso de humedad por lluvia. En la estación de transferencia del sistema de fajas sobre las presas se han instalado mecanismos para limpiar la parte inferior de las fajas de cualquier material que se pueda haber adherido, obligándolo a caer a las tolvas de entrega.

Además, se han instalado bandejas o cubiertas bajo las fajas en el tramo correspondiente a la superficie de la presa, para evitar que caiga mezcla que pueda haber quedado adherida a dichas fajas.



TRANSPORTE Y COLOCACION DE CCR



El sistema de fajas ha sido diseñado para que permita un fácil mantenimiento durante la operación, especialmente la reposición de rodillos y motores. El retorno de las cintas se hace en tal forma que se previene la contaminación de éstas.

El diseño y método de operación de las fajas es sometido a la aprobación de la Supervisión antes de su utilización, aprobándose igualmente criterios que permitan trabajar en forma continua durante las 24 horas del día.

El sistema de fajas tiene inclinaciones límites adecuadas para evitar que se produzca segregación en las mezclas de concreto CCR; además tiene una capacidad real ajustada a los diferentes factores de eficiencia y utilización.

En los sitios donde se producen cambios en las condiciones de transporte se intercalan tolvas o estaciones de transferencia que garantizan la continuidad del transporte sin que se segregue la mezcla. La capacidad de las tolvas es adecuada para no interferir con el suministro de la mezcla de concreto CCR.

6.3.- TRANSPORTE EN EL INTERIOR DE LA PRESA

Se utiliza camiones sobre la superficie de la presa en construcción para transferir la mezcla hasta los sitios de colocación. Se ha adecuado un sistema de limpieza para el reingreso a la misma.

Los camiones, como los demás equipos para la colocación del concreto CCR, se mantienen en condiciones de funcionamiento óptimas, no permitiéndose que derramen o dejen caer aceite, grasa u otras sustancias contaminantes al concreto, para lo cual han sido equipados con bandejas inferiores; igualmente están prohibidos de abastecerse de combustible o recibir mantenimiento dentro del área de colocación del concreto CCR.

Igualmente, los vehículos de transporte operan de manera que en ningún momento produzcan giros cerrados, frenadas bruscas, o cualquier operación que pueda producir daños a la mezcla ya compactada.

El contratista está autorizado a considerar el transporte de la mezcla de concreto CCR en el cuerpo de la presa por medio de fajas distribuidoras móviles similares al sistema Rotec.

6.4.- CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS

Los sistemas de transporte del concreto CCR desde la planta de mezcla hasta los sitios de colocación en las presas, tienen una capacidad efectiva de acuerdo a los diferentes factores de eficiencia y utilización y se cuenta con suficiente equipo de reserva de acuerdo a lo estipulado en las especificaciones de la obra.

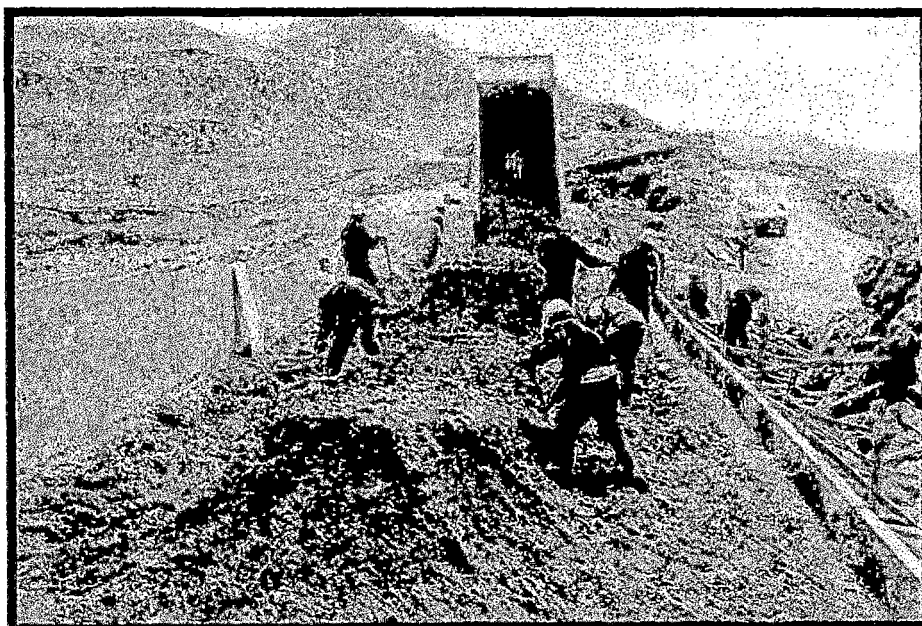
7.- COLOCACION DEL CONCRETO CCR

7.1.- GENERALIDADES

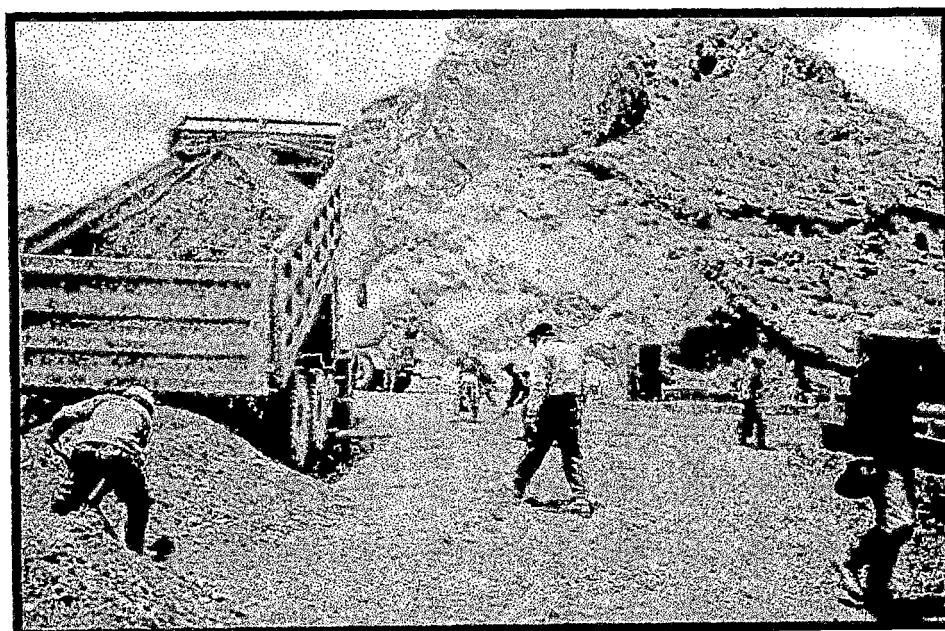
En general, la construcción de la masa de concreto CCR, tanto en los diques como en las presas, es una operación prácticamente continua.

El contratista dispone en obra en todo momento y en buen funcionamiento de los equipos para la colocación del concreto CCR, pero no puede iniciar la colocación hasta recibir autorización de la Supervisión, quién la da cuando se han cumplido todos los requisitos previos estipulados en las especificaciones. Entre ellos se cuentan:

- .- La superficie de las capas de concreto CCR debe ser tratada de acuerdo a los requerimientos de la Sección 12.
- .- Los concretos de las caras de las presas correspondientes a una capa de concreto CCR deben estar listos o suficientemente adelantados de manera que permitan, sin deformarse, la colocación y compactación del concreto compactado entre ellos.
- .- El concreto de regularización en la cimentación y los de obras especiales deberán estar listos dentro del espacio de la capa. Igualmente los tratamientos de la roca de cimentación deberán estar listos.
- .- Las obras de control de aguas para prevenir daños a la capa en construcción deberán estar listas.



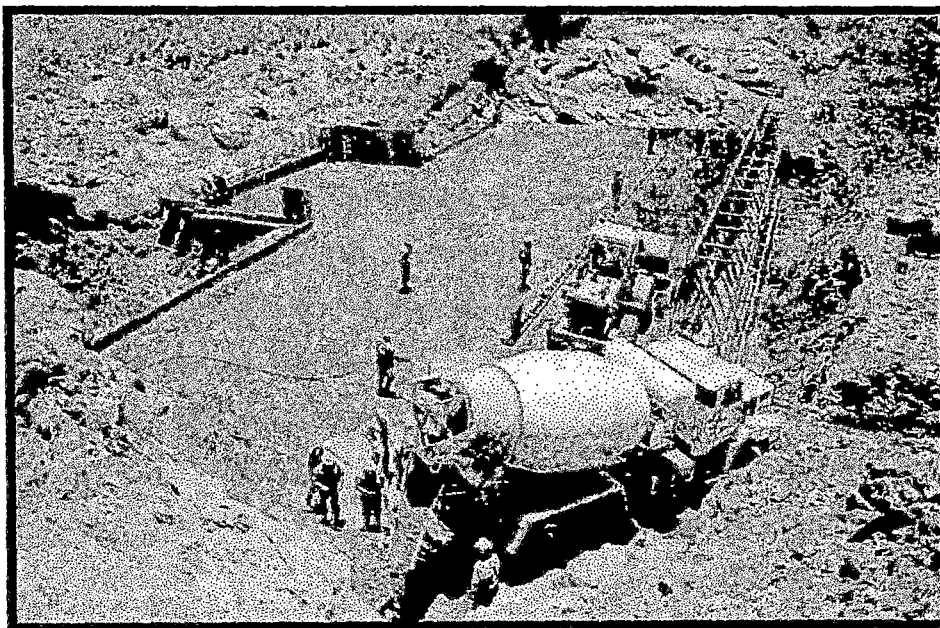
COLOCACION Y ESPARCIDO DE CCR



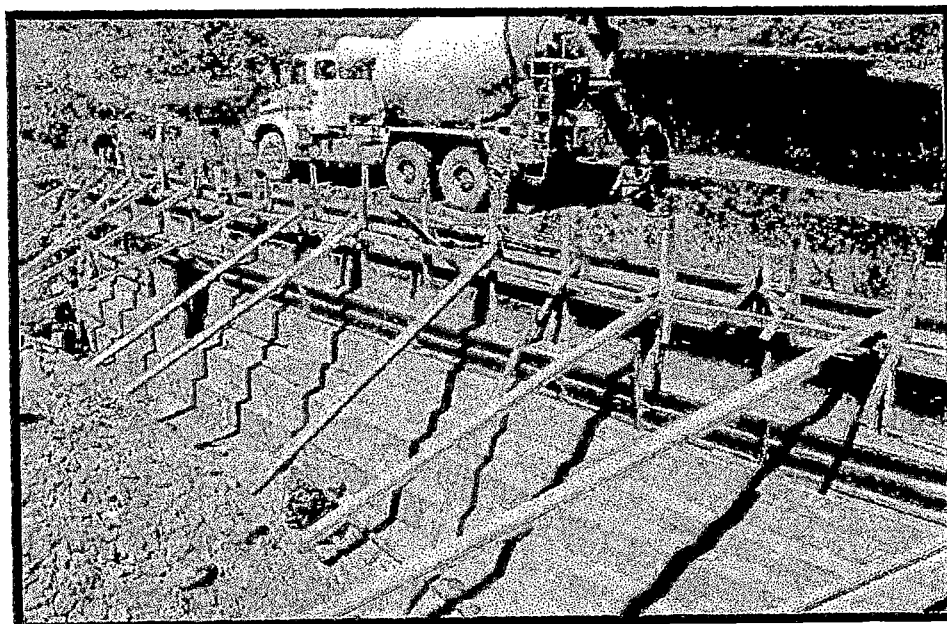


COLOCACION DE MORTERO BEDDING MIX





COLOCACION DE CONCRETO FACE-MIX



- .- El contratista deberá tener almacenados suficiente cemento y agregados que garanticen que no habrá deficiencias durante el vaciado.
- .- Todos los equipos deberán estar listos, limpios y en condiciones normales de operación.
- .- El contratista deberá contar con todas las facilidades e instalaciones que puedan requerirse durante el proceso constructivo.

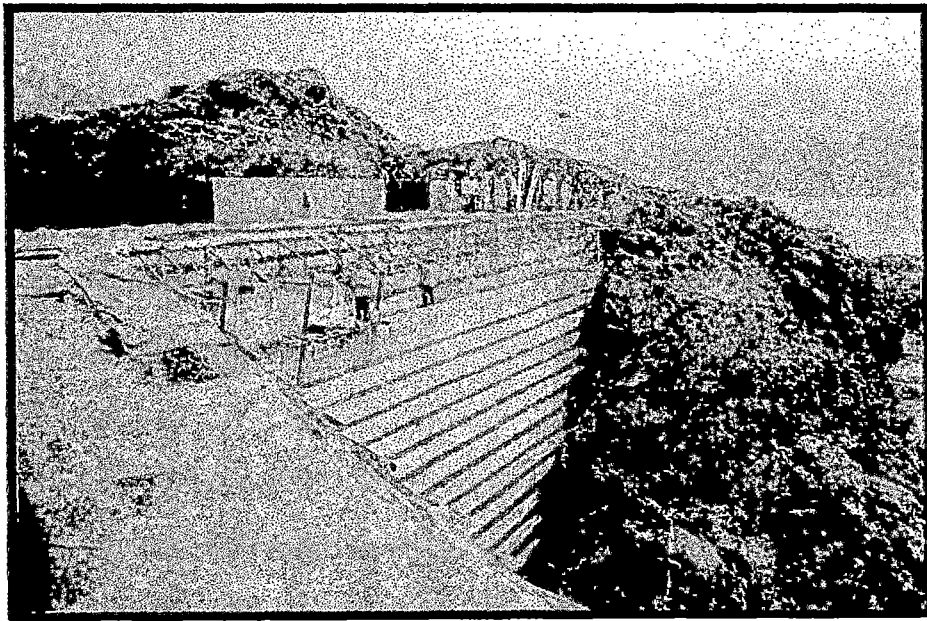
7.2.- CONDICIONES CLIMATICAS

El contratista planifica la colocación del concreto CCR prácticamente durante todo el tiempo, permitiéndose suspensiones sólo por lluvias y en época de descanso y revisiones programadas de los equipos, en fechas aprobadas por la Supervisión, no permitiéndose interrupciones por otras causas salvo de fuerza mayor.

El contratista está autorizado a suspender la colocación del concreto CCR cuando la intensidad de las lluvias exceda de 2,5 mm/hora, o cuando observe que el rodillo de compactación empieza a forzar la salida de lechada a la superficie o la pasta se adhiere al tambor del rodillo.

7.3.- PROGRAMACION DE LA COLOCACION DEL CCR

El contratista presentó a la Supervisión, para su revisión y aprobación,



PROTECCION DEL CCR EN CASO DE LLUVIAS SEVERAS



el cronograma detallado de colocación del concreto CCR en la presa. El cronograma fue presentado 90 días antes de la fecha programada para la iniciación de la colocación del concreto CCR en la losa de prueba. Dentro de los 15 días a la recepción del cronograma, la Supervisión dió su aprobación, presentando al contratista las observaciones al mismo.

Este programa fue ajustado inmediatamente después de completar el llenado de prueba, incorporandose los resultados obtenidos y fue nuevamente presentado para su aprobación por la Supervisión.

El plan de colocación del concreto CCR fue preparado de acuerdo a las premisas indicadas en esta Sección y fue la base para planear la producción diaria de materiales; el suministro de cemento; las características, tamaño y número de equipos; la clasificación y número de supervisores y trabajadores; la organización de horarios y turnos de trabajo; la preparación y mantenimiento de vías y demás instalaciones; y, en general, todas las instalaciones y suministros para dar cumplimiento al programa de colocación del concreto CCR atendiendo todos los requerimientos de calidad estipulados en las especificaciones.

En la ejecución del plan de colocación del concreto CCR, el contratista tiene en consideración las siguientes premisas:

- Se debe cubrir totalmente la superficie de las presas con una capa en una operación continua que no debe durar más de 16 horas para la capa de máximo volumen, teniendo en cuenta que las capas son de 30 cms de espesor después de compactadas.
- El contratista está en capacidad de colocar 60 m³/hora de concreto CCR

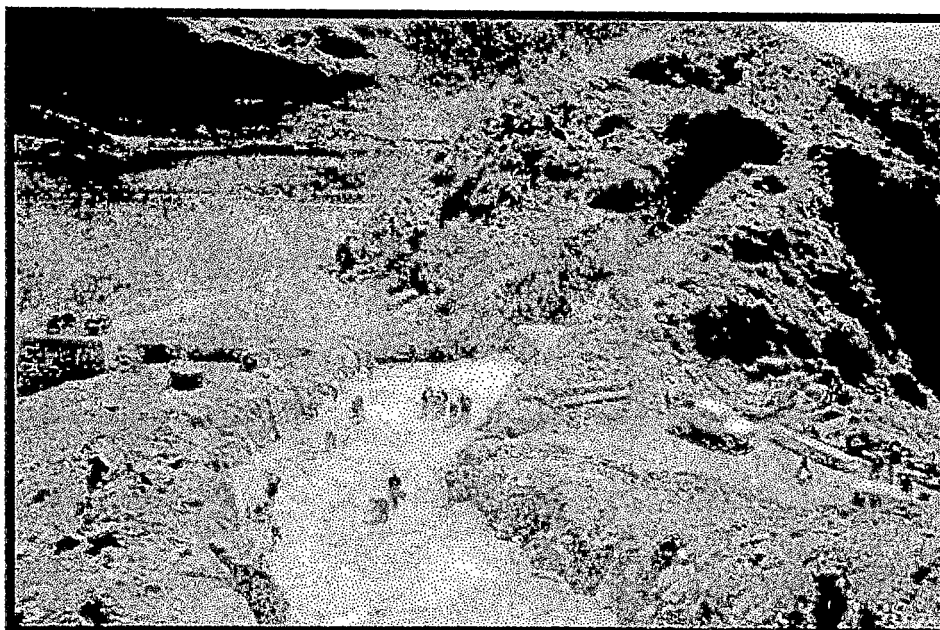
compactado y terminado a satisfacción de la Supervisión.

- .- Se toman en cuenta las paradas programadas para revisiones y mantenimiento preventivo de los equipos, para descanso periódico del personal, y las suspensiones debidas a lluvias.
- .- En las suspensiones en la colocación del concreto debidas a lluvias, la capa en ejecución se completa dentro de un plazo de 24 horas desde su iniciación.
- .- En el caso de la Presa Vertedera, el contratista debe suspender la colocación del concreto CCR para ejecutar la totalidad o parte del talud y pilas del vertedero. La duración de la suspensión está relacionada con el plan de construcción de la estructura de control del vertedero propuesto por el contratista y aprobado por el Supervisor.
- .- El programa presentado a la Supervisión se complementa con la información adicional necesaria.

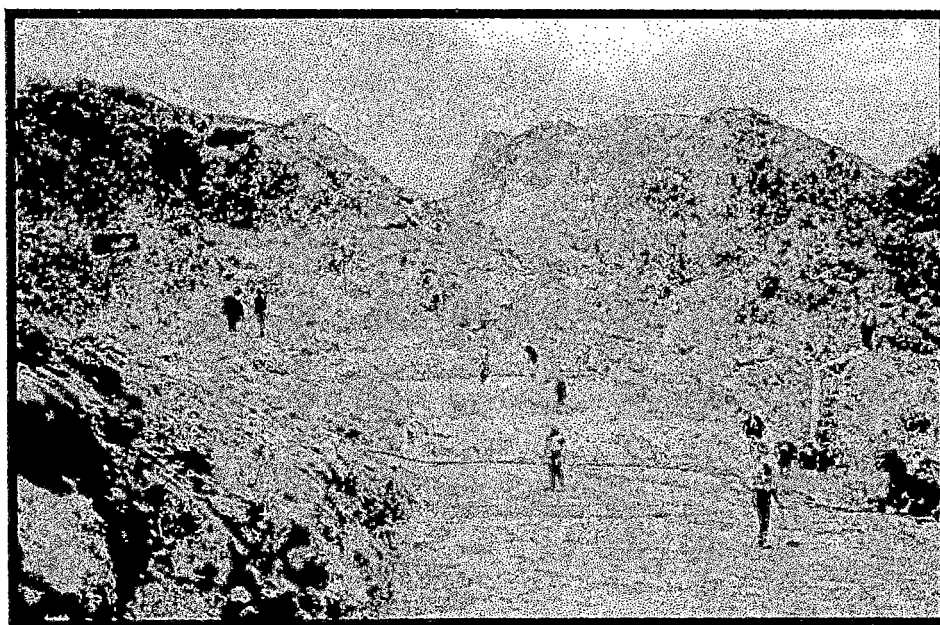
7.4.- PREPARACION DE LA SUPERFICIE

7.4.1.- ALCANCE

La superficie sobre la cual se va a colocar el concreto compactado deberá tratarse previamente de acuerdo a lo indicado en la Sección 12.



PRESA PRINCIPAL – TRABAJOS DE LIMPIEZA



7.4.2.- DESCARGA Y RIEGO

Para la realización de la descarga y distribución del concreto CCR se divide el área total de cada capa en franjas paralelas al eje principal de la presa, cada una de las cuales tiene un ancho de unos 10 metros correspondientes al ancho de las zonas cubiertas por tres camiones de distribución. El número de fajas se va reduciendo conforme el ancho de la presa lo requiera.

El frente de avance de una franja, o sea el frente en el sentido perpendicular al eje de las presas en el que progresivamente se va colocando material, se va desplazando unos 10 metros respecto al de la franja adyacente, de tal manera que cuando ocurre una junta fría en una de las franjas de una capa no vaya a ocurrir a menos de 10 metros en la adyacente.

De igual forma, cuando se genera una junta fría en un frente de avance de una capa, se procura que dicha junta quede localizada por lo menos a 10 metros respecto de la junta fría que se hubiere presentado en la misma dirección en la capa inmediatamente inferior. Estas juntas frías se clasifican y tratan de acuerdo a lo indicado en la Sección 12.

Por ningún motivo se permite que una junta fría se forme a lo largo de un frente de una capa en la dirección aguas arriba hacia aguas abajo en una longitud mayor de un tercio de la dimensión de las presas en esa dirección, para lo cual se modifican, de ser necesario, los anchos de las franjas a medida que la dimensión de las presas lo requiere.

La secuencia de ejecución del trabajo de descarga y riego en las franjas en que se divide la capa es tal que permite comenzar a colocar el concreto en

la cara aguas abajo y progresar hacia la cara aguas arriba. Las capas de concreto CCR se van elevando al mismo nivel en toda el área de trabajo, sin inclinación en ningún sentido.

El concreto a ser colocado es conducido por el equipo de transporte prácticamente hasta el sitio específico donde quedará ubicado, puesto que no se permite arrastrarlo con dicho equipo. La colocación del concreto CCR se realiza mediante una acción continua de descarga con camiones, de tal forma que el vaciado se hace en forma controlada para obtener una capa de 40 cms de espesor máximo sin compactar y sin segregación.

Si por cualquier razón, y previa la aprobación de la Supervisión, es necesario depositar la mezcla en una pila desde el camión, la pila se ubica sobre la superficie de la capa fresca de concreto CCR que se está conformando y no directamente sobre una capa previamente compactada. Dentro de los 10 minutos siguientes al vaciado del concreto se completa la distribución de la mezcla sobre la capa de concreto CCR previamente compactada.

La distribución del concreto CCR se efectúa con equipo de orugas liviano, similar al tractor Caterpillar D4, provisto con una hoja topadora accionada mediante un sistema hidráulico que permite nivelarla o colocarla en forma angular.

El equipo que se emplea para distribuir la mezcla siempre opera sobre material sin compactar y no se permite que opere sobre las capas de concreto CCR recientemente compactadas. Si por alguna razón el equipo de orugas opera sobre el concreto CCR recién compactado, con menos de una hora después de la compactación, la superficie se empareja mediante un nuevo pase de compactación del rodillo.

El contratista mantiene disponible en todo momento un cargador frontal para ayudar en las operaciones de descargue y esparcimiento de la mezcla de concreto CCR en áreas estrechas que así lo requieran, como son las zonas próximas a los estribos, a los concretos convencionales, a pozos verticales y a las galerías, o en áreas irregulares de la cimentación en los contrafuertes o estribos, y en otros lugares específicamente indicados y aprobados por la Supervisión.

La distribución del concreto CCR se lleva a cabo de tal forma que no se produzca segregación de la mezcla. Si durante la descarga y distribución se observa sistemáticamente segregación de la mezcla, cualquiera que fuere la causa, la Supervisión puede detener el proceso de colocación hasta realizar los ajustes correspondientes.

Si se observa que, eventualmente, se han deslizado agregados gruesos hacia los costados del material depositado, estos agregados son recogidos y remezclados por obreros utilizando palas u otras herramientas; en algunos casos es suficiente extenderlos encima de la parte de la capa de concreto CCR que aún no ha sido compactada. Todo el material suelto que se endurece o se seque es retirado de la obra. En ningún caso se permite agregar agua a la mezcla de concreto CCR que aún no ha sido compactada.

No se permite la colocación del concreto sobre una capa que no ha sido completamente compactada o sobre la cual la Supervisión considere que debe ser objeto de ensayos debido a que se tienen dudas sobre su calidad.

7.4.3.- PROCEDIMIENTO EN CASO DE LLUVIA

En caso que se presente una lluvia de más de 2,5 mm/hora de intensidad o que se observe que el compactador hace desprender lechada del concreto CCR recién colocado y que ésta se adhiere al tambor del compactador, se suspende inmediatamente el trabajo y los equipos permanecen inmóviles en los sitios donde estén ubicados. Durante la lluvia no se permite el tránsito de vehículos o personas sobre el concreto CCR recién colocado, para evitar el mezclado del agua con el concreto CCR y para evitar la formación de surcos y huellas.

Una vez terminada la lluvia, o si su intensidad se reduce a menos de 2,5 mm/hora, dada la autorización por la Supervisión se reanuda la colocación del concreto CCR, previo cumplimiento de los siguientes requisitos:

- .- El retiro del material que fue colocado pero no fue totalmente compactado y sellado.
- .- La eliminación de los charcos y acumulaciones de agua mediante el empleo de equipos aspiradores.

En caso que la lluvia no permita reanudar la capa y transcurran más de 24 horas desde el momento que comenzó a colocarse el concreto CCR, la superficie restante de la capa inferior que quedó sin cubrir se trata previamente de acuerdo a lo indicado en la Sección 12.

8.- COMPACTACION

El proceso de compactación del concreto CCR se lleva a cabo inmediatamente después que se ha distribuido el material y, en general, dentro de los 15 minutos siguientes a su distribución y riego y dentro de los 60 minutos después de preparada la mezcla. El contratista tiene en cuenta que el material que no se encuentra debidamente compactado al empezar una lluvia, o que una vez colocado no es compactado dentro de los 15 minutos siguientes, deberá ser eliminado y sustituido.

Cada capa se compacta con el mínimo número de pases de un compactador vibratorio autopropulsado, entendiendo que un viaje de ida y vuelta del equipo por la misma línea de la capa equivale a dos pases. El primer pase con el rodillo vibratorio se hace sin vibración, el segundo y siguientes sólo se efectúan una vez el pase anterior ha sido terminado completamente. El último pase se hace igualmente sin vibración.

Normalmente se requieren entre cinco y siete pases para alcanzar la densidad dentro de la variación permitida respecto a la DMT indicada en la Sección 5. Sin embargo, el número mínimo de pases depende de las características del rodillo vibratorio que se emplea en la compactación, siendo ajustado de acuerdo a los resultados que se obtienen en la construcción de prueba.

Si después de haber completado el número de pases acordado no se alcanza la densidad mínima exigida, se procede a realizar pases adicionales hasta conseguir dicha densidad y hasta cuando la Supervisión lo ordene. Si luego de la compactación adicional no se obtiene la densidad especificada, se

remueve el material rechazado. No se considera necesario ningún tratamiento de la superficie de la capa previa antes de proceder nuevamente a la colocación de la capa que está en ejecución.

Si por cualquier motivo se suspende la compactación por más de 15 minutos, o cuando la humedad de la mezcla del concreto CCR es mayor por razón de las lluvias, o más seca de lo permitido de acuerdo a las tolerancias establecidas en la Sección 5, se retira esta mezcla y se la sustituye sin que el contratista tenga derecho a reclamación alguna por este motivo.

La compactación se realiza con rodillos vibratorios grandes, de tambor sencillo o de doble tambor, rodillos vibratorios pequeños y compactadores mecánicos manuales, cuya características se ajustan a lo indicado en la Sección 11. Los equipos de compactación grandes se utilizan con prioridad y cubren todas las zonas donde sea práctica y físicamente posible la operación de acuerdo con el área a compactar.

Los rodillos vibratorios de menor tamaño se emplean en zonas adyacentes a ductos, buitrones cerca a encofrados, pozos, y en áreas irregulares próximas a los estribos. Los pisones mecánicos manuales se utilizan en las áreas más estrechas que sean accesibles a los rodillos. Los rodillos no deberán tener el equipo vibratorio en operación si el aparato no está en movimiento.

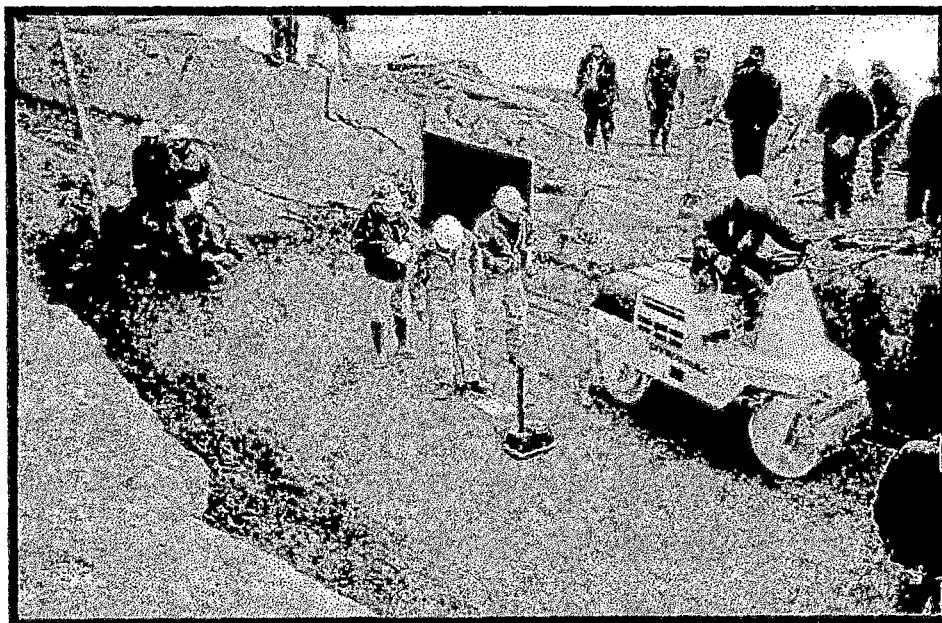
La compactación se hace en tal forma que la superficie resultante sea plana, con un mínimo de ondulaciones y huellas de los extremos del cilindro compactador, las cuales no tienen más de 30 mm de profundidad; además, la superficie es tal que el cilindro siempre está apoyado por lo menos sobre el 80% de su ancho. Los pases del compactador se distribuyen de manera que se

cubra todo el ancho de la capa, traslapado en forma suficiente con la línea de pase adyacente de tal manera que se consiga una compactación uniforme.

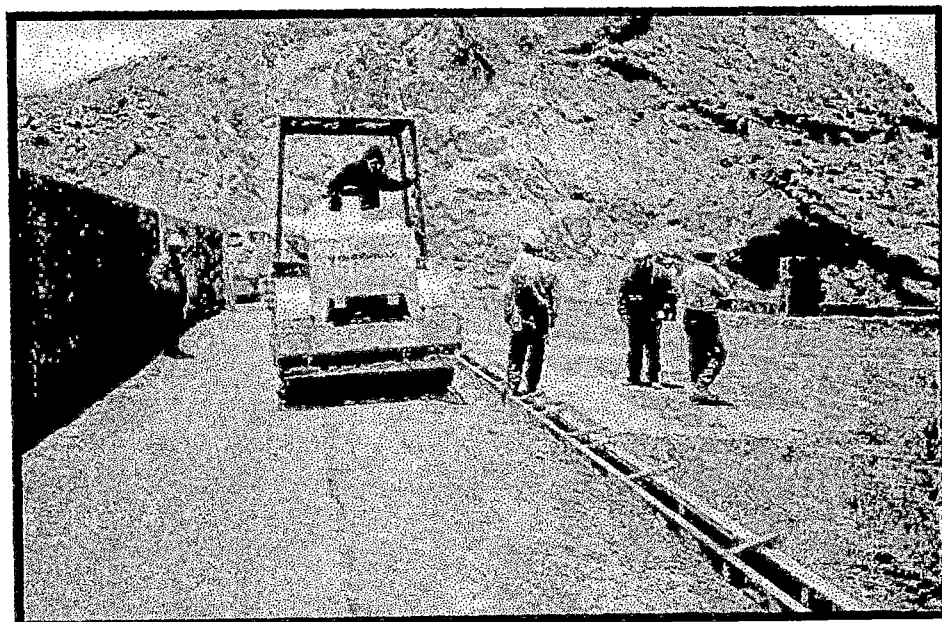
En general, al avanzar las franjas de trabajo, paralelas al eje de la presa, la zona extrema de áreas puede quedar con un menor grado de compactación; por lo tanto, al colocar la franja paralela adyacente se cubre esta zona extrema, teniendo en cuenta las siguientes precauciones:

- .- Si contra el borde de una franja se coloca otra dentro de los 45 minutos siguientes a la colocación de la primera, el concreto de la nueva franja se coloca, distribuye y compacta como todo un conjunto, sin ningún tipo de tratamiento de dicho borde. De esta forma quedan conformados los traslapes necesarios y se obtiene una adecuada compactación tanto en la línea de la junta como en las áreas inmediatamente adyacentes.

- .- Si la colocación de una franja no se realiza dentro de los 45 minutos siguientes a la de la colocación de la adyacente previamente colocada, es necesario, antes de continuar con el trabajo de colocación y compactación, efectuar el denominado tratamiento normal en el borde de la capa ya colocada, el cual se describe en la Sección 12; este tratamiento prácticamente sólo requiere la limpieza.



COMPACTACION DE CCR



9.- CURADO Y PROTECCION

9.1.- GENERALIDADES

Una vez finalizado el proceso de compactación, la superficie terminada de cualquier capa de concreto CCR es mantenida continuamente húmeda hasta cuando se cubra con otra capa de concreto o durante un período no menor de 21 días. No se permite el uso de elementos sellantes o el empleo de membranas para el curado de las capas del concreto CCR para no disminuir la adherencia entre capas.

Durante las 24 horas siguientes a la colocación del concreto CCR, el curado se realiza mediante la aplicación de una llovizna producida por la aspersión de agua y aire a presión. Para la producción de la llovizna para el curado, el contratista cuenta en el sitio de trabajo con camiones tanques provistos con rociadores por cuyas boquillas saldrá el agua en forma de lluvia fina y continua.

Estos camiones están provistos con mangueras que se accionan manualmente, de tal manera que permiten rociar aquellas áreas que son inaccesibles para los camiones. Alternativamente, el contratista puede emplear una instalación fija con tuberías que conducen y dispersan por boquillas la mezcla de agua y aire. Estos dispositivos están sujetos a la aprobación previa de la Supervisión.

No se permite la colocación del concreto CCR si no se dispone del equipo suficiente para el curado en la cantidad y calidad requeridas.

Pasadas las primeras 24 horas la superficie del concreto se mantiene permanentemente húmeda, evitando que el agua ejerza presión o produzca desgaste de la superficie fresca del concreto compactado. En principio se ha estimado que es necesaria la aplicación de una cantidad de agua equivalente a un litro/m²/hora, para lo cual el contratista cuenta con los equipos suficientes para el suministro de esa cantidad; sin embargo, la cantidad de agua se ajusta continuamente en la obra de acuerdo con la intensidad de la evaporación.

Cualquier superficie que, a juicio de la Supervisión, ha sido deteriorada por acción del agua de curado, o por el tránsito de personas, es tratada con una junta fría tipo II, sin derecho a reconocimiento económico por este tratamiento.

El agua a ser empleada en el curado debe cumplir con los requerimientos de calidad exigidos en la Sección 3.

Antes de colocar la siguiente capa se debe suspender la aplicación del agua de curado y eliminar de la superficie el agua estancada por medio de equipos-aspiradores, los cuales recorren toda la superficie; sin embargo ésta deberá permanecer húmeda.

El curado de las caras de las presas, que conforman las caras externas, deberá ser extremadamente cuidadoso. Para este curado se puede emplear membranas que protejan las superficie exteriores. Estas membranas deben ser reflectivas, de color blanco u otro color que permita visualizarlas fácilmente y deben cumplir con las estipulaciones de la Norma ASTM C 309.

Alternativamente se puede emplear tuberías perforadas cuyas boquillas están dirigidas hacia las superficies de la presa; por estas perforaciones se

debe rociar agua continuamente sobre dichas superficies. Estas tuberías se van relocalizando a medida que suben las capas de concreto para conformación de las caras de la presa.

10.- ENCOFRADOS Y CONFORMACION DE PARAMENTOS

10.1.- GENERALIDADES

Para la conformación de los paramentos de las caras exteriores de las presas, tanto aguas arriba como aguas abajo, así como de las caras verticales interiores de las galerías y para la ejecución de otros elementos como en los pisos de las galerías o en otras zonas que se muestran en los planos, o que indique la Supervisión, se ha considerado el empleo de encofrados deslizantes, mediante el cual se construyen las capas superpuestas. El contratista puede proponer métodos alternativos que sean apropiados.

El contratista cuenta con un numero suficiente de equipos, tal como se indica en la Sección 11, para la ejecución de los paramentos.

El contratista tiene en cuenta que para la construcción de los paramentos se requiere un suministro continuo de la mezcla de concreto con el cual se construirán. Esta mezcla se ajusta a la composición y demás características indicadas en la Sección 2. Su consistencia y tiempo de inicio de fragua son tales que permiten obtener un acabado externo con la apariencia y calidad exigidas, una perfecta adherencia con el concreto CCR, y un alineamiento y pendiente acordes con los indicados en los planos.

10.2.- SISTEMAS ALTERNATIVOS

El contratista puede proponer otros sistemas de conformación de los paramentos inclinados y verticales de las caras aguas arriba y aguas abajo de la presa, de los paramentos y fondo de las galerías y otras estructuras siempre y cuando éstos se ciñan a las geometrías mostradas en los planos y cumplan con los demás requisitos indicados en las especificaciones de obra. Para ello debe demostrar a la Supervisión su aplicabilidad mediante ensayos en la losa de prueba. Estos sistemas pueden ser paneles prefabricados de concreto, encofrados metálicos, etc.

El sistema que el contratista proponga debe ser tal que proporcione un acabado final de calidad similar al que se obtiene con el procedimiento anteriormente indicado.

10.3.- TOLERANCIAS

Las tolerancias de los parámetros de las presas con control CCR de MARCA III, con respecto a las superficies teóricas mostradas en los planos, son los que a continuación se indica, dentro del rango de más o menos los valores señalados:

- a) Para superficies por debajo del nivel del terreno o que vayan a ser permanentemente cubiertas:

.- Para una longitud de 10 m.

- . Parte superior 15 mm verticalmente
 - . Superficie exterior 25 mm horizontalmente
 - .- En la longitud completa
 - . Parte superior 60 mm verticalmente
- b) Para superficies permanentemente expuestas:
- .- Para una longitud de 10 m.
 - . parte superior 15 mm verticalmente
 - . superficie exterior 15 mm horizontalmente
 - .- En la longitud completa
 - . parte superior 25 mm verticalmente
 - . superficie exterior 25 mm horizontalmente

La variación del paramento de aguas arriba terminado con respecto a la superficie teórica:

- a) Para superficies por debajo del nivel del terreno o que vaya a ser permanentemente cubiertas por relleno:
- . para dos puntos consecutivos en la cara,
 - a 600 mm de distancia ... 25 mm

b) Para superficies permanentemente expuestas:

. para dos puntos consecutivos en la cara,

a 600 mm de distancia ... 15 mm

11.- EQUIPOS

11.1.- GENERALIDADES

El contratista dispone de los equipos necesarios para la mezcla, transporte, colocación, compactación y curado del concreto CCR, sistemas de limpieza y tratamiento de juntas y equipos auxiliares, de manera que puede garantizar una capacidad efectiva de producción mínima promedio de 50 m³/hora de concreto CCR debidamente terminado.

También cuenta con equipos en disponibilidad en la proporción y número que se estipulan en las especificaciones, durante el tiempo de producción y construcción de la presa, así como de suficientes piezas de repuesto para los equipos, de tal manera que no se presenten interrupciones en el suministro de concreto y en el programa general de colocación.

El contratista mantiene todo el equipo en perfectas condiciones de operación, para lo cual lleva a cabo un cuidadoso programa de mantenimiento, con el objeto que no se produzcan suspensiones apreciables por fallas del mismo.

Durante la colocación del concreto CCR la Supervisión está en autoridad de ordenar en cualquier momento el retiro del equipo y accesorios que, en su opinión, no se ajusten a las estipulaciones establecidas en las especificaciones o que estén defectuosos, hasta el punto de afectar el ritmo o la calidad de los materiales o de los trabajos. En tal caso el contratista está obligado a dar cumplimiento a esta solicitud y procede al reemplazo del equipo por otro que sea satisfactorio para el control de calidad.

11.2.- PLANTA CHANCADORA

El equipo de chancado está compuesto por módulos de capacidad de no menos de 90 ton/hora. El grupo de trituración tiene los sistemas necesarios para producir los agregados necesarios para el concreto CCR, para los concretos paramento, de regularización y convencional de acuerdo a las granulometrías solicitadas en la Sección 3.

11.3.- PLANTA PARA PRODUCCION DE MEZCLAS DEL CCR

El contratista emplea planta de mezclas de régimen forzado, de doble eje, del tipo de producción continua, con una capacidad efectiva de por lo menos 60 m³/hora de concreto colocado y compactado.

En especial, se garantiza que los sistemas de alimentación puedan suministrar cada grupo de agregados con su respectiva proporción dentro del total, sin limitar la capacidad prevista de producción del concreto. El sistema de suministro de cemento es suficiente para incorporar la cantidad prevista,

distribuída uniformemente en la mezcla.

Se dispone de un depósito de agua con su respectivo dosificador que permita medir el agua de mezclado, Este medidor es del tipo en línea, y activado volumétricamente.

Las plantas tienen un sistema de alimentación de cemento y agregados, que ha sido conformado por fajas transportadoras dispuestas de tal forma que pueden realizarse controles gravimétrico para el cemento y volumétrico para los agregados independientes de cada insumo previo a su ingreso a la mezcladora.

11.4.- EQUIPOS DE TRANSPORTE

Las fajas transportadoras que se emplean para transportar el concreto CCR entre la planta de mezclas y la superficie de la presa, según lo indicado en la Sección 6, pueden ser utilizadas para el transporte del concreto para los paramentos, mortero de sello y el concreto de regularización en la cimentación de la presa.

La faja para el transporte del concreto CCR tiene un ancho mínimo de 30 cms y no puede tener una inclinación mayor a la definida por el fabricante de la faja para el transporte del concreto CCR en tramos ascendentes o descendentes y de acuerdo a la velocidad de la faja. La longitud de la faja es tal que garantiza el suministro a todos los niveles de las presas sin sobrepasar la inclinación máxima especificada.

Las estaciones de transferencia están dotadas de una tolva con capacidad mínima de 6 m³. Esta tolva tiene fácil movilidad y dispone de un sistema que permite elevarla, de tal manera que no interfiere con el suministro y colocación del concreto CCR.

El sistema de fajas tiene capacidad suficiente para transportar la mezcla de forma que garantice la colocación del volumen exigido de concreto CCR terminado y operando con velocidad adecuada para prevenir la segregación del material.

La distribución del concreto sobre las presas se hace con camiones, a partir de una tolva instalada al final del sistema de fajas transportadoras con capacidad no inferior a 6 m³.

Si el contratista opta por transportar y distribuir el concreto CCR sobre las presas utilizando camiones, cuenta con el suficiente número de unidades repartidoras sobre las presas, con capacidad adecuada para el ritmo máximo de colocación. Además mantiene por lo menos un camión en disponibilidad permanente durante los vaciados.

Los camiones descargan la mezcla sobre la superficie de la capa en proceso, aún no compactada, con el objeto que la operación posterior de distribución produzca un mezclado adicional de los agregados gruesos que tiendan a segregar. Además, los camiones cuentan con dispensadores adecuados para prevenir, en cuanto sea posible, la segregación de la mezcla.

El contratista está autorizado a utilizar un sistema de fajas transportadoras para distribuir la mezcla sobre la superficie de la presa. El

sistema tiene la versatilidad adecuada para cubrir toda la superficie y una capacidad suficiente para garantizar la colocación de los volúmenes máximos de concreto CCR.

11.5.- EQUIPOS DE DISTRIBUCION

La distribución de la mezcla se hace empleando tractores de oruga similares a los Caterpillar D4 ó D6. El contratista cuenta con no menos de dos de estos tractores para la distribución del material, estando uno de ellos en operación, mientras el otro está en disponibilidad.

El contratista siempre dispone en la obra de los equipos de distribución necesarios para cumplir con el plan de avance aprobado, teniendo en cuenta los rendimientos determinados experimentalmente durante la ejecución de los vaciados de prueba y los condicionantes impuestos por lo eventuales retrasos por mantenimiento o reparaciones.

Todo equipo que es retirado del área de trabajo para mantenimiento o reparación es lavado antes de su ingreso a la misma, garantizando el contratista la limpieza de sus elementos, especialmente los que están en contacto con el concreto CCR.

El contratista cuenta, además, con la ayuda de cargadores frontales que ayudan en las tareas de descarga y distribución en los lugares estrechos, como estribos de las presas y otras áreas que así lo requieran.

En ningún caso se permite que los equipos se muevan sobre la zona ya compactada, excepto los vehículos con llantas neumáticas. Para que un equipo pueda circular sobre la capa de concreto ya compactada se deja que transcurra un período de por lo menos tres horas.

11.6.- EQUIPOS DE COMPACTACION

11.6.1.- RODILLOS VIBRATORIOS GRANDES

Los rodillos que se utiliza para la compactación son del tipo autopropulsado de tambor sencillo o doble tambor, vibratorios, y deben transmitir a la superficie fuerzas dinámicas a través de tambores lisos de acero mediante pesos rotativos, ejes excéntricos u otros métodos equivalentes.

El compactador tiene un peso total no menor de 100 kN y produce una fuerza dinámica entre 0,65 kN y 1,0 kN por centímetro de ancho del cilindro, a la frecuencia operacional. Los tambores tienen un diámetro mínimo de 1,40 m y un ancho entre 1,70m y 2,50m. La frecuencia de vibración del tambor es como mínimo de 1,800 rpm y el equipo tiene facilidad para permitir cambios en la amplitud y frecuencia de vibración dentro del rango normal de operación.

La supervisión puede ordenar variaciones en la frecuencia y en la velocidad de los rodillos, dentro del rango de variación posible, con el objeto que se obtenga la máxima densidad y el mayor rendimiento posibles. El contratista somete a la aprobación de la supervisión las características del equipo que se propone emplear para la compactación y su aprobación está

sujeta a los resultados de las densidades que se obtienen en el vaciado de prueba.

El número de pasadas necesario para obtener la compactación requerida es determinado por el control de calidad con base en otros ensayos, los cuales se indican en las especificaciones.

El contratista cuenta con dos rodillos vibratorios grandes, uno de los cuales debe estar en operación en el área de trabajo en todo momento; el otro equipo está siempre en óptimas condiciones de funcionamiento, de tal forma que puede entrar en operación en el área de trabajo en un tiempo no mayor de 10 minutos, dado el caso que ocurra un daño en uno de los que se encuentran trabajando.

11.6.2.- RODILLOS VIBRATORIOS PEQUEÑOS

Para compactar el concreto en zonas adyacentes a caras verticales en donde los rodillos grandes no pueden maniobrar se utiliza rodillos vibratorios pequeños. En general, los rodillos pequeños se utilizan dentro de los 30 cms. próximos a las caras de concreto convencional de los paramentos de aguas abajo, de aguas arriba y en las caras de las paredes de galerías o conductos, en las zonas cercanas a los estribos, y en todas aquellas áreas inaccesibles para los rodillos grandes.

Los rodillos vibratorios pequeños deben tener un peso total mínimo de 50 kN y producir una fuerza dinámica de por lo menos 0,27 kN por centímetro de ancho del cilindro, a la frecuencia de operación.

Los compactadores mecánicos manuales desarrollan una fuerza por golpe de por lo menos 6,50kN.

El número de pasadas o la cantidad de golpes requeridas por cada equipo en particular son los necesarios para lograr densidades equivalentes a las especificadas para los rodillos vibratorios autopulsados grandes.

El contratista cuenta en obra con no menos de un rodillo vibratorio pequeño y tres compactadores mecánicos manuales, todos en perfectas condiciones de funcionamiento; estos equipos los mantiene en el sitio de trabajo durante todo el tiempo que duran las operaciones de colocación del concreto CCR. En caso de desperfecto de algún equipo el contratista puede contar con un equipo de reemplazo en un término no mayor de 10 minutos.

11.6.3.- VIBRADORES DE INMERSION

Para la compactación del concreto del paramento y de regularización en las zonas de interface o contacto entre éste y el concreto compactado con rodillo se utiliza vibradores de inmersión.

El tiempo de vibrado es el necesario para obtener una buena compactación. No se permite el empleo de vibradores de inmersión para transportar el concreto. El contratista cuenta con un número suficiente de vibradores manuales.

11.7.- EQUIPOS DE AGUA Y AIRE A PRESION

El contratista dispone de diferentes equipos de agua y aire a presión para las labores de limpieza de las cimentaciones y para el tratamiento de juntas frías en las capas de concreto compactado.

11.8.- EQUIPOS DE AGUA-AIRE PARA LIMPIEZA

El contratista dispone de equipos con chorro de agua-aire para limpieza de la cimentación y para la limpieza de otras zonas de chorro de agua a baja presión. Los equipos con chorro de agua-aire tienen boquillas de 38 mm (1.5") y suministran el agua a una tasa de 2litros/seg. y el aire comprimido a una presión entre 0,5 Mpa y 0,8 Mpa. Los equipos con chorros de agua a baja presión cuentan con boquillas de 25,4 mm (1") y una capacidad de 12 l/seg.

11.9.- EQUIPOS PARA TRATAMIENTO DE JUNTAS FRIAS

El contratista cuenta con equipos de chorro húmedo de arena o con equipos con chorro de agua a alta presión, tales que la presión en la boquilla no sea inferior a 40 Mpa y con un rendimiento de por lo menos 10 m² de junta por hora.

11.10.- OTROS EQUIPOS

El contratista cuenta con otros equipos auxiliares para todas las operaciones de colocación del concreto CCR, como son los equipos mecánicos para la colocación de mortero de sello o de contacto. Estos equipos se utilizan sin dañar el concreto CCR compactado y se mantienen en buenas condiciones de operación.

Cualquier equipo que se requiera para una correcta colocación del concreto CCR durante el transcurso del trabajo, deberá ser suministrado por el contratista quien presentará a la Supervisión las características correspondientes para su aprobación.

12.- JUNTAS CONSTRUCTIVAS

12.1.- GENERALIDADES

Si las operaciones de colocación y compactación de las capas de concreto CCR se efectúan sin mayores interrupciones, no se originan juntas frías durante la construcción.

Sin embargo, se ha contemplado el caso de que se pudieran producir algunas suspensiones,, por razones diversas. Así, cuando el tiempo de exposición de la superficie de una capa, o de la superficie del frente de avance, o de los costados de las franjas de colocación de la capa, supere los límites que

se indican en otros acápite, se considera que se ha formado una junta fría y ésta se trata de acuerdo al procedimiento a indicarse más adelante para cada uno de estos tres tipos: juntas horizontales con tratamiento I; juntas horizontales con tratamiento II; y juntas en frente de avance.

En el caso que no se ha formado una junta fría entre las capas, solamente se requiere el denominado tratamiento normal.

12.2.- JUNTA CON TRATAMIENTO NORMAL

Normalmente no se forma una junta fría si el período transcurrido entre la colocación de una capa y la siguiente es menor de 24 horas.

El tratamiento normal de la junta usualmente comprende el curado y la limpieza y remoción de todos los materiales extraños que disminuyan la adherencia entre capas, incluyendo el retiro de la lechada y el agua acumulada en los charcos. Entre los materiales perjudiciales para la adherencia se destacan los aceites, combustibles, compuestos para curado y pinturas.

12.3.- JUNTAS FRIAS HORIZONTALES

Se considerará que se ha formado una junta fría cuando el tiempo transcurrido entre la colocación de dos capas sucesivas es muy prolongado, de acuerdo con los criterios que se indican a continuación, o cuando la Supervisión considera que una junta no ha recibido el tratamiento normal adecuado, en cuyo

caso puede suspender la colocación del concreto CCR y ordenar los ensayos del caso. Las juntas frías horizontales se clasifican en dos tipos, I o tipo II, dependiendo de la clase de tratamiento que requieran

Si la suspensión o el tiempo en que tarda la colocación del concreto de la siguiente capa está comprendida entre 24 y 48 horas, se considera que se ha formado una junta que requiere el tratamiento Tipo I. Si el tiempo de suspensión es mayor de 48 horas se considera que el tratamiento que se requiere es del Tipo II.

12.3.1.- TRATAMIENTO TIPO I

En este caso se debe remover todo el material suelto y el agua estancada del curado, y efectuar un lavado de la capa con chorro de agua a baja presión, completando con barredoras, con el propósito de aflojar y retirar todas las sustancias perjudiciales. La presión del chorro de agua deberá estar comprendida entre 0,5 y 0,8 Mpa.

En los casos en que se ha derramado sobre la superficie del concreto CCR sustancias que perjudiquen la adherencia entre capas, (incluyendo, pero no limitadas, combustibles, aceites, compuestos para curado y pinturas), debe retirarse el concreto CCR contaminado hasta la superficie de unión con la capa inferior y reemplazarlo con concreto CCR fresco. Este material reemplazado debe compactarse adecuadamente antes de la colocación de la siguiente capa.

12.3.2.- TRATAMIENTO TIPO II

Las juntas frías que se clasifican en esta categoría se preparan para recibir la capa siguiente removiendo la capa de lechada que se forme, así como todo el material suelto y los contaminantes que puedan estar presentes en la superficie, para lo cual se utiliza un lavado en toda la superficie de la capa, empleando un chorro de arena húmeda o, alternativamente, un chorro de agua a una presión de 40 mpa, pudiendo ser inferior dependiendo del grado de madurez del concreto CCR. Este procedimiento de limpieza deberá exponer, pero no dejar suelto o socavado, el agregado de la capa anterior.

Si una vez terminada una capa, se prevé que la suspensión en la colocación del concreto CCR será mayor de 48 horas, el contratista, previa autorización de la Supervisión, y después de transcurridas tres a cuatro horas, ejecuta el lavado de la superficie con agua a baja presión para eliminar la lechada y dejar al descubierto el agregado, facilitando de esta forma el tratamiento posterior antes de reanudar la colocación del concreto.

12.4.- JUNTAS EN FRENTE DE AVANCE

Las juntas frías verticales podrán formarse en los frentes de avance de las franjas de colocación de cada capa de concreto CCR, en los costados de estas franjas de colocación y en todos los procesos constructivos. Se considera que se forma una junta fría cuando no se ha continuado con la colocación y compactación del concreto CCR en las condiciones establecidas para la junta con tratamiento normal estipulado en esta Sección.

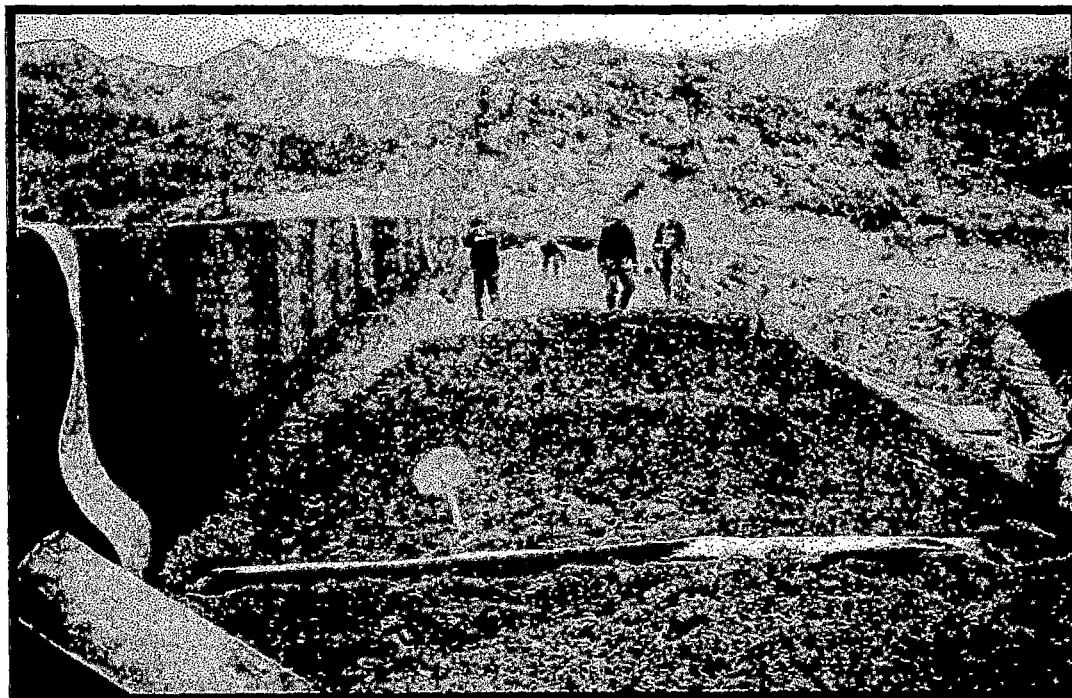
En el caso que no se hayan presentado juntas frías en el frente y costado de las franjas de colocación u otros sitios, sólo se requiere un tratamiento similar al de las juntas horizontales del mismo tipo, el cual usualmente es la limpieza y remoción de los materiales extraños.

El contratista ejerce un estricto control para evitar que ocurra una junta fría vertical en una franja de colocación a menos de diez metros de donde ocurra en la franja adyacente de la misma capa. Así mismo evita que se presente una junta fría en un frente de avance o en un borde de una capa o menos de 10 metros de otra que pudiera ocurrir en la misma dirección en la capa inmediatamente inferior. En ningún caso se permite que se forme una junta fría a lo largo de un frente de avance de una capa en dirección aguas arriba hacia aguas abajo, en una longitud mayor de un tercio de la dimensión de la capa de concreto CCR en esa dirección.

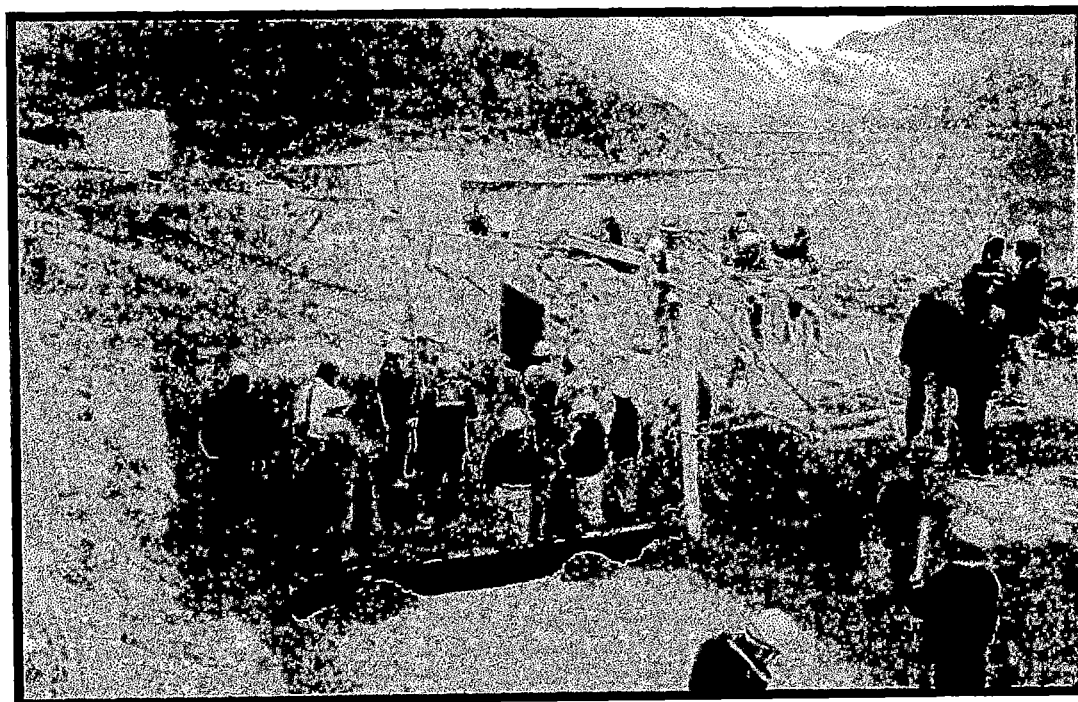
En caso que se formen juntas frías verticales a lo largo del frente de avance o bordes laterales de una franja de concreto CCR, o en otros sitios, se clasifican y tratan en forma similar a como se tratan las juntas horizontales Tipo I o Tipo II, dependiendo del tiempo de la suspensión. El material suelto que no ha sido compactado antes de la suspensión, y todo el material que no tiene la densidad mínima especificada, se remueven utilizando martillos neumáticos, perforadoras u otro equipo adecuado.

13.- JUNTAS DE CONTRACCION

Las juntas de contracción son juntas verticales perpendiculares a ejes de las presas y diques, que comienzan desde la cimentación y se prolongan a través de toda la altura de la estructura. La distribución y número de juntas de



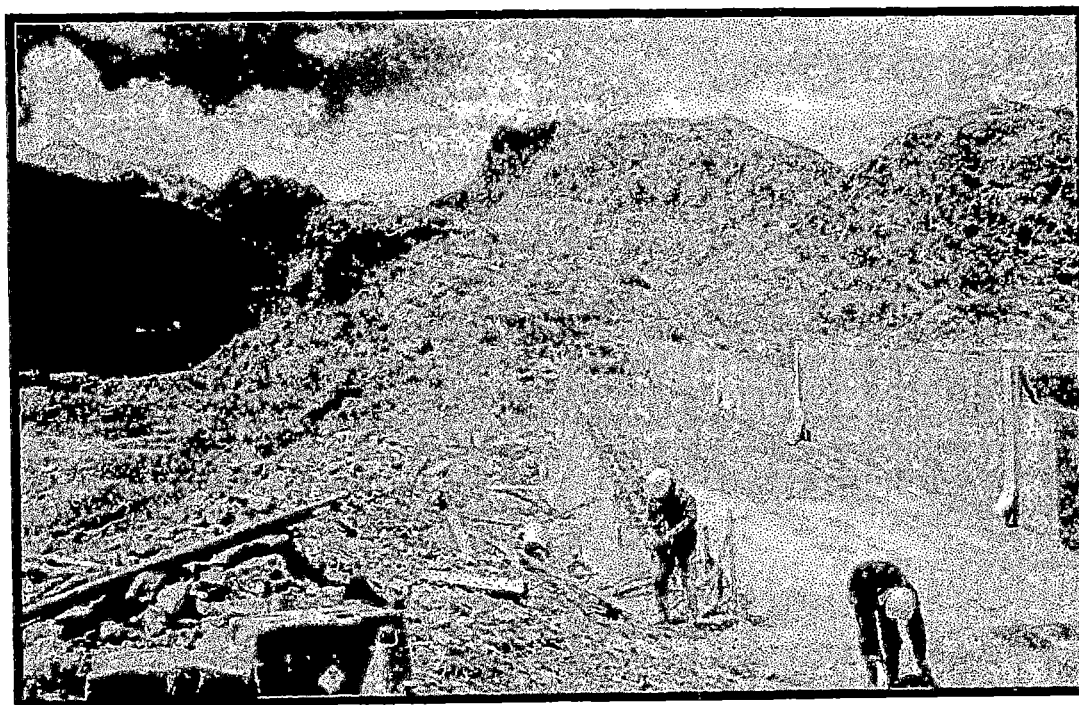
JUNTA DE CONTRACCION – DIQUE INTERMEDIO



JUNTA DE CONTRACCION – DIQUE NORTE B



JUNTA DE CONTRACCION – PRESA VERTEDORA



JUNTA DE CONTRACCION – DIQUE NORTE A

contracción se muestra en los planos, pero puede sufrir modificaciones en los planos de construcción.

14.- CONSTRUCCION DE OBRAS COMPLEMENTARIAS

Las obras que se superponen a la presa son, básicamente, el vertedero y la estructura de captación, aunque existen otras estructuras menores también superpuestas a ella y a las cuales se puede aplicar un procedimiento similar al que se describe en esta Sección para el vertedero y la captación.

El azud, la rampa del canal de descarga, el deflector y la estructura de captación son construídos en concreto convencional. Al llegar el concreto CCR a la cota 4442, en el caso del Vertedero, se ha previsto suspender la colocación del concreto CCR para permitir la construcción, por encima de ese nivel, del azud que es en concreto convencional.

Por debajo de la cota indicada y sobre el talud de aguas abajo se construye el canal de descarga del vertedero, el cual se apoya sobre el cuerpo de la presa. En el momento de construir la losa del canal se hace un tratamiento de esta superficie y se colocan barras de anclaje, como se indica en los planos y especificaciones.

Tanto para la construcción de la losa del canal de descarga del vertedero como para la estructura de captación, el contratista puede emplear encofrados deslizantes u otros que él proponga y sean aprobados por la Supervisión, cumpliendo las indicaciones de la Sección 10.

Antes de la construcción de las estructuras superpuestas a la presa, se tratará la superficie de ésta sobre la cual se apoyarán dichas estructuras mediante el procedimiento correspondiente a una junta constructiva Tipo II.

15.- TRATAMIENTOS ESPECIALES

15.1.- LIMPIEZA DE LA CIMENTACION

La limpieza de la cimentación es adicional a las excavaciones generales y de detalle requeridas para llegar a una superficie adecuada para soportar las presas.

Antes de proceder con la colocación de cualquier concreto, tanto del de regularización en la cimentación como el de compactado con rodillo, se limpia la superficie de la cimentación de tal manera que se elimine todo el material suelto, roca meteorizada, lodo, material vegetal, grasa o aceite proveniente de los equipos, gravas y arenas, fragmentos de roca, posibles lechadas de concreto, tierra, adherencias del concreto contra la cimentación.

La mayor parte del trabajo indicado se efectúa con suficientes volúmenes de agua de lavado y utilizando chorros de aire-agua a presión, para lo cual se utiliza equipo apropiado para esta clase de limpieza, similar al descrito para las juntas frías Tipo I.

15.2.- CONCRETO DE REGULARIZACION

En la cimentación, de modo general, se hace un tratamiento consistente en la colocación de concreto de regularización, una vez se ha tratado y limpiado debidamente la superficie de la roca; las características de este concreto se han descrito en la Sección 2.

Ninguna zona de los contrafuertes y, en general, de la presa se cubre con concreto de regularización hasta que la limpieza y configuración de la cimentación no han sido aceptadas por la Supervisión.

No se puede colocar concreto CCR antes que se completen 72 horas desde la colocación del concreto de regularización en la cimentación. Se requiere que el área de trabajo sea de por lo menos 30 metros de longitud en el sentido del eje de la presa y no menor de 4,5 metros de ancho para iniciar la colocación del concreto compactado con rodillo.

Las indicaciones que se dan a continuación se refieren tanto al remate del concreto CCR contra las cimentaciones en roca, como a los concretos adyacentes a la cimentación en los estribos de la presa. Igualmente, estas indicaciones son aplicadas a superficies para la conformación de los paramentos de la presa, según los procedimientos aquí descritos o que sean aprobados por la Supervisión, cuando tales procedimientos exijan alguno de los tratamientos indicados.

15.2.1.- CIMENTACION DE CONCRETO ANTIGUO

En este caso es necesario colocar una zona de concreto de regularización de ancho mínimo de 50 cms. y del mismo espesor de la capa del concreto CCR contra la cimentación o estructura preexistente. La superficie de la capa de concreto de regularización se conforma con una inclinación de unos 45° hacia el concreto CCR, de tal manera que se obtenga un buen contacto con este último.

El concreto compactado con rodillo debe colocarse contra el concreto de regularización previo vaciado del mortero de contacto con espesor mínimo de 2.5 cms.

16.- TOLERANCIAS CONSTRUCTIVAS

El contratista debe cumplir con las tolerancias constructivas admisibles relacionadas con la ejecución del concreto CCR que se indican en esta Sección y complementan las indicadas en la Sección 10 de este Capítulo.

- .- El espesor de una capa compactada de concreto CCR se debe mantener dentro de los 50 mm por exceso o por defecto respecto al espesor teórico de 300 mm especificado.
- .- La cota de la superficie del concreto compactado con rodillo sobre la cual se coloca una nueva capa no deberá variar en más de 75 mm por exceso o por defecto a la cota teórica, excepto en las tres últimas capas de la

parte alta de las presas donde esta variación no podrá ser superior a 40 mm por exceso o defecto respecto a la mostrada en los planos.

- La variación en los alineamientos de los ejes de las galerías cumplirá con las tolerancias establecidas para los paramentos de las presas señaladas en la Sección 10 de este Capítulo, considerándose que:
 - a) Con respecto a la sección transversal de las galerías se respeta un gálibo mínimo con reducción no mayor de 150 mm respecto a las dimensiones teóricas mostradas en los planos.
 - b) En los accesos a las galerías, la tolerancia se mantiene dentro de los límites necesarios para instalar los marcos de las puertas y demás estructuras adjuntas, según lo indicado en los planos.
 - c) En el sentido vertical, los muros de las galerías no deben tener un desplome mayor de 50 mm.

- La tolerancia en el alineamiento vertical de las juntas de contracción no deberá ser mayor de 50 mm en exceso o por defecto. En el sentido normal al eje de la presa, la desviación de la junta de contracción entre el parámetro de aguas arriba y el de aguas abajo no deberá exceder de 25 mm en una longitud de 20 metros.

Las tolerancias constructivas para los parámetros de las presas de concreto CCR deben cumplir lo estipulado en la Sección 10 de este Capítulo.

CAPITULO 13

CONCLUSIONES

- 1.- Para un determinado elemento estructural, diseño, procedimiento de colocación, y entorno, la composición del concreto CCR empleado debe ser aquella con la que se logre que la evolución de su comportamiento permita alcanzar los objetivos y fines deseados, tanto en las etapas iniciales como en el tiempo.
- 2.- La selección de las proporciones de la mezcla de los concretos CCR debe ser un proceso gracias al cual se obtenga una combinación adecuada y económica del material cementante, agregados, agua y aditivos; produciéndose un concreto CCR que cumpla con los requisitos de las especificaciones durante toda su vida útil.
- 3.- La diversidad de condiciones ambientales, topográficas, geográficas y sísmicas; los distintos procesos de selección de las proporciones de la mezcla; las condiciones propias de cada elemento estructural; y la diversidad de procedimientos que pueden ser empleados para alcanzar los objetivos deseados, justifican los diversos tipos de concretos CCR existentes con los cuales se puede alcanzar los objetivos deseados aún cuando difieran en su composición y características.
- 4.- Los principales procedimientos e ideas en relación con los procesos de

mezclado de los concretos CCR tienen muchos aspectos en común, tales como la necesidad de ajustar las propiedades del concreto CCR a las de los materiales disponibles, las características requeridas por el elemento estructural, y las condiciones económicas. La conclusión es cumplir con el deseo de obtener un concreto compacto y con las características estipuladas por el proyectista.

- 5.- La cualificación y cuantificación de los finos a ser empleados es un aspecto de fundamental importancia. El empleo de una curva granulométrica de tipo cúbico como la más adecuada en la distribución de los elementos sólidos da por resultado una alta cantidad de finos y una baja relación agregado grueso-arena.
- 6.- Debe considerarse la posibilidad del empleo de métodos alternativos al Vebe para la determinación de la consistencia de las mezclas de los concretos CCR. En este caso la intención es lograr una adecuada definición del proceso de mezclado con una mínima porosidad post-mezclado y lograr una adecuada calificación del agregado fino de acuerdo con el comportamiento requerido.
- 7.- Se debe contemplar la posibilidad de clasificar a los concretos CCR en función del tipo y contenido del material cementante, recordando el comportamiento adecuado de los concretos pobres con un bajo contenido de ligante e igualmente un bajo contenido de cemento portland.
- 8.- El empleo de determinados tipos de aditivos, especialmente agentes reductores de agua e incorporadores de aire, es un factor a tener en consideración, aún cuando se hacen necesarios estudios

complementarios de laboratorio y obra para determinar todos los factores relacionados con el comportamiento de los concretos CCR cuando son incorporados. Algunos investigadores destacan la conveniencia del empleo de aditivos reductores de agua en aquellos casos en que se emplea cantidades reducidas de cemento.

- 9.- Se puede considerar importante estudiar, adicionalmente a los cuatro indicados, nuevos métodos de diseño de los concretos CCR, empleando el criterio de óptima densidad y óptima consistencia y desarrollando, además del procedimiento Vebe, nuevos procedimientos de medición de ésta, pero reconociendo que el método Vebe, con algunas modificaciones, puede generalizarse para determinar la consistencia de los concretos CCR.
- 10.- Si bien no existe un criterio uniforme sobre la conveniencia de emplear muestras de tamaño normal o de tamaño mayor para evaluar las características de los concretos CCR, los investigadores coinciden en que si se produce una adecuada compactación de las muestras existen muy pequeñas diferencias por el empleo de uno u otro procedimiento.
- 11.- Los materiales cementantes, combinaciones de cemento y algunas de las formas de material puzolánico, son recomendados como el mejor de los ligantes a ser empleados en los concretos CCR. A la fecha, la gran mayoría de las presas construídas empleando concreto CCR contienen alguna forma de puzolana como parte de su material cementante. Prácticamente todas las formas de puzolana han sido empleadas, aunque los dos tercios de las presas construídas con concretos CCR contienen cenizas de bajo contenido de cal. Es internacionalmente aceptado que si se puede incorporar puzolanas, las propiedades de los concretos CCR pueden mejorar significativamente.

- 12.- Los estudios de las presas construídas en los últimos 10 años indican un promedio de material cementante de 160 kg/m³. En igual forma, hay pequeños cambios en la proporción de puzolana en el contenido de cementante, habiéndose estabilizado en un porcentaje del orden del 55% del material cementante.

- 13.- Deben realizarse estudios adicionales en relación con la recomendación de algunos investigadores sobre la conveniencia de utilizar finos de origen basáltico en la preparación de los concretos CCR, especialmente como filler. Los beneficios de este tipo de finos se relacionan con la permeabilidad, resistencias mecánicas y reducción de posibles expansiones causadas por una reacción álcali-agregados.

- 14.- En relación con el tamaño máximo del agregado a ser utilizado en la preparación de los concretos CCR, después de muchas experiencias con diversos tamaños o combinaciones de ellos, se ha concluído en que valores entre 40 y 80 mm son los más recomendables.

- 15.- Existe coincidencia en los investigadores en relación con que el ligante juega dos roles en los concretos CCR; por una parte como filler, y de la otra como material cementante. En este aspecto se considera que la calificación y cuantificación de los sólidos los cuales pasan la Malla N^o 200 de la clasificación ASTM C 33 es de importancia crucial para el buen comportamiento de los concretos CCR.

- 16.- Del análisis del material y bibliografía estudiados pueden extraerse las siguientes conclusiones:
- a) Las características de los concretos CCR dependen de su composición, las facilidades del proceso de puesta en obra del concreto fresco, su comportamiento reológico, y de la metodología y precisión de los ensayos.
 - b) Los concretos CCR son, en algunos casos, sustancialmente diferentes, pero generalmente presentan un alto nivel de compatibilidad en lo que se refiere a su reología, y características físicas, mecánicas y térmicas.
 - c) Bajo condiciones similares, la densidad de los Concretos CCR es mayor que la de los concretos convencionales.
 - d) El coeficiente de eficiencia a una edad determinada, definido como la relación de la resistencia en compresión entre el contenido de ligante, es mayor en edades más avanzadas en los concretos CCR que en los concretos convencionales.
 - e) Al igual que en los concretos convencionales, la resistencia a la tensión, es alrededor del 10% al 15% de la resistencia en compresión.
 - f) El módulo de elasticidad de los concretos CCR es más bajo que el de los concretos convencionales en las edades iniciales,

tendiendo a ser igual en edades más avanzadas.

- g) La deformación final de ambos tipos de concretos tiende a ser igual.
- h) El escurrimiento plástico de los concretos CCR es mayor que el de los concretos convencionales.
- i) El calor generado en ambos tipos de concreto depende del tipo y cantidad de elemento cementante empleado. Las características térmicas son similares.
- j) La permeabilidad de los concretos CCR de la primera generación es mayor que la de sus contrapartes convencionales, pero es similar en la segunda generación. Con referencia a este último aspecto, es conveniente destacar el importante rol jugado por los finos.
- k) Si se emplea agregados de origen basáltico en concretos CCR en los que se ha utilizado diferentes proporciones de cemento y puzolana se aprecia que, en general las características son adecuadas en todos los tipos de concreto. Sin embargo se pueden apreciar las siguientes diferencias:
 - .- La absorción parece ser ligeramente más alta que para los concretos convencionales.

- .- La densidad es más alta.
 - .- La resistencia en compresión depende del contenido y tipo de cemento.
 - .- El coeficiente de eficiencia en el largo plazo es similar que aquel obtenido para los concretos convencionales.
 - .- Las características térmicas son similares.
 - .- La permeabilidad se reduce conforme el contenido de cemento se incrementa.
- l) En todos los casos de los concretos CCR debe tenerse especial cuidado en la determinación de los valores de la permeabilidad abierta y la permeabilidad al paso del oxígeno en el caso de los concretos endurecidos.
- m) Debe tenerse especial cuidado en la preparación y procedimiento de ensayo de las muestras, a fin de obtener valores representativos de aquellos de obra. Las muestras deben prepararse tanto en laboratorio como en obra.
- n) En la preparación de muestras para resistencias en compresión y tensión, resistencia a la congelación y deshielo, y permeabilidad, las muestras deben corresponder a las condiciones extremas que pueden presentarse en obra.
- o) En los concretos CCR con alto contenido de cemento se ha encontrado un aceptable comportamiento mecánico y características térmicas similares a las de los concretos

convencionales.

- 17.- Se puede concluir que el concreto CCR es un material heterogeneo y dinámico. Como la evolución de las características de éste depende, en parte, de las del medio ambiente es necesario conocer éstas y predecir el grado de conformidad que puede establecerse en el futuro entre las demandas estructurales y el nivel de competencia del concreto.
- 18.- Igualmente, puede decirse que existe una gran variedad de criterios acerca de los concretos CCR empleados en la construcción de presas y, al mismo tiempo, un acuerdo general de los principios básicos y diferentes formas de aplicación que dependen de las condiciones específicas de cada obra.
- 19.- El común denominador es diseñar un material, un concreto CCR, económico, cohesivo e impermeable, cuyo relación con el medio se estabilize con el tiempo y curvas características puedan ser controladas. Y, empleando determinadas técnicas de construcción, las características reológicas de este concreto permitan la construcción, en conjunto con o sin otros elementos estructurales, de una estructura fuerte, impermeable y duradera.
- 20.- La homogeneidad de las características de los Concretos CCR, dentro de un elemento estructural, es deseable, aunque el logro total de esta situación es difícil, aunque gracias a un cuidadoso control es posible que la totalidad de estas intrincadas características convergan hacia una situación estable.

- 21.- Como conclusión final se puede decir que los concretos CCR, un nuevo tipo de concretos, a través de la experiencia desarrollada desde los años 60 pueden ser utilizados con excelentes resultados en la construcción de presas de gravedad y presas de arco de altura variable, la cual puede sobrepasar los 100 metros. La resistencia, impermeabilidad y durabilidad de este tipo de concretos, unidas a procedimientos de construcción de alta tecnificación, y a procedimientos de control de calidad muy rigurosos, garantizan la obtención de estructuras de las características y el comportamiento deseados.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Roller Compacted Mass Concrete.- ACI Committee 207.- Report ACI 207.5R
- 2.- RCC PROPERTIES.- Andriolo Francisco Rodrigues.- Consulting Engineer, Andriolo Engenharia S/C Ltda, Sao Paulo
- 3.- Tensile Strength of Roller Compacted Concrete.- Pak-Yudelevich-Vedeneev.
- 4.- Determination of the porosity and permeability of hardened concrete.- García de Arriba Raul; Díez Cascón Sagrado Joaquín; Polanco Madrazo Juan Antonio.- Civil Engineering School-Universidad of Cantabria.- España.
- 5.- Undecimo Congreso Internacional de Grandes Presas.- General Report.- Dunstan.- 1995.
- 6.- International Symposium on RRC Dams.- Report.- España.- 1995

BIBLIOGRAFIA

- 7.- Recomendaciones para el proceso de puesta en obra de estructuras de concreto.- Rivva Enrique.- FIC-UNI.- 1987
- 8.- Curado del Concreto.- Soto Patricia.- FIC-UNI.- 1998.
- 9.- International Symposium on RRC Dams.- España.- 1995.
- 10.- General Report on RRC Dams.- Diez-Cascón Sagrado.- Universidad de Cantabria.- España.- 1995
- 11.- Construction of Roller Compacted Concrete Dam.- Schader Ernest.- USA.- 1995
- 12.- Studies of various types of RCC mix designs laboratory test results.- Oliveira Paulo Jose.- Brasil.- 1995
- 13.- Characterization of blended portland conglomerates.- Polanco Madrazo José Antonio.- Civil Engineering School.- Universidad de Cantabria.- España.- 1995
- 14.- RCC and CFR Dams - Cost Comparison.- Blinder Simao.- Brasil.- 1995
- 15.- A new concept on the desing of RCC Dam.- Cao Chusheng.- China.- 1995

BIBLIOGRAFIA

- 16.- Thermal analyses for RCC Dams.- Hinks J.L.- Inglaterra.- 1995
- 17.- RCC Dams with the zone placement of different concrete mixes.- Fedossov V.E..- Rusia.- 1995
- 18.- High paste content and low cement content mixes, finely crushed rock, specific gravity, compacting ratio, low cost... Discussions and values obtained.- Krempel Antonio Fernando.- Brasil.- 1995
- 19.- La reparación de pavimentos con concreto compactado con rodillos.- Ridout La Rosa Eduardo.- ASOCEM.- 1993
- 20.- El concreto compactado con rodillos y el rolacreto en las presas.- Cannon Robert.- 1985.
- 21.- Avances recientes en obras de concreto compactadas con rodillos.- Dunstan Malcolm.- 1983
- 22.- Use of Roller Compacted Concrete in Brazil.- Rodrigues Andriolo Francisco.- 1984
- 23.- Burst of Growth demand Speed Economy.- Toshio Hirose.- 1984
- 24.- Upper Stillwater Dam, design and construction concepts.- Oliverson James.- 1984

BIBLIOGRAFIA

- 25.- What is roller compacted concrete?.- Concrete Construction.- 1982
- 26.- RCC Does More.- Anderson Fred.- 1984
- 27.- Construction of Willow Creek Dam.- Schrader Ernest.- 1984
- 28.- Roller Compacted Concrete.- ACI Forum.- 1984
- 29.- El cemento portland y su aplicación en Pavimentos.- ASOCEM.- N° 49.- Mayo 1992.
- 30.- RCC PAVING and Slabs-Deeper is Cheaper.- Schrader E.- 1989
- 31.- Concreto Compactado con Rodillos.- ASOCEM.-
- 32.- Concreto Rodillado para la Construcción de la Presa de Nova Olinda-Brasil.- Francisco Gladston Holanda.- ASOCEM
- 33.- Especificación Técnica del concreto compactado con rodillo.- Proyecto Marcapomacocha-MARCA III
- 34.- Planteamiento de nueva metodología constructiva para la Presa Vertedero, Presa Principal y Diques del Proyecto Marcapomacocha-MARCA III.

ANEXO A

RESULTADOS

OBTENIDOS

PRESAS MARCA III

1.- MATERIALES

1.1 .Cemento

El tipo de cemento utilizado es Portland Tipo I, marca Andino, procedente de la fábrica ubicada en Condorcancha-Distrito de La Unión Leticia-Tarma-Junin.

1.1.1.Propiedades Químicas

Propiedades Químicas	Valores de Ensayo (%)	Límites ASTM C-150
Pérdida por Ignición	0.81 - 1.29 - 0.87	Máx. 3.00
Residuo insoluble	0.76 - 0.59 - 0.57	Máx. 0.75
SiO ₂	22.06 - 20.97 - 21.38	
Al ₂ O ₃	5.42 - 5.06 - 4.79	
Fe ₂ O ₃	3.28 - 3.21 - 3.32	
CaO	63.36 - 64.83 - 65.23	
Cal libre	0.90 - 1.25 - 1.23	
MgO	2.21 - 1.40	Máx. 6.00
SO ₃	2.33 - 2.28 - 2.31	Máx. 3.00
Compuestos de Bogue		
C ₃ S	54.32 - 54.57	
C ₂ S	19.16 - 20.15	
C ₃ A	8.01 - 7.09	
C ₄ AF	9.75 - 10.10	
Contenido de Alcalis :		
Na ₂ O	0.13 - 0.10	
K ₂ O	0.68 - 0.65	
Equivalente Alcalino	0.58 - 0.53	

El contenido de C₃A en el caso, ocurre por debajo de 8.0 % y el equivalente alcalino se mantiene por debajo de 0.60 % . Las dos propiedades contribuyen favorablemente para aumentar el factor de durabilidad del concreto.

1.1.2. Propiedades Físicas

Propiedades Físicas	Unidad	Valor de Ensayo	Límites ASTM C 150
Retenido # 325	%	19.76	
Superficie Específica Blaine	cm ² /gr	3210 - 3340 - 3270	Mín. 2800
Densidad	gr/cm ³	3.14 - 3.15 - 3.15	
Contenido de Aire	%	5.52 - 7.70 - 7.00	
Expansión Autoclave	%	0.07 - 0.00 - 0.00	Máx. 0.80
Consistencia Normal	%	22.15	
Fragua Inicial	h:m	2:24 - 2:08 - 1:58	Mín. 45m
Fragua Final	h:m	3:45 - 3:08 - 3:08	Máx. 6:15
Resistencia a la Compresión :			
3 días	Kg/cm ²	200 - 195 - 194	Mín 122
7 días	Kg/cm ²	270 - 250 - 249	Mín 194
28 días	Kg/cm ²	340	Mín 280

A través de sus propiedades físicas y químicas según las muestras ensayadas, se puede concluir que el cemento Andino Tipo I cumple con los requisitos de calidad dados por la norma C-150 de la ASTM.

1.2. Análisis del Agua

Determinaciones	Unidades	Valor de Ensayo	Límites para uso en Concreto
PH		7.33 (*) 7.50(**) 8.10(***)	≥ 7.0
Dureza, MgCO ₃	mg/L	39.0 40.0 30.0	Máx. 150 ppm
Cloruros, Cl ⁻	mg/L	2.40 2.40 2.40	Máx. 300 ppm
Sulfatos, SO ₄ ⁻	mg/L	30.0 14.0 37.0	Máx. 300 ppm
Sólidos Disueltos	mg/L	136.0 120.0 236.0	Máx. 1500 ppm
Sólidos suspendidos	mg/L	58.0 44.0 44.0	Máx. 1500 ppm
Materia Orgánica, O ₂	mg/L	4.8 5.6 3.7	Máx. 10 ppm

(*) Laguna Antacoto, Abril-98

(**) Laguna Esquerococha, Abril-98

(***) Laguna Antacoto, Julio-98

De acuerdo a las normas de calidad de agua para concreto dado por ITINTEC (NTP 334.088) las muestras de la laguna Antacoto y la laguna Esquerococha cumplen con los requisitos de calidad de agua para concreto.

1.3 Agregados –Propiedades Físicas

1.3.1 Peso Volumetrico y Propiedades

- Cantera Corpacancha (Materiales para CCR)

Propiedades	Arena	Grava 1"	Grava 2"
Peso Suelto (Kg/m ³)	1,669.00	1,470.00	1,440.00
Peso Compactado (Kg/m ³)	1,761.00	1,585.00	1,583.00
Peso Especifico (Kg/m ³)	2,610.00	2,610.00	2,650.00
% de Absorción	2.060	0.840	0.980
Modulo de Fineza	3.810	7.390	8.030
Abrasión Los Angeles (%)		GRUESO 22.7 - 17 25 - 17	
Porcentaje menor de la Malla Nro. 200	4.670	0.550	0.350

1.3.2 Análisis Granulométricos de los Agregados

En el anexo 1, se presenta las granulometrías de los materiales por sus resultados de ensayos.

(Hojas 1/7, 2/7, 3/7) : Arena para CCR

(Hojas 4/7, 5/7) : Grava 1" para CCR

(Hojas 6/7, 7/7) : Grava 2" para CCR

2.- CONTROL DE CALIDAD DE LAS ESTRUCTURAS DE CCR

2.1 Diseño de Mezclas – Diques y Presas

En el ítem 2.3 se presenta un resumen con los diseños de mezclas aprobados para uso en la construcción de las presas y diques de acuerdo con lo establecido en los planos y Especificaciones Técnicas.

2.2 Control de las Propiedades del CCR en la Planta

2.2.1 Análisis Granulométrico (Integral) de la Mezcla de CCR

En el anexo 2, se presenta un resumen del análisis granulométrico por tamizado hechos para la mezcla de CCR (material integral para CCR).

(a) Valores Individuales de ensayo de modulo de fineza del CCR

5.53, 5.66, 5.78, 5.46, 5.35, 5.40, 5.54, 5.57, 5.80, 6.04, 5.25, 5.63, 5.30, 5.46, 5.48, 5.39, 5.50, 4.85, 5.48, 5.58, 5.48, 5.54, 5.62, 5.51, 5.90, 5.69, 5.73, 5.60, 5.91, 5.32, 5.82, 5.83, 5.43, 5.40, 5.54, 5.53, 4.97, 4.98, 5.34, 5.42, 5.25, 5.25, 5.44, 5.23, 5.28, 5.54, 5.30, 5.41, 5.74, 5.36, 5.50, 5.75, 5.55, 5.48, 6.02, 5.54, 5.58, 5.55, 5.52, 5.42, 5.59, 5.50, 5.50, 5.67, 5.57.

(b) Valor Promedio de los resultados presentados en (a):

$$\mathbf{MF_{CCR}=5.51}$$

Considerandose que la mezcla fue diseñada para un valor teórico de 5.39, resulta una variación del orden de:

$$\mathbf{\Delta MF_{CCR}=5.51-5.39 = 0.12 < 0.20}$$

Como el resultado de la variación del Módulo de Finura es menor de 0.20 se concluye que el control de calidad en la Chancadora es óptimo.

2.2.2 Consistencia de la Mezcla

La determinación del ensayo especial para mezclas secas, consiste en poner a vibrar el sistema, midiendo el tiempo transcurrido desde el inicio hasta el momento en que el mortero de la mezcla se pone en contacto con el sobrepeso, registrando ese tiempo en segundos.

En el Anexo 3, se presenta la curva VeBe ajustada para la mezcla de CCR en uso. La consistencia ideal fue fijada en 30 segundos, correspondiente a un grado de compactación en el rango de 98 a 100% de la densidad teórica de la mezcla.

En el campo, la condición establecida en el laboratorio, fue confirmada como la más adecuada en base a los resultados de densidades del CCR, obtenidos con el uso del densímetro nuclear.

2.2.3 Control de la Densidad en el Campo

(a) Densidades con el Uso del Densímetro Nuclear

Los datos obtenidos hasta la fecha, están presentados en este informe de la siguiente manera:

Anexo 4 – Densidades y Diagrama de Compactación – Diques Norte A y B

Anexo 5 – Densidades y Diagrama de Compactación – Presa Principal

Anexo 6 – Densidades y Diagrama de Compactación – Dique Intermedio

Anexo 7 – Densidades y Diagrama de Compactación – Presa Vertedora

Estructura	Valor Promedio de la Densidad del CCR (Kg/m³)	Valor Promedio del Grado de Compactación (%)
Diques Norte A y B	2.454,00	101,60
Presa Principal	2.441,00	101,10
Dique Intermedio	2.434,00	100,80
Presa Vertedora	2.434,00	100,80

Del análisis de estos datos, se confirma un grado de compactación de por lo menos 101.08% en promedio para las estructuras concluidas, hecho que resulta en densidades promedio mayores que 2.44 Tn/m^3 , con ventajas para aumentar la estabilidad de las estructuras diseñadas.

(b) Densidad por Método de Parafina

- Muestras : 3 testigos de CCR obtenidos por extracción de la estructura de la Presa Principal
- Resultados de Ensayos

Muestra	Densidad (Kg/m^3)
1	2437
2	2412
3	2409

Valor Promedio : $2,419 \text{ Kg/m}^3$ → Grado de Compactación : 100 %, siendo que el mínimo especificado es de 98%.

El hecho confirma que el rodillo empleado así como el número de pasadas sobre la capa de CCR, esta de acuerdo con la necesidad de diseño de las presas.

Además, de esta forma se confirma los datos de ensayos obtenidos con el densímetro nuclear.

2.3 Resumen de Roturas CCR – Análisis Estadístico de Pruebas Rutinarias de Control

2.3.1 Mezcla del CCR

(a) Composición de la Mezcla

Materiales	(Kg/m³)
Cemento	120
Agua	125
Arena	1279
Grava 1"	533
Grava 2"	358

$\gamma_T : 2,415 \text{ Kg/m}^3$ (Peso específico teórico)

El Módulo de Finura teórico fue:

MF_{CCR}=5.39 (Cálculo inicial de diseño)

(b) Resumen del Análisis Estadístico (28 días de edad)

$n = 115$ $f_{C90} \geq 85 \text{ Kg/cm}^2$ a 90 días de edad.

$X_n = 135.5 \text{ Kg/cm}^2$

$S_n = 20.7 \text{ Kg/cm}^2$

$V_n = 15.3 \%$

$V_1 = 5.2 \%$

La resistencia característica resultante en el campo, calculada a través de los datos de rotura a la edad de 28 días, es la siguiente:

$$f_{ck} = 135.5 \times (1 - 1.28 \times 0.153) = 109 \text{ Kg/cm}^2,$$

Los datos estadísticos analizados para el CCR, se presentan en el Anexo 9.

2.3.2 Mortero de Sello (**BEDDING-MIX**)

(a) Composición de la Mezcla

Materiales	(Kg/m³)
Cemento	380
Agua	254
Arena	1637
H.E. (litros)	2.28

(b) Resumen del Análisis Estadístico (28 días de edad)

$$n = 94$$

$$X_n = 315.9 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_n = 43.9 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_n = 13.92 \%$$

$$V_1 = 4.12 \%$$

Para el mortero de sello se estableció la resistencia característica de 150 Kg/cm² a 28 días.

La resistencia característica resultante en el campo, calculada a través de los datos de rotura en la edad de 28 días, es la siguiente:

$$f_{ck} = 315.9 \times (1 - 1.28 \times 0.139) = 260 \text{ Kg/cm}^2,$$

Que se cumple con mucha seguridad comparativamente con el mínimo especificado. Los datos estadísticos analizados para la mezcla de sello se presentan en el Anexo 10

2.3.3 Concreto Convencional de las Caras de Las Presas (FACE-MIX)

(a) Composición de la Mezcla

Materiales	(Kg/m³)
Cemento	300
Agua	176
Arena	845
Grava 1"	968
H.E. (litros)	1.50
Frobe (litros)	0.116

(b) Resumen del Análisis Estadístico (28 días de edad)

$$n = 125$$

$$X_n = 261.7 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_n = 24.3 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_n = 9.3 \%$$

$$V_1 = 2.54 \%$$

La resistencia característica de diseño es de 180 Kg/cm^2 a 28 días, siendo el valor promedio obtenido equivalente a una resistencia característica de campo del siguiente orden:

$$f_{ck} = 261.7 \times (1 - 1.28 \times 0.093) = 230.6 \text{ Kg/cm}^2,$$

Los datos estadísticos analizados para el concreto convencional de las caras, se presentan en el Anexo 11.

ANEXO 1

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: PRESA ANTACOTO
 MATERIAL: ARENA 3/8" PARA CCR

PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO EN PESO

TAMIZ	FECHA DE ANÁLISIS											
	11.05.98	02.07.98	02.07.98	21.08.98	21.08.98	21.08.98	29.08.98	30.09.98	05.10.98	13.10.98	13.10.98	
2 1/2"												
2"												
1 1/2"												
1"												
3/4"												
1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3/8"	2.6	0.0	0.0	5.6	0.0	7.1	0.6	0.5	0.4	6.0	0.0	0.0
Nº 4	15.8	11.1	11.7	29.8	18.2	27.1	3.8	22.6	17.0	18.2	13.8	13.8
Nº 8	43.6	35.3	98.5	55.5	49.8	53.6	37.1	36.0	48.1	49.3	47.0	47.0
Nº 16	57.2	58.0	61.6	71.3	69.1	69.6	61.4	61.0	67.5	66.9	67.1	67.1
Nº 30	74.8	79.8	82.6	83.6	84.5	83.7	79.8	80.8	82.7	78.7	80.7	80.7
Nº 50	84.7	92.0	93.0	90.2	92.5	91.8	90.3	91.4	91.1	84.6	89.0	89.0
Nº 100	91.1	97.7	97.9	94.2	96.5	96.8	96.5	96.7	95.7	89.5	95.2	95.2
Nº 100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
MF	3.70	3.74	3.85	4.30	4.10	4.30	3.70	3.89	4.03	3.93	3.93	3.93

ANEXO 1

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO MARCAPOMACocha - MARCA III
 OBRA: PRESA ANTACOTO
 MATERIAL: ARENA 3/8" PARA CCR

PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO EN PESO

TAMIZ	FECHA DE ANÁLISIS													
	28.10.98	06.11.98	12.11.98	12.11.98	14.11.98	14.11.98	14.11.98	14.11.98	14.11.98	17.11.98	17.11.98	17.11.98	17.11.98	Promed.
2 1/2"														
2"														
1 1/2"														
1"														
3/4"														
1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
Nº 4	17.1	21.3	14.9	16.9	11.5	11.5	15.6	13.4	12.4	18.2	20.6	15.5	14.8	16.3
Nº 8	48.7	52.3	47.9	48.2	43.0	43.0	47.7	43.6	42.8	38.9	52.0	48.8	46.5	45.6
Nº 16	67.1	67.8	64.4	63.3	58.1	58.1	64.3	59.9	58.3	56.5	69.1	65.3	63.6	60.9
Nº 30	80.6	79.0	76.2	75.9	70.4	70.4	77.0	71.3	70.0	70.9	82.6	78.5	77.1	74.9
Nº 50	88.4	86.1	85.3	84.4	79.4	79.4	85.0	80.0	79.1	77.2	90.5	86.1	85.1	83.2
Nº 100	94.1	92.1	93.6	93.2	88.6	88.6	93.7	89.2	89.2	82.5	97.3	92.7	92.5	89.4
Nº 100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
MF	3.96	3.99	3.82	3.82	3.51	3.47	3.83	3.57	3.52	3.44	4.12	3.87	3.80	3.73

ANEXO 1

CONSORCIO ODEBRECHT-CBPO

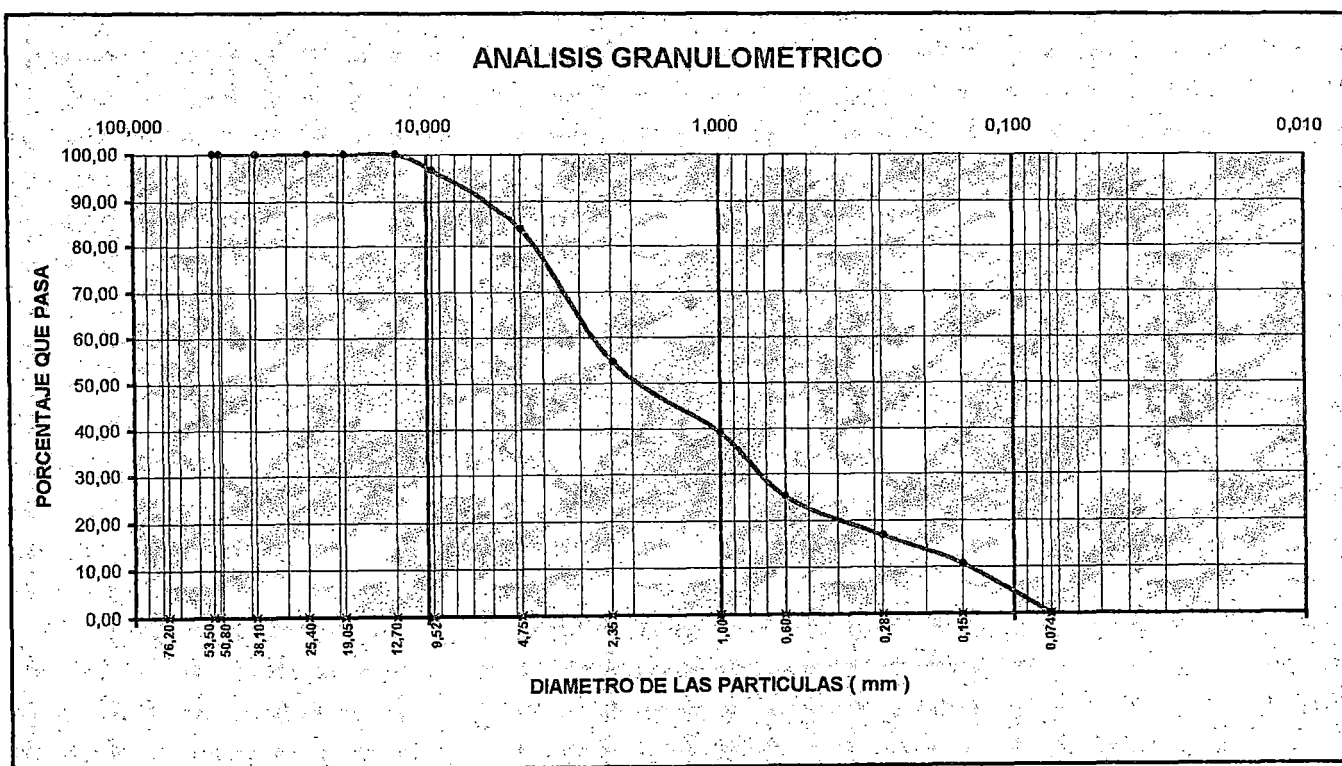
PROYECTO : MARCAPOMACOCHA - MARCA III

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

OBRA: PRESA ANTACOTO
 TRAMO: DIQUES Y PRESA
 MATERIAL: ARENA - 3/8 " PARA CCR
 CANTERA: CORPACANCHA

REVISADO :
 ING° RESP : D. OLIVEIRA
 FECHA : Ene-99
 CERTIFICADO N° :

TAMIZ		PESO RET	RET PARCIAL	RET ACUM	% PASA	ESPECIFIC		MATERIAL:
ASTM	mm	(gr)	%	%	%	MIN	MAX	
21/2"	53,500				100,00			AGREGADO PARA CCR MODULO DE FINURA = 3,73 NÚMERO DE MUESTRAS = 25
2"	50,800				100,00			
1 1/2"	38,100				100,00			
1"	25,400				100,00			
3/4"	19,000				100,00			
1/2"	12,700				100,00			
3/8"	9,520		3,30	3,30	96,70			
N.4	4,750		13,00	16,30	83,70			
N.8	2,300		29,30	45,60	54,40			
N.16	1,000		15,30	60,90	39,10			
N.30	0,600		14,00	74,90	25,10			
N.50	0,279		8,30	83,20	16,80			
N.100	0,149		6,20	89,40	10,60			
<100	0,074		10,60	100,00				OBSERVACIONES GRANULOMETRIA PROMEDIO DE ARENA USADA EN CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO



ANEXO 1

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: PRESA ANTACOTO
 MATERIAL: GRAVA 1" PARA CCR

PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO EN PESO

TAMIZ	FECHA DE ANÁLISIS														
	11.05.98	11.05.98	16.05.99	18.05.98	21.05.98	21.05.98	05.10.98	06.10.98	22.10.98	22.10.98	26.10.98	27.10.98	31.10.98	03.11.98	Promed
2 1/2"															
2"															
1 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1"	20.4	22.9	9.7	11.7	3.6	1.9	16.7	7.5	7.9	6.9	3.5	6.3	0.0	0.0	9.9
3/4"	59.7	62.9	45.7	41.7	37.9	37.2	49.2	34.4	31.9	45.8	68.7	35.7	44.4	50.3	46.1
1/2"	90.7	89.7	85.4	84.2	77.3	85.2	85.8	60.2	78.9	84.4	95.5	75.4	84.3	89.1	83.3
3/8"	97.4	96.9	98.5	97.9	91.5	94.5	94.4	75.3	90.5	93.3	98.3	95.2	93.5	95.4	93.8
Nº 4	98.8	98.0	99.6	99.0	97.9	98.2	96.7	89.8	94.4	96.9	98.9	98.8	96.6	97.2	97.2
<Nº 4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
MF	7.56	7.58	7.44	7.39	7.27	7.30	7.40	7.00	7.17	7.36	7.66	7.30	7.35	7.43	7.37

ANEXO 1

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: PRESA ANTACOTO
 MATERIAL: GRAVA 2" PARA CCR

PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO EN PESO

TAMIZ	FECHA DE ANÁLISIS												
	12.05.98	12.05.98	16.07.98	21.08.98	21.08.98	29.09.98	07.10.98	07.10.98	21.10.98	22.10.98	30.10.98	03.11.98	Promed
2 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2"	3.0	2.3	6.9	3.2	5.0	8.4	0.0	11.9	9.3	6.9	9.6	17.8	7.7
1 1/2"	26.8	29.4	39.1	31.5	30.8	24.6	28.5	9.0	44.2	38.4	34.1	50.1	35.9
1"	81.0	83.8	92.0	83.7	85.2	79.8	77.2	52.8	88.0	90.4	82.4	86.7	85.3
3/4"	89.7	92.4	97.2	98.6	97.9	97.4	98.7	93.7	98.5	99.7	99.0	98.7	97.3
1/2"	94.0	96.6	98.0	100.0	100.0	99.1	99.1	99.5	99.5	99.8	99.7	99.8	98.8
3/8"	95.4	97.9	98.4	100.0	100.0	99.2	99.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.2
Nº 4	97.0	99.0	98.6	100.0	100.0	99.3	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.4
<Nº 4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
MF	8.09	8.19	8.33	8.30	8.30	8.28	8.25	8.52	8.43	8.38	8.38	8.33	8.315

ANEXO 1

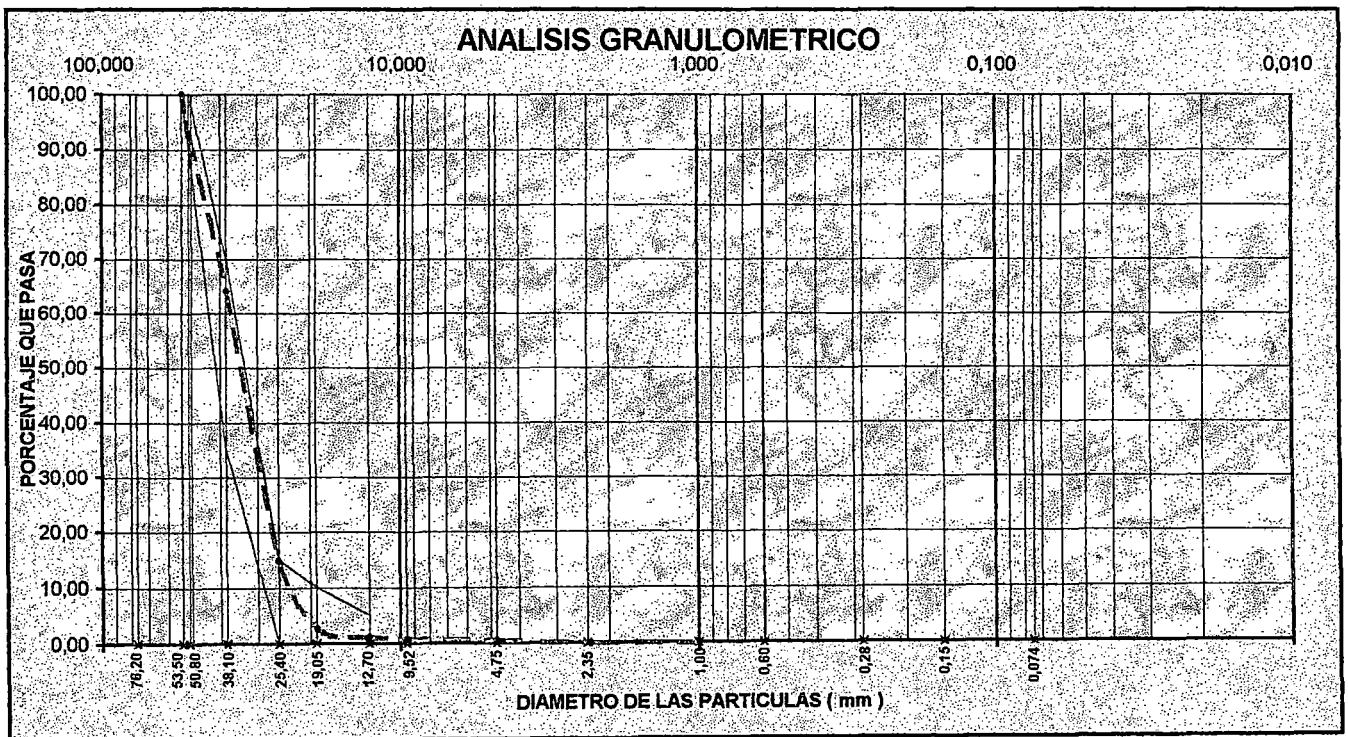
CONSORCIO ODEBRECHT-CBPO
 PROYECTO : MARCAPOMACOCHA - MARCA III

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

OBRA: DIQUES Y PRESA
TRAMO:
MATERIAL: GRAVA 2" PARA CCR
CANTERA: CORPACANCHA

REVISADO :
ING° RESP :
FECHA :
CERTIFICADO N° :

TAMIZ		PESO RET.	RET PARCIAL	RET ACUM	% PASA	ESPECIFIC		MATERIAL:
ASTM	mm	(gr)	%	%	%	MIN	MAX	
21/2"	53,500				100,00	100		AGREGADO PARA CCR MODULO DE FINURA = 8,315 NÚMERO DE MUESTRAS = 12 OBSERVACIONES GRANULOMETRIA PROMEDIO DE AGREGADO 2" USADO EN CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO
2"	50,800		7,65	7,65	92,35	90	100	
1 1/2"	38,100		28,21	35,86	64,14	35	70	
1"	25,400		49,46	85,32	14,68		15	
3/4"	19,000		11,95	97,27	2,73		10	
1/2"	12,700		1,53	98,80	1,20		5	
3/8"	9,520		0,40	99,20	0,80			
N.4	4,750		0,20	99,40	0,60			
N.8	2,300		0,60	100,00				
N.16	1,000			100,00				
N.30	0,600							
N.50	0,279							
N.100	0,149							
<100	0,074							



ANEXO 2

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: PRESA ANTACOTO
 MATERIAL: INTEGRAL PARA CCR

PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO EN PESO

TAMIZ	FECHA DE ANÁLISIS										
	20.08.98	20.08.98	21.08.98	22.08.98	22.08.98	28.08.98	31.08.98	04.09.98	19.09.98	19.09.98	19.09.98
2 1/2"											
2"											
1 1/2"	5.5	7.1	6.0	2.9	3.2		8.1	6.9	3.6	12.8	1.6
1"	12.8	13.4	19.1	13.7	13.9	15.1	11.7	9.9	17.4	26.7	6.3
3/4"	22.3	24.2	27.6	21.3	20.4	22.9	19.0	12.3	30.2	36.5	16.5
1/2"	30.4	34.3	35.4	32.5	29.5	32.1	28.2	22.9	44.5	43.5	28.3
3/8"	37.3	40.9	43.2	39.5	35.9	38.2	37.8	31.5	50.3	48.7	33.2
Nº 4	48.9	52.3	57.2	51.9	47.4	46.9	52.6	45.5	62.8	61.6	50.5
Nº 8	68.7	71.6	73.7	60.7	66.0	67.5	71.6	64.5	72.8	76.7	65.0
Nº 16	82.1	83.1	83.9	82.8	79.2	80.0	81.8	76.1	80.7	86.5	77.3
Nº 30	91.8	91.5	91.8	91.7	89.0	89.6	90.0	84.6	84.4	93.8	88.0
Nº 50	96.8	96.5	96.2	96.4	94.9	95.0	95.1	89.7	93.8	87.6	94.5
Nº 100	99.3	99.3	98.9	99.1	98.7	98.5	98.5	93.2	97.8	99.4	98.7
Nº 100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
MF	5.53	5.66	5.78	5.46	5.35	5.40	5.54	5.04	5.80	6.04	5.25

ANEXO 2

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: PRESA ANTACOTO
 MATERIAL: INTEGRAL PARA CCR

PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO EN PESO

TAMIZ	FECHA DE ANÁLISIS										
	03.10.98	03.10.98	18.10.98	18.10.98	18.10.98	18.10.98	18.10.98	20.10.98	20.10.98	20.10.98	24.10.98
2 1/2"											
2"											
1 1/2"	4.3	3.3	3.5	5.3	4.8	9.6	3.7	7.3	7.3	10.9	7.5
1"	15.1	11.2	11.7	15.9	14.3	16.6	9.7	13.4	16.0	13.1	13.1
3/4"	22.5	18.1	23.1	26.2	29.5	24.6	17.0	20.7	26.7	18.9	24.0
1/2"	29.8	25.9	35.2	30.4	32.4	33.9	26.5	31.2	37.7	29.6	35.6
3/8"	38.2	29.7	40.0	34.3	36.4	39.7	31.3	37.4	44.1	35.5	39.5
Nº 4	55.4	44.9	48.2	47.1	44.4	48.1	40.1	49.5	58.3	48.1	50.8
Nº 8	74.3	68.2	68.5	68.5	66.5	69.5	61.0	70.3	64.4	69.7	69.7
Nº 16	83.7	80.7	80.8	80.9	79.0	80.7	72.9	81.4	78.6	81.6	81.2
Nº 30	91.1	90.5	89.5	90.2	88.3	88.9	81.7	89.8	88.1	89.7	89.7
Nº 50	95.4	95.8	94.4	96.6	93.4	93.5	87.1	94.4	93.7	95.3	94.3
Nº 100	98.5	98.9	98.0	99.2	96.8	96.2	90.4	97.4	97.0	99.0	97.6
Nº 100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
MF	5.63	5.30	5.46	5.48	5.39	5.50	4.85	5.48	5.58	5.48	5.54

ANEXO 2

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: PRESA ANTACOTO
 MATERIAL: INTEGRAL PARA CCR

PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO EN PESO

TAMIZ	FECHA DE ANÁLISIS										
	27.10.98	27.10.98	27.10.98	27.10.98	27.10.98	27.10.98	28.10.98	28.10.98	28.10.98	28.10.98	30.10.98
2 1/2"											
2"											
1 1/2"	8.9	8.3	7.6	6.2	10.2	5.3	7.3	1.5	6.2	9.8	4.4
1"	14.3	10.9	17.6	13.6	12.9	11.2	16.5	4.4	12.6	16.9	10.9
3/4"	21.8	19.9	28.5	22.8	22.9	20.8	24.5	10.9	23.0	25.0	19.4
1/2"	31.4	29.2	39.4	32.2	30.2	27.7	32.7	20.3	33.0	32.6	29.2
3/8"	36.9	34.8	43.5	36.7	34.7	33.1	40.4	27.5	38.2	37.7	32.9
Nº 4	51.4	48.8	57.9	53.4	52.6	52.4	59.0	46.8	57.5	56.0	47.3
Nº 8	72.1	70.8	77.8	75.6	76.9	72.4	79.7	72.4	77.9	76.9	69.3
Nº 16	83.4	82.8	86.8	86.2	86.9	86.5	89.0	85.6	87.8	87.6	82.2
Nº 30	91.9	91.4	93.2	92.8	93.4	93.1	94.7	93.0	94.4	94.2	91.4
Nº 50	96.5	95.9	96.3	96.3	96.6	96.6	97.5	96.6	97.6	97.3	96.4
Nº 100	99.0	98.6	98.6	98.8	98.8	98.9	99.0	97.9	99.5	99.0	99.6
Nº 100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
MF	5.62	5.51	5.90	5.69	5.73	5.60	5.91	5.32	5.82	5.83	5.43

ANEXO 2

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: PRESA ANTACOTO
 MATERIAL: INTEGRAL PARA CCR

PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO EN PESO

TAMIZ	FECHA DE ANÁLISIS											
	30.10.98	30.10.98	31.10.98	02.11.98	03.11.98	04.11.98	04.11.98	09.11.98	09.11.98	09.11.98	09.11.98	
2 1/2"												
2"												
1 1/2"				7.7		4.4	7.1					
1"	8.9	6.7	11.2	9.7	4.8	9.2	12.5	15.3	12.7	13.2	18.9	
3/4"	23.2	17.2	18.3	14.8	12.0	15.8	18.6	20.5	18.9	19.2	26.6	
1/2"	38.2	25.8	25.4	21.7	20.1	24.5	26.3	28.3	30.6	27.0	35.0	
3/8"	41.5	32.4	32.8	27.6	26.3	29.5	31.3	32.7	37.5	31.3	39.7	
Nº 4	56.3	52.0	50.8	40.6	38.7	46.0	46.7	47.7	52.9	45.9	52.0	
Nº 8	62.8	75.3	75.7	64.5	66.5	71.1	71.1	69.2	72.5	68.9	69.5	
Nº 16	77.9	86.7	86.2	75.3	77.8	82.8	83.0	79.8	82.4	80.0	77.6	
Nº 30	87.7	93.8	93.1	83.1	86.1	90.9	90.7	87.1	89.1	87.7	83.7	
Nº 50	93.3	97.3	96.7	87.5	92.4	95.4	95.1	92.2	93.5	92.9	87.6	
Nº 100	96.3	99.7	99.1	96.3	99.0	98.6	98.6	96.3	96.9	96.9	91.1	
Nº 100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
MF	5.40	5.54	5.53	4.97	4.98	5.34	5.42	5.25	5.44	5.23	5.28	

ANEXO 2

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: PRESA ANTACOTO
 MATERIAL: INTEGRAL PARA CCR

PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO EN PESO

TAMIZ	FECHA DE ANÁLISIS										
	10.11.98	10.11.98	10.11.98	10.11.98	18.11.98	21.11.98	21.11.98	24.11.98	24.11.98	25.11.98	02.12.98
2 1/2"											
2"											
1 1/2"	4.8	3.3		13.2	13.3	13.9		5.5	14.4	11.5	3.8
1"	15.2	10.2	18.1	20.9	18.4	19.0	12.0	12.8	18.6	15.8	9.6
3/4"	25.7	22.6	31.6	31.3	24.0	24.0	17.5	20.4	21.9	21.9	20.2
1/2"	36.3	31.3	38.5	40.0	33.1	33.0	39.9	32.3	34.4	31.4	29.0
3/8"	41.6	37.0	43.4	44.0	39.4	39.8	45.1	40.7	42.1	40.1	37.4
Nº 4	52.8	49.1	54.7	55.0	52.9	52.2	64.5	57.7	55.1	62.2	51.9
Nº 8	72.8	69.1	71.5	73.7	70.1	71.2	81.6	76.8	73.0	84.2	73.7
Nº 16	81.5	79.0	78.3	82.5	77.3	79.8	87.4	83.6	79.0	89.9	84.0
Nº 30	87.5	85.6	83.4	87.8	82.3	85.6	90.4	87.3	83.5	95.0	89.8
Nº 50	91.6	90.1	86.8	91.4	86.0	89.5	92.8	89.7	87.3	97.9	95.0
Nº 100	95.7	93.9	91.2	95.3	90.5	93.9	95.8	93.3	91.6	99.6	97.9
Nº 100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
MF	5.54	5.30	5.41	5.74	5.36	5.50	5.75	5.55	5.48	6.02	5.54

ANEXO 2

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: PRESA ANTACOTO
 MATERIAL: INTEGRAL PARA CCR

PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO EN PESO

TAMIZ	FECHA DE ANÁLISIS									
	03.12.98	07.12.98	15.12.98	18.12.98	19.12.98	07.01.99	09.01.99	13.01.99	15.01.99	PROMEDIO
2 1/2"										
2"										
1 1/2"	2.0	3.0	4.2	2.5	5.7	6.2	5.4	6.2	5.7	6.5
1"	7.8	8.7	11.7	8.0	15.0	13.2	12.6	22.5	16.4	13.4
3/4"	24.7	22.2	19.0	16.9	20.8	18.6	18.8	27.3	22.0	21.9
1/2"	27.6	28.3	27.7	26.1	29.1	29.4	28.8	36.0	31.5	31.2
3/8"	39.1	38.1	34.9	33.9	35.7	38.7	37.2	41.2	38.7	37.3
Nº 4	53.3	52.4	52.9	51.6	53.8	54.9	54.1	56.1	54.8	51.8
Nº 8	72.9	73.2	73.2	71.5	74.5	76.2	75.0	73.6	74.3	71.6
Nº 16	84.8	84.2	83.3	81.8	84.4	80.5	81.7	82.5	81.9	82.1
Nº 30	89.0	89.3	90.7	90.2	90.7	87.1	88.6	89.2	88.8	89.4
Nº 50	93.8	94.3	94.9	94.7	94.9	91.1	92.7	93.4	92.9	93.7
Nº 100	98.3	98.0	98.4	98.5	98.1	97.2	97.7	97.3	97.5	97.3
Nº 100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
MF	5.58	5.55	5.52	5.42	5.59	5.50	5.50	5.67	5.57	5.51

NÚMERO DE DATOS = 64

ANEXO 2

CONSORCIO ODEBRECHT-CBPO
 PROYECTO : MARCAPOMACOCHA - MARCA III

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

OBRA: DIQUES Y PRESA

REVISADO :

TRAMO:

ING° RESP :

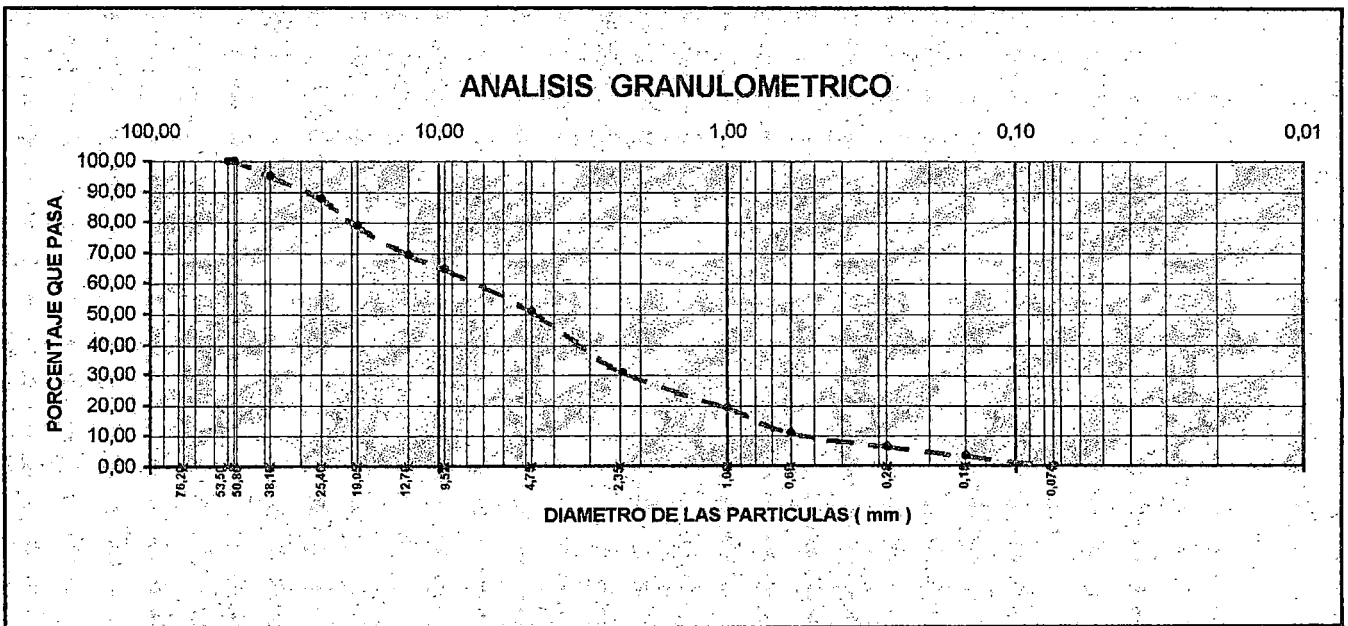
MATERIAL: INTEGRAL PARA CCR

FECHA :

CANTERA: CORPACANCHA

CERTIFICADO N° :

TAMIZ		PESO RET,	RET PARCIAL	RET ACUM	% PASA	ESPECIFIC		MATERIAL:
ASTM	mm	(gr)	%	%	%	MIN	MAX	
2 1/2"	53,500			0,00	100,00			AGREGADO PARA CCR MODULO DE FINURA = 5,61 NÚMERO DE MUESTRAS = 64 OBSERVACIONES GRANULOMETRIA INTEGRAL COMBINACION AGREGADOS USADO EN CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO ARENA-3/8" 59 % GRAVA: 1" 25 % GRAVA: 2" 16 %
2"	50,800				100,00			
1 1/2"	38,100		6,50	6,50	93,50			
1"	25,400		6,90	13,40	86,60			
3/4"	19,000		15,00	21,90	78,10			
1/2"	12,700		16,20	31,20	68,80			
3/8"	9,520		21,10	37,30	62,70			
N.4	4,750		30,70	51,80	48,20			
N.8	2,300		40,90	71,60	28,40			
N.16	1,000		41,20	82,10	17,90			
N.30	0,600		48,20	89,40	10,60			
N.50	0,279		45,50	93,70	6,30			
N.100	0,149		51,80	97,30	2,70			
<100	0,074		48,20	100,00	0,00			
	0,000							



**CONSORCIO ODEBRECHT-CBPO
MARCAPOMACocha - MARCA III**

ENSAYO DE CCR

MEZCLAS PARA DETERMINACIÓN DE LA CURVA VEBE EN OBRA

MATERIALES	CCR/11	CCR/12	CCR/13
Cemento	120	120	120
Arena 3/8"	1255	1268	1281
Grava 1"	533	533	533
Grava 2"	358	358	358
Agua	135	130	125
CCR 11			
P.U.	: 2348	TIEMPO VEBE 16"	T° C : 10° C
Humedad	: 10.0%		T. Amb. : 10° C
Gc	: 97.8%		
CCR 12			
P.U.	: 2356	TIEMPO VEBE 23".18	T° C : 10° C
Humedad	: 9.54%		T. Amb. : 10° C
Gc	: 97.8%		
CCR 13			
P.U.	: 2317	TIEMPO VEBE 30"	T° C : 10° C
Humedad	: 8.73%		T. Amb. : 10° C
Gc	: 95.9%		

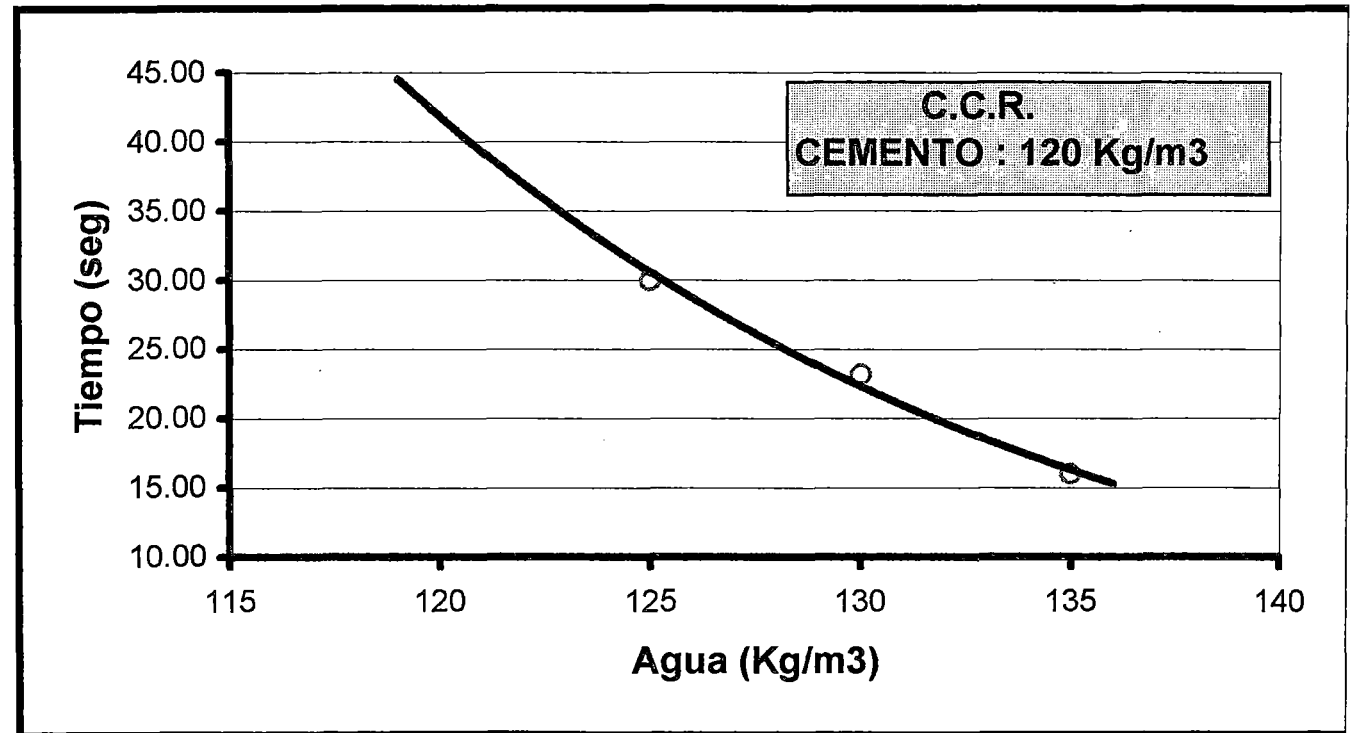
Fecha Ensayo 01.07.98 (según fax Ing. HOLANDA)

ANEXO 3

CURVA DE CONSISTENCIA VEBE

ENSAYOS DE CCR
FECHA : 01-JUL-98

AGUA (Kg/m ³)	TIEMPO (seg)
135	16.00
130	23.18
125	30.00



ANEXO 4

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

DIQUE NORTE A - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo(gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica(gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
1	29-Ago-98	11:11 AM	12	11	1	0.28	0.30	2.437	5.79	2.304	2.415	100.91%	CCR-27
2	29-Ago-98	11:14 AM	12	11	1	0.28	0.30	2.514	5.78	2.377	2.415	104.10%	CCR-27
3	29-Ago-98	2:20 PM	13	11	2	0.28	0.30	2.438	6.12	2.297	2.415	100.95%	CCR-27
4	29-Ago-98	2:25 PM	13	11	2	0.28	0.30	2.507	6.46	2.355	2.415	103.81%	CCR-27
5	29-Ago-98	4:41 PM	12	9	3	0.28	0.30	2.469	5.79	2.334	2.415	102.24%	CCR-27
6	29-Ago-98	4:44 PM	12	9	3	0.28	0.30	2.474	6.00	2.334	2.415	102.44%	CCR-27
7	31-Ago-98	12:04 PM	13	12	4	0.28	0.30	2.520	5.70	2.384	2.415	104.35%	CCR-27
8	31-Ago-98	12:14 PM	13	12	4	0.28	0.30	2.535	5.93	2.393	2.415	104.97%	CCR-27
9	31-Ago-98	2:41 PM	13	12	5	0.28	0.30	2.452	6.07	2.312	2.415	101.53%	CCR-27
10	31-Ago-98	2:55 PM	13	11	5	0.28	0.30	2.466	5.53	2.337	2.415	102.11%	CCR-27
11	31-Ago-98	5:40 PM	10	8	6	0.28	0.30	2.524	5.80	2.386	2.415	104.51%	CCR-27
12	31-Ago-98	2:44 PM	10	8	6	0.28	0.30	2.431	6.30	2.287	2.415	100.66%	CCR-27
13	01-Sep-98	3:18 PM	11	9	7	0.28	0.30	2.441	5.41	2.316	2.415	101.08%	CCR-27
14	01-Sep-98	3:23 PM	11	9	7	0.28	0.30	2.445	6.07	2.305	2.415	101.24%	CCR-27
15	01-Sep-98	5:41 PM	10	8	8	0.28	0.30	2.452	6.16	2.310	2.415	101.53%	CCR-27
16	01-Sep-98	5:45 PM	10	8	8	0.28	0.30	2.507	5.84	2.369	2.415	103.81%	CCR-27
17	02-Sep-98	11:23 AM	13	12	9	0.28	0.30	2.486	5.79	2.350	2.415	102.94%	CCR-27
18	02-Sep-98	11:48 AM	13	12	9	0.28	0.30	2.497	6.17	2.352	2.415	103.40%	CCR-27
19	02-Sep-98	2:02 PM	14	13	10	0.28	0.30	2.473	6.30	2.326	2.415	102.40%	CCR-27
20	02-Sep-98	2:18 PM	14	13	10	0.28	0.30	2.446	6.12	2.305	2.415	101.28%	CCR-27
21	02-Sep-98	2:22 PM	14	13	10	0.28	0.30	2.512	5.98	2.370	2.415	104.02%	CCR-27
22	02-Sep-98	6:11 PM	11	10	11	0.28	0.30	2.495	5.96	2.355	2.415	103.31%	CCR-27
23	02-Sep-98	6:14 PM	11	10	11	0.28	0.30	2.496	6.22	2.350	2.415	103.35%	CCR-27
24	02-Sep-98	6:20 PM	10	9	11	0.28	0.30	2.485	6.00	2.344	2.415	102.90%	CCR-27
25	02-Sep-98	7:00 PM	10	8	12	0.28	0.30	2.502	6.30	2.354	2.415	103.60%	CCR-27
26	03-Sep-98	10:11 AM	12	10	12	0.28	0.30	2.495	5.92	2.356	2.415	103.31%	CCR-27
27	03-Sep-98	10:24 AM	12	10	12	0.28	0.30	2.445	7.14	2.282	2.415	101.24%	CCR-27
28	03-Sep-98	11:48 AM	13	11	13	0.28	0.30	2.447	5.36	2.323	2.415	101.33%	CCR-27
29	03-Sep-98	11:53 AM	13	12	13	0.28	0.30	2.499	5.55	2.368	2.415	103.48%	CCR-27
30	03-Sep-98	12:39 PM	14	12	13	0.28	0.30	2.415	5.48	2.290	2.415	100.00%	CCR-27
31	03-Sep-98	3:16 PM	13	11	14	0.28	0.30	2.474	5.60	2.343	2.415	102.44%	CCR-27
32	03-Sep-98	3:19 PM	13	11	14	0.28	0.30	2.456	5.52	2.328	2.415	101.70%	CCR-27
33	03-Sep-98	3:24 PM	13	10	14	0.28	0.30	2.480	5.50	2.351	2.415	102.69%	CCR-27
34	05-Sep-98	10:58 AM	13	12	15	0.28	0.30	2.490	5.45	2.361	2.415	103.11%	CCR-27
35	05-Sep-98	11:05 AM	13	12	15	0.28	0.30	2.466	5.54	2.337	2.415	102.11%	CCR-27

ANEXO 4

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

DIQUE NORTE A - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo(gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica(gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
36	05-Sep-98	11:30 AM	13	12	15	0.28	0.30	2.467	5.62	2.336	2.415	102.15%	CCR-27
37	05-Sep-98	1:45 PM	14	12	16	0.28	0.30	2.452	6.07	2.312	2.415	101.53%	CCR-27
38	05-Sep-98	1:50 PM	14	12	16	0.28	0.30	2.469	5.79	2.334	2.415	102.24%	CCR-27
39	05-Sep-98	4:16 PM	14	11	16	0.28	0.30	2.369	5.24	2.251	2.415	98.10%	CCR-27
40	07-Sep-98	11:39 AM	15	14	17	0.28	0.30	2.466	6.00	2.326	2.415	102.11%	CCR-27
41	07-Sep-98	11:42 AM	15	14	17	0.28	0.30	2.451	6.62	2.299	2.415	101.49%	CCR-27
42	07-Sep-98	11:59 AM	15	14	17	0.28	0.30	2.521	5.12	2.398	2.415	104.39%	CCR-27
43	07-Sep-98	3:37 PM	13	12	18	0.28	0.30	2.396	5.44	2.272	2.415	99.21%	CCR-27
44	07-Sep-98	3:44 PM	13	12	18	0.28	0.30	2.474	6.00	2.334	2.415	102.44%	CCR-27
45	07-Sep-98	3:55 PM	13	12	18	0.28	0.30	2.462	5.60	2.331	2.415	101.95%	CCR-27
46	08-Sep-98	1:22 PM	13	12	19	0.28	0.30	2.480	6.08	2.338	2.415	102.69%	CCR-27
47	08-Sep-98	1:31 PM	13	12	19	0.28	0.30	2.496	6.19	2.351	2.415	103.35%	CCR-27
48	08-Sep-98	1:34 PM	13	12	19	0.28	0.30	2.515	6.62	2.359	2.415	104.14%	CCR-27
49	08-Sep-98	4:14 PM	12	11	20	0.28	0.30	2.496	6.08	2.353	2.415	103.35%	CCR-27
50	08-Sep-98	4:17 PM	12	10	20	0.28	0.30	2.527	6.05	2.383	2.415	104.64%	CCR-27
51	08-Sep-98	4:33 PM	12	10	20	0.28	0.30	2.431	5.90	2.296	2.415	100.66%	CCR-27
52	08-Sep-98	6:51 PM	11	9	21	0.28	0.30	2.469	5.58	2.339	2.415	102.24%	CCR-27
53	08-Sep-98	6:54 PM	11	9	21	0.28	0.30	2.455	5.81	2.320	2.415	101.66%	CCR-27
54	08-Sep-98	7:10 PM	10	7	21	0.28	0.30	2.451	5.85	2.316	2.415	101.49%	CCR-27
55	08-Sep-98	8:34 PM	10	6	22	0.28	0.30	2.449	6.23	2.305	2.415	101.41%	CCR-27
56	08-Sep-98	8:40 PM	10	6	22	0.28	0.30	2.435	5.68	2.304	2.415	100.83%	CCR-27
57	09-Sep-98	12:07 PM	10	12	22	0.28	0.30	2.458	5.41	2.332	2.415	101.78%	CCR-27
58	09-Sep-98	3:39 PM	11	10	23	0.28	0.30	2.420	5.43	2.295	2.415	100.21%	CCR-27
59	09-Sep-98	3:53 PM	11	10	23	0.28	0.30	2.442	6.10	2.302	2.415	101.12%	CCR-27
60	11-Sep-98	8:46 AM	11	12	1	0.28	0.30	2.458	6.19	2.315	2.415	101.78%	CCR-27
61	11-Sep-98	9:24 AM	11	12	1	0.28	0.30	2.437	6.25	2.294	2.415	100.91%	CCR-27
62	11-Sep-98	11:41 AM	12	14	2	0.28	0.30	2.392	5.71	2.263	2.415	99.05%	CCR-27
63	11-Sep-98	11:46 AM	12	14	2	0.28	0.30	2.498	5.49	2.368	2.415	103.44%	CCR-27
64	12-Sep-98	10:59 AM	12	14	3	0.28	0.30	2.491	5.66	2.358	2.415	103.15%	CCR-27
65	12-Sep-98	11:03 AM	12	14	3	0.28	0.30	2.480	4.88	2.365	2.415	102.69%	CCR-27
66	14-Sep-98	10:36 AM	10	13	4	0.28	0.30	2.466	5.69	2.333	2.415	102.11%	CCR-27
67	14-Sep-98	10:49 AM	10	13	4	0.28	0.30	2.376	6.12	2.239	2.415	98.39%	CCR-27
68	14-Sep-98	12:52 PM	12	13	5	0.28	0.30	2.419	5.41	2.295	2.415	100.17%	CCR-27
69	14-Sep-98	12:56 PM	12	13	5	0.28	0.30	2.463	6.15	2.320	2.415	101.99%	CCR-27
70	15-Sep-98	1:26 PM	12	11	6	0.28	0.30	2.458	5.75	2.324	2.415	101.78%	CCR-27

ANEXO 4

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

DIQUE NORTE A - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
71	15-Sep-98	1:38 PM	12	11	6	0.28	0.30	2.398	6.52	2.251	2.415	99.30%	CCR-27
72	15-Sep-98	4:10 PM	10	10	7	0.28	0.30	2.432	6.18	2.290	2.415	100.70%	CCR-27
73	15-Sep-98	4:16 PM	10	10	7	0.28	0.30	2.501	5.97	2.360	2.415	103.56%	CCR-27
74	16-Sep-98	12:03 PM	12	14	8	0.28	0.30	2.360	6.57	2.215	2.415	97.72%	CCR-27
75	16-Sep-98	12:07 PM	12	14	8	0.28	0.30	2.467	6.49	2.317	2.415	102.15%	CCR-27
76	17-Sep-98	12:29 PM	12	16	9	0.28	0.30	2.512	5.27	2.386	2.415	104.02%	CCR-27
77	17-Sep-98	12:34 PM	12	15	9	0.28	0.30	2.457	6.30	2.311	2.415	101.74%	CCR-27
78	17-Sep-98	3:20 PM	12	13	10	0.28	0.30	2.464	6.32	2.318	2.415	102.03%	CCR-27
79	17-Sep-98	3:24 PM	12	13	10	0.28	0.30	2.499	7.08	2.334	2.415	103.48%	CCR-27
80	18-Sep-98	11:26 AM	11	12	11	0.28	0.30	2.481	6.50	2.330	2.415	102.73%	CCR-27
81	18-Sep-98	11:30 AM	11	12	11	0.28	0.30	2.494	5.80	2.357	2.415	103.27%	CCR-27
82	21-Sep-98	6:55 PM	14	8	12	0.28	0.30	2.507	6.14	2.362	2.415	103.81%	CCR-27
83	21-Sep-98	7:11 PM	14	8	12	0.28	0.30	2.473	6.96	2.312	2.415	102.40%	CCR-27
84	29-Sep-98	7:46 PM	10	8	13	0.28	0.30	2.514	6.44	2.362	2.415	104.10%	CCR-27
85	29-Sep-98	7:52 PM	10	8	13	0.28	0.30	2.503	6.38	2.353	2.415	103.64%	CCR-27
86	01-Oct-98	6:55 PM	10	7	14	0.28	0.30	2.477	6.46	2.327	2.415	102.57%	CCR-27
87	02-Oct-98	11:29 AM	13	17	14	0.28	0.30	2.443	6.17	2.301	2.415	101.16%	CCR-27
88	04-Oct-98	11:32 AM	13	18	14	0.28	0.30	2.430	5.64	2.300	2.415	100.62%	CCR-27
89	02-Oct-98	11:25 AM	14	18	15	0.28	0.30	2.385	5.81	2.254	2.415	98.76%	CCR-27
90	02-Oct-98	1:08 PM	14	18	15	0.28	0.30	2.445	5.65	2.314	2.415	101.24%	CCR-27
91	04-Oct-98	1:43 PM	14	17	15	0.28	0.30	2.373	5.15	2.257	2.415	98.26%	CCR-27
92	03-Oct-98	11:37 AM	13	16	16	0.28	0.30	2.473	6.11	2.331	2.415	102.40%	CCR-27
93	04-Oct-98	11:39 AM	12	16	16	0.28	0.30	2.457	5.51	2.329	2.415	101.74%	CCR-27
94	05-Oct-98	11:34 AM	13	16	16	0.28	0.30	2.455	5.17	2.334	2.415	101.66%	CCR-27
95	03-Oct-98	1:30 PM	13	15	17	0.28	0.30	2.493	6.29	2.345	2.415	103.23%	CCR-27
96	04-Oct-98	1:39 PM	13	17	17	0.28	0.30	2.407	5.59	2.280	2.415	99.67%	CCR-27
97	05-Oct-98	2:15 PM	12	15	17	0.28	0.30	2.472	5.86	2.335	2.415	102.36%	CCR-27
98	23-Sep-98	2:30 PM	13	12	9	0.28	0.30	2.457	6.20	2.314	2.415	101.74%	CCR-27
99	23-Sep-98	3:40 PM	11	9	10	0.28	0.30	2.504	5.83	2.366	2.415	103.69%	CCR-27
100	23-Sep-98	3:42 PM	11	9	10	0.28	0.30	2.428	6.30	2.284	2.415	100.54%	CCR-27
101	24-Sep-98	10:26 AM	12	13	11	0.28	0.30	2.460	6.57	2.308	2.415	101.86%	CCR-27
102	24-Sep-98	11:41 AM	13	13	12	0.28	0.30	2.359	6.12	2.223	2.415	97.68%	CCR-27
103	24-Sep-98	1:05 PM	13	14	13	0.28	0.30	2.464	6.38	2.316	2.415	102.03%	CCR-27
104	30-Sep-98	8:42 AM	12	13	14	0.28	0.30	2.491	6.78	2.333	2.415	103.15%	CCR-27
105	30-Sep-98	9:52 AM	12	15	15	0.28	0.30	2.479	6.08	2.337	2.415	102.65%	CCR-27

ANEXO 4

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

DIQUE NORTE A - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
106	01-Oct-98	6:52 PM	10	8	16	0.28	0.30	2.468	6.40	2.320	2.415	102.19%	CCR-27
107	02-Oct-98	11:33 AM	13	16	17	0.28	0.30	2.424	6.50	2.276	2.415	100.37%	CCR-27
108	03-Oct-98	11:27 AM	13	15	18	0.28	0.30	2.476	5.51	2.347	2.415	102.53%	CCR-27
109	03-Oct-98	1:39 PM	13	16	19	0.28	0.30	2.455	5.85	2.319	2.415	101.66%	CCR-27
110	05-Oct-98	10:50 AM	12	17	20	0.28	0.30	2.470	6.00	2.330	2.415	102.28%	CCR-27
111	06-Oct-98	1:53 PM	13	19	21	0.28	0.30	2.460	6.18	2.317	2.415	101.86%	CCR-27
112	05-Oct-98	12:00 PM	14	18	18	0.28	0.30	2.471	6.15	2.328	2.415	102.32%	CCR-27
113	05-Oct-98	12:03 PM	14	18	18	0.28	0.30	2.453	5.69	2.321	2.415	101.57%	CCR-27
114	05-Oct-98	6:04 PM	10	9	18	0.28	0.30	2.467	5.94	2.329	2.415	102.15%	CCR-27
115	05-Oct-98	6:10 PM	10	9	18	0.28	0.30	2.422	5.78	2.290	2.415	100.29%	CCR-27
116	05-Oct-98	2:32 PM	12	16	19	0.28	0.30	2.458	5.59	2.328	2.415	101.78%	CCR-27
117	05-Oct-98	2:42 PM	12	16	19	0.28	0.30	2.519	5.70	2.383	2.415	104.31%	CCR-27
118	06-Oct-98	1:17 PM	13	16	19	0.28	0.30	2.474	6.49	2.323	2.415	102.44%	CCR-27
119	06-Oct-98	1:21 PM	13	16	19	0.28	0.30	2.433	6.37	2.287	2.415	100.75%	CCR-27
120	05-Oct-98	4:26 PM	11	12	20	0.28	0.30	2.477	5.61	2.345	2.415	102.57%	CCR-27
121	06-Oct-98	1:39 PM	12	14	20	0.28	0.30	2.479	6.69	2.324	2.415	102.65%	CCR-27
122	06-Oct-98	1:44 PM	12	14	20	0.28	0.30	2.423	5.79	2.290	2.415	100.33%	CCR-27
123	06-Oct-98	4:13 PM	11	12	20	0.28	0.30	2.402	5.87	2.269	2.415	99.46%	CCR-27
124	06-Oct-98	4:26 PM	11	11	21	0.28	0.30	2.427	6.49	2.279	2.415	100.50%	CCR-27
125	06-Oct-98	4:30 PM	11	11	21	0.28	0.30	2.430	6.63	2.279	2.415	100.62%	CCR-27
126	06-Oct-98	6:04 PM	10	11	21	0.28	0.30	2.482	6.31	2.335	2.415	102.77%	CCR-27
127	07-Oct-98	11:46 AM	13	17	22	0.28	0.30	2.484	5.67	2.351	2.415	102.86%	CCR-27
128	07-Oct-98	11:51 AM	13	17	22	0.28	0.30	2.460	6.30	2.314	2.415	101.86%	CCR-27
129	07-Oct-98	12:12 PM	13	17	22	0.28	0.30	2.477	6.04	2.336	2.415	102.57%	CCR-27
130	07-Oct-98	12:16 PM	13	17	22	0.28	0.30	2.454	5.54	2.325	2.415	101.61%	CCR-27
131	13-Oct-98	2:02 PM	12	16	23	0.28	0.30	2.487	6.03	2.346	2.415	102.98%	CCR-27
132	13-Oct-98	2:07 PM	12	16	23	0.28	0.30	2.533	5.59	2.399	2.415	104.89%	CCR-27
133	13-Oct-98	2:40 PM	11	16	23	0.28	0.30	2.510	6.52	2.356	2.415	103.93%	CCR-27
134	13-Oct-98	2:43 PM	11	16	23	0.28	0.30	2.464	6.69	2.309	2.415	102.03%	CCR-27
135	13-Oct-98	4:39 PM	10	13	24	0.28	0.30	2.475	5.57	2.344	2.415	102.48%	CCR-27
136	13-Oct-98	4:44 PM	10	13	24	0.28	0.30	2.466	5.78	2.331	2.415	102.11%	CCR-27
137	13-Oct-98	5:27 PM	10	11	24	0.28	0.30	2.421	6.07	2.282	2.415	100.25%	CCR-27
138	14-Oct-98	11:43 AM	12	15	25	0.28	0.30	2.476	5.66	2.343	2.415	102.53%	CCR-27
139	14-Oct-98	11:49 AM	12	15	25	0.28	0.30	2.449	5.69	2.317	2.415	101.41%	CCR-27
140	14-Oct-98	3:20 PM	10	13	25	0.28	0.30	2.413	6.52	2.265	2.415	99.92%	CCR-27

DIQUES NORTE A y B - CONTROL DE COMPACTACION

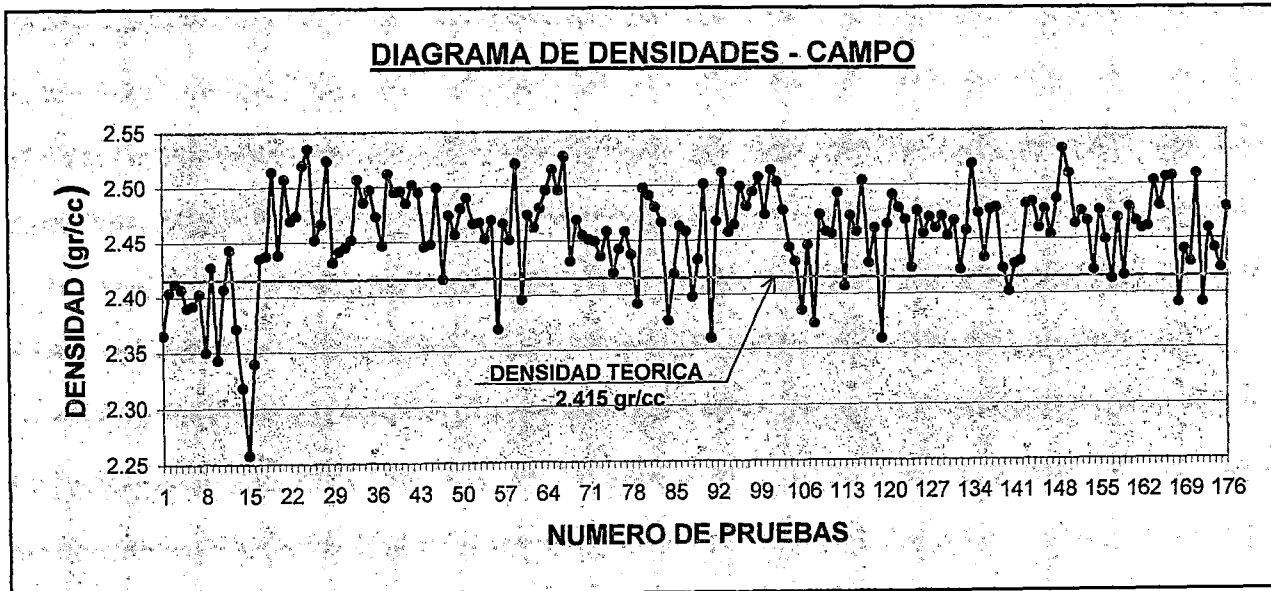
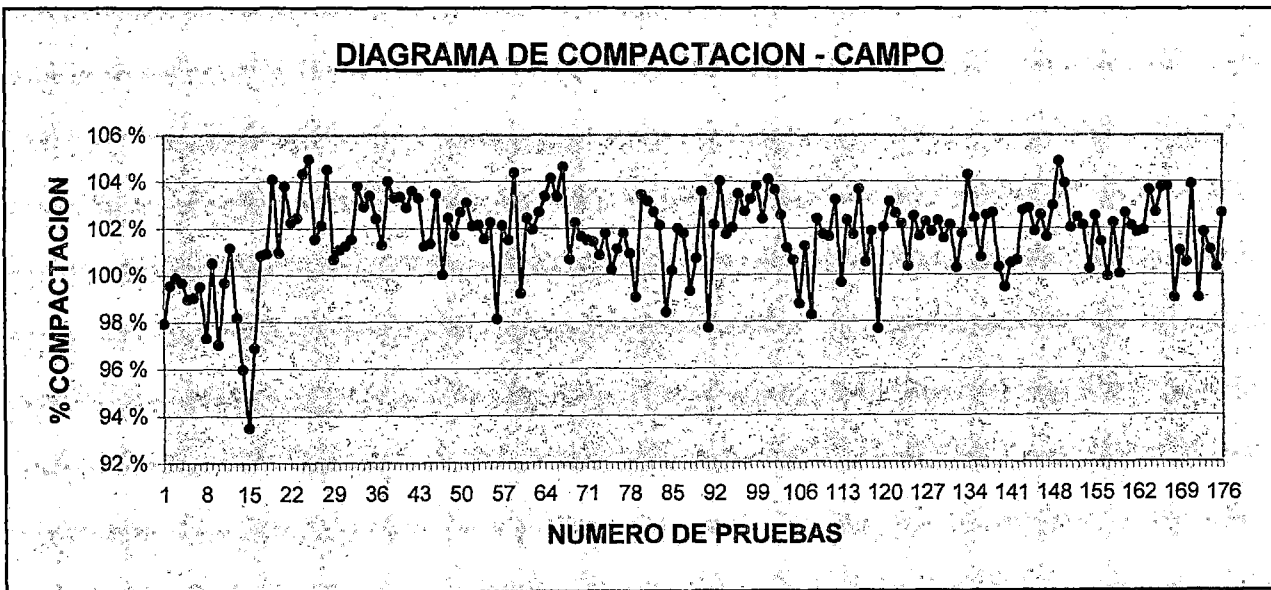
ESTRUCTURA : DIQUES NORTE A y B

FECHA : 21-Jul-98

a

16-Oct-98

	Temperatura °C		Densidad	%	Densidad	%
	CCR	Ambiente	Campo (gr/cc)	Humedad	Teórica (gr/cc)	Compactación
Nro. de Pruebas	176	176	176	176	176	176
Promedio	11.744	12.063	2.454	5.980	2.415	1.016
Desv. Estandar	1.449	3.075	0.044	0.462	0.00	0.018
Coef. Variación	12.339	25.489	1.805	7.720	0.00	1.805



ANEXO 5

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

PRESA PRINCIPAL - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
1	24-Jul-98	6:00 PM	11.5	10	1	0.25	0.30	2.315	5.81	2.188	2.415	95.86%	CCR-27
2	24-Jul-98	6:05 PM	11.5	10	1	0.25	0.30	2.509	6.16	2.363	2.415	103.89%	CCR-27
3	24-Jul-98	6:10 PM	11	10	1	0.25	0.30	2.503	5.90	2.364	2.415	103.64%	CCR-27
4	24-Jul-98	6:20 PM	11	10	1	0.25	0.30	2.411	5.83	2.278	2.415	99.83%	CCR-27
5	24-Jul-98	6:25 PM	11	10	1	0.25	0.30	2.437	5.65	2.307	2.415	100.91%	CCR-27
6	25-Jul-98	11:00 AM	13	11	2	0.25	0.30	2.369	5.74	2.240	2.415	98.10%	CCR-27
7	25-Jul-98	11:10 AM	13	11	2	0.25	0.30	2.391	5.61	2.264	2.415	99.01%	CCR-27
8	25-Jul-98	11:15 AM	13	11	2	0.25	0.30	2.406	6.22	2.265	2.415	99.63%	CCR-27
9	25-Jul-98	3:30 PM	13	11	3	0.25	0.30	2.464	6.18	2.321	2.415	102.03%	CCR-27
10	25-Jul-98	3:35 PM	13	11	3	0.25	0.30	2.414	5.91	2.279	2.415	99.96%	CCR-27
11	25-Jul-98	3:40 PM	13	11	3	0.25	0.30	2.354	6.30	2.214	2.415	97.47%	CCR-27
12	26-Jul-98	4:00 PM	12	11	4	0.25	0.30	2.408	5.34	2.286	2.415	99.71%	CCR-27
13	26-Jul-98	4:10 PM	12	10	4	0.25	0.30	2.395	5.11	2.279	2.415	99.17%	CCR-27
14	26-Jul-98	4:15 PM	12	10	4	0.25	0.30	2.348	4.90	2.238	2.415	97.23%	CCR-27
15	27-Jul-98	11:30 AM	11.5	12	5	0.25	0.30	2.379	5.69	2.251	2.415	98.51%	CCR-27
16	27-Jul-98	11:35 AM	11	12	5	0.25	0.30	2.361	5.87	2.230	2.415	97.76%	CCR-27
17	27-Jul-98	11:40 AM	11	12	5	0.25	0.30	2.428	5.77	2.296	2.415	100.54%	CCR-27
18	27-Jul-98	11:45 AM	11	12	5	0.25	0.30	2.398	5.96	2.263	2.415	99.30%	CCR-27
19	28-Jul-98	10:00 AM	11	10	6	0.25	0.30	2.412	6.49	2.265	2.415	99.88%	CCR-27
20	28-Jul-98	10:05 AM	11	10	6	0.25	0.30	2.402	6.62	2.253	2.415	99.46%	CCR-27
21	28-Jul-98	2:20 PM	12	11	6	0.25	0.30	2.411	5.64	2.282	2.415	99.83%	CCR-27
22	28-Jul-98	2:22 PM	12	11	6	0.25	0.30	2.367	6.28	2.227	2.415	98.01%	CCR-27
23	28-Jul-98	6:10 PM	9	8	7	0.25	0.30	2.452	5.22	2.330	2.415	101.53%	CCR-27
24	28-Jul-98	6:12 PM	9	8	7	0.25	0.30	2.415	5.70	2.285	2.415	100.00%	CCR-27
25	28-Jul-98	6:18 PM	9	8	7	0.25	0.30	2.458	5.85	2.322	2.415	101.78%	CCR-27
26	28-Jul-98	6:24 PM	9	8	7	0.25	0.30	2.407	5.63	2.279	2.415	99.67%	CCR-27
27	29-Jul-98	11:10 AM	12	11	8	0.25	0.30	2.447	5.51	2.319	2.415	101.33%	CCR-27
28	29-Jul-98	11:12 AM	12	11	8	0.25	0.30	2.427	4.99	2.312	2.415	100.50%	CCR-27
29	29-Jul-98	4:50 PM	11	10	8	0.25	0.30	2.395	5.42	2.272	2.415	99.17%	CCR-27
30	29-Jul-98	4:55 PM	11	10	8	0.25	0.30	2.410	5.20	2.291	2.415	99.79%	CCR-27
31	30-Jul-98	12:05 PM	13	11	9	0.25	0.30	2.435	5.25	2.314	2.415	100.83%	CCR-27
32	30-Jul-98	12:08 PM	13	11	9	0.25	0.30	2.411	5.80	2.279	2.415	99.83%	CCR-27
33	30-Jul-98	5:14 PM	10	9	9	0.25	0.30	2.379	5.43	2.256	2.415	98.51%	CCR-27
34	30-Jul-98	5:17 PM	10	9	9	0.25	0.30	2.382	5.85	2.250	2.415	98.63%	CCR-27
35	30-Jul-98	5:20 PM	10	9	9	0.25	0.30	2.448	6.02	2.309	2.415	101.37%	CCR-27

ANEXO 5

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

PRESA PRINCIPAL - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
36	31-Jul-98	11:50 AM	12	10	10	0.25	0.30	2.482	5.72	2.348	2.415	102.77%	CCR-27
37	31-Jul-98	11:53 AM	12	10	10	0.25	0.30	2.452	5.92	2.315	2.415	101.53%	CCR-27
38	31-Jul-98	5:46 PM	11	9	10	0.25	0.30	2.450	5.37	2.325	2.415	101.45%	CCR-27
39	31-Jul-98	5:50 PM	11	9	10	0.25	0.30	2.402	5.51	2.277	2.415	99.46%	CCR-27
40	03-Ago-98	3:00 PM	11.5	11	11	0.28	0.30	2.453	5.62	2.322	2.415	101.57%	CCR-27
41	03-Ago-98	3:15 PM	11	11	11	0.28	0.30	2.391	6.03	2.255	2.415	99.01%	CCR-27
42	03-Ago-98	3:45 PM	11	10	11	0.28	0.30	2.440	6.24	2.297	2.415	101.04%	CCR-27
43	04-Ago-98	5:00 PM	11.5	12.5	12	0.28	0.30	2.450	5.69	2.318	2.415	101.45%	CCR-27
44	04-Ago-98	5:15 PM	11	12.5	12	0.28	0.30	2.461	6.28	2.316	2.415	101.90%	CCR-27
45	04-Ago-98	5:25 PM	11	12	13	0.28	0.30	2.463	5.85	2.327	2.415	101.99%	CCR-27
46	04-Ago-98	5:30 PM	11	12	13	0.28	0.30	2.425	5.82	2.292	2.415	100.41%	CCR-27
47	04-Ago-98	5:40 PM	11	12	13	0.28	0.30	2.464	5.67	2.332	2.415	102.03%	CCR-27
48	04-Ago-98	5:50 PM	11	12	13	0.28	0.30	2.456	5.97	2.318	2.415	101.70%	CCR-27
49	05-Ago-98	1:00 PM	11.8	12.5	14	0.28	0.30	2.405	5.96	2.270	2.415	99.59%	CCR-27
50	05-Ago-98	1:15 PM	11	12.5	14	0.28	0.30	2.436	6.40	2.289	2.415	100.87%	CCR-27
51	05-Ago-98	1:25 PM	11	12.5	14	0.28	0.30	2.381	6.51	2.235	2.415	98.59%	CCR-27
52	05-Ago-98	1:35 PM	11	12.5	14	0.28	0.30	2.429	5.30	2.307	2.415	100.58%	CCR-27
53	05-Ago-98	1:45 PM	11	12.5	14	0.28	0.30	2.376	5.78	2.246	2.415	98.39%	CCR-27
54	05-Ago-98	5:00 PM	11	12	15	0.28	0.30	2.457	5.23	2.335	2.415	101.74%	CCR-27
55	05-Ago-98	5:15 PM	11	12	15	0.28	0.30	2.459	5.79	2.324	2.415	101.82%	CCR-27
56	05-Ago-98	5:30 PM	11	11.5	15	0.28	0.30	2.391	4.90	2.279	2.415	99.01%	CCR-27
57	05-Ago-98	5:45 PM	11	11	15	0.25	0.30	2.338	5.29	2.221	2.415	96.81%	CCR-27
58	05-Ago-98	6:00 PM	11	11	15	0.25	0.30	2.326	5.63	2.202	2.415	96.31%	CCR-27
59	06-Ago-98	11:00 AM	11.5	13	15	0.28	0.30	2.456	5.33	2.332	2.415	101.70%	CCR-27
60	06-Ago-98	11:10 AM	11	13	15	0.28	0.30	2.440	5.98	2.302	2.415	101.04%	CCR-27
61	06-Ago-98	2:30 PM	11	13	16	0.28	0.30	2.490	5.32	2.364	2.415	103.11%	CCR-27
62	06-Ago-98	2:33 PM	11.5	13	16	0.28	0.30	2.382	5.17	2.265	2.415	98.63%	CCR-27
63	06-Ago-98	3:38 PM	11.5	13	16	0.28	0.30	2.422	5.73	2.291	2.415	100.29%	CCR-27
64	06-Ago-98	4:08 PM	11	11	16	0.28	0.30	2.403	6.17	2.263	2.415	99.50%	CCR-27
65	06-Ago-98	4:30 PM	11	10	16	0.28	0.30	2.405	5.87	2.272	2.415	99.59%	CCR-27
66	07-Ago-98	5:10 PM	11	10	17	0.28	0.30	2.371	6.12	2.234	2.415	98.18%	CCR-27
67	07-Ago-98	5:17 PM	11	10	17	0.28	0.30	2.423	5.46	2.298	2.415	100.33%	CCR-27
68	07-Ago-98	6:44 PM	11	10	17	0.28	0.30	2.446	6.07	2.306	2.415	101.28%	CCR-27
69	07-Ago-98	6:48 PM	11	10	17	0.28	0.30	2.405	5.97	2.270	2.415	99.59%	CCR-27
70	10-Sep-98	10:27 AM	12	13	18	0.28	0.30	2.460	6.19	2.317	2.415	101.86%	CCR-27

ANEXO 5

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

PRESA PRINCIPAL - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
71	10-Sep-98	10:30 AM	12	13	18	0.28	0.30	2.417	5.91	2.282	2.415	100.08%	CCR-27
72	10-Sep-98	11:46 AM	12	14	18	0.28	0.30	2.452	5.64	2.321	2.415	101.53%	CCR-27
73	10-Sep-98	11:50 AM	12	14	18	0.28	0.30	2.514	5.82	2.376	2.415	104.10%	CCR-27
74	10-Sep-98	2:54 PM	12	13	19	0.28	0.30	2.483	5.38	2.356	2.415	102.82%	CCR-27
75	10-Sep-98	2:58 PM	12	13	19	0.28	0.30	2.417	5.76	2.285	2.415	100.08%	CCR-27
76	10-Sep-98	3:30 PM	10	11	19	0.28	0.30	2.460	5.80	2.325	2.415	101.86%	CCR-27
77	10-Sep-98	3:40 PM	10	11	19	0.28	0.30	2.471	6.00	2.331	2.415	102.32%	CCR-27
78	11-Sep-98	2:20 PM	11	10	20	0.28	0.30	2.504	5.14	2.382	2.415	103.69%	CCR-27
79	11-Sep-98	2:24 PM	11	10	20	0.28	0.30	2.489	5.86	2.351	2.415	103.06%	CCR-27
80	11-Sep-98	2:49 PM	11	10	20	0.28	0.30	2.477	5.43	2.349	2.415	102.57%	CCR-27
81	11-Sep-98	3:08 PM	11	10	20	0.28	0.30	2.432	6.16	2.291	2.415	100.70%	CCR-27
82	11-Sep-98	5:56 PM	10	8	21	0.28	0.30	2.493	6.19	2.348	2.415	103.23%	CCR-27
83	11-Sep-98	5:59 PM	10	8	21	0.28	0.30	2.483	6.17	2.339	2.415	102.82%	CCR-27
84	11-Sep-98	6:03 PM	10	8	21	0.28	0.30	2.371	6.07	2.235	2.415	98.18%	CCR-27
85	11-Sep-98	6:07 PM	10	6	21	0.28	0.30	2.485	6.65	2.330	2.415	102.90%	CCR-27
86	12-Sep-98	1:25 PM	13	12	22	0.28	0.30	2.442	5.93	2.305	2.415	101.12%	CCR-27
87	12-Sep-98	1:30 PM	13	12	22	0.28	0.30	2.433	6.03	2.295	2.415	100.75%	CCR-27
88	12-Sep-98	2:07 PM	13	12	22	0.28	0.30	2.462	6.05	2.322	2.415	101.95%	CCR-27
89	12-Sep-98	2:31 PM	13	12	22	0.28	0.30	2.422	5.89	2.287	2.415	100.29%	CCR-27
90	12-Sep-98	5:04 PM	10	9	23	0.28	0.30	2.479	6.14	2.336	2.415	102.65%	CCR-27
91	12-Sep-98	5:09 PM	10	9	23	0.28	0.30	2.483	5.93	2.344	2.415	102.82%	CCR-27
92	12-Sep-98	5:30 PM	10	8	23	0.28	0.30	2.481	5.71	2.347	2.415	102.73%	CCR-27
93	12-Sep-98	5:50 PM	10	6	23	0.28	0.30	2.463	5.80	2.328	2.415	101.99%	CCR-27
94	13-Sep-98	10:49 AM	12	14	24	0.28	0.30	2.355	5.13	2.240	2.415	97.52%	CCR-27
95	13-Sep-98	11:28 AM	12	14	24	0.28	0.30	2.417	6.17	2.277	2.415	100.08%	CCR-27
96	13-Sep-98	11:54 AM	12	14	24	0.28	0.30	2.489	5.66	2.356	2.415	103.06%	CCR-27
97	13-Sep-98	1:07 PM	12	14	24	0.28	0.30	2.392	5.86	2.260	2.415	99.05%	CCR-27
98	13-Sep-98	2:25 PM	12	12	25	0.28	0.30	2.427	5.22	2.307	2.415	100.50%	CCR-27
99	13-Sep-98	2:51 PM	12	12	25	0.28	0.30	2.387	5.45	2.264	2.415	98.84%	CCR-27
100	13-Sep-98	3:15 PM	10	9	25	0.28	0.30	2.480	6.63	2.326	2.415	102.69%	CCR-27
101	13-Sep-98	3:18 PM	10	9	25	0.28	0.30	2.471	5.59	2.340	2.415	102.32%	CCR-27
102	14-Sep-98	5:08 PM	10	9	26	0.28	0.30	2.487	6.30	2.340	2.415	102.98%	CCR-27
103	14-Sep-98	5:12 PM	10	9	26	0.28	0.30	2.402	6.80	2.249	2.415	99.46%	CCR-27
104	15-Sep-98	11:40 AM	14	16	26	0.28	0.30	2.446	6.68	2.293	2.415	101.28%	CCR-27
105	15-Sep-98	10:48 AM	13	14	27	0.28	0.30	2.432	5.93	2.296	2.415	100.70%	CCR-27

ANEXO 5

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

PRESA PRINCIPAL - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo(gr/cc)	%	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica(gr/cc)	%	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
106	15-Sep-98	10:56 AM	13	14	27	0.28	0.30	2.459	6.08	2.318	2.415	101.82%	CCR-27
107	15-Sep-98	11:04 AM	13	14	27	0.28	0.30	2.430	6.19	2.288	2.415	100.62%	CCR-27
108	15-Sep-98	2:22 PM	13	12	27	0.28	0.30	2.518	6.02	2.375	2.415	104.27%	CCR-27
109	15-Sep-98	2:26 PM	13	12	27	0.28	0.30	2.500	6.35	2.351	2.415	103.52%	CCR-27
110	15-Sep-98	5:11 PM	11	10	28	0.28	0.30	2.379	6.10	2.242	2.415	98.51%	CCR-27
111	15-Sep-98	5:43 PM	11	10	28	0.28	0.30	2.461	6.02	2.321	2.415	101.90%	CCR-27
112	16-Sep-98	2:28 PM	13	11	28	0.28	0.30	2.499	5.93	2.359	2.415	103.48%	CCR-27
113	16-Sep-98	3:02 PM	13	11	28	0.28	0.30	2.521	6.35	2.370	2.415	104.39%	CCR-27
114	15-Sep-98	7:18 PM	10	7	29	0.28	0.30	2.450	5.93	2.313	2.415	101.45%	CCR-27
115	15-Sep-98	7:44 PM	10	6	29	0.28	0.30	2.484	6.28	2.337	2.415	102.86%	CCR-27
116	16-Sep-98	5:13 PM	11	9	29	0.28	0.30	2.497	6.33	2.348	2.415	103.40%	CCR-27
117	16-Sep-98	5:41 PM	10	7	29	0.28	0.30	2.352	5.64	2.226	2.415	97.39%	CCR-27
118	16-Sep-98	2:02 PM	13	12	30	0.28	0.30	2.411	5.78	2.279	2.415	99.83%	CCR-27
119	16-Sep-98	2:07 PM	13	12	30	0.28	0.30	2.384	6.61	2.236	2.415	98.72%	CCR-27
120	17-Sep-98	10:20 AM	13	15	30	0.28	0.30	2.469	6.30	2.323	2.415	102.24%	CCR-27
121	17-Sep-98	10:49 AM	13	15	30	0.28	0.30	2.427	6.36	2.282	2.415	100.50%	CCR-27
122	16-Sep-98	6:18 PM	10	6	31	0.28	0.30	2.456	5.55	2.327	2.415	101.70%	CCR-27
123	16-Sep-98	6:23 PM	10	6	31	0.28	0.30	2.449	5.99	2.311	2.415	101.41%	CCR-27
124	17-Sep-98	10:00 AM	12	14	31	0.28	0.30	2.509	5.87	2.370	2.415	103.89%	CCR-27
125	17-Sep-98	2:01 PM	13	15	31	0.28	0.30	2.512	6.39	2.361	2.415	104.02%	CCR-27
126	17-Sep-98	2:07 PM	13	15	31	0.28	0.30	2.454	5.53	2.325	2.415	101.61%	CCR-27
127	17-Sep-98	4:45 PM	10	10	32	0.28	0.30	2.458	6.72	2.303	2.415	101.78%	CCR-27
128	17-Sep-98	5:32 PM	10	8.5	32	0.28	0.30	2.421	5.67	2.291	2.415	100.25%	CCR-27
129	17-Sep-98	5:37 PM	10	8.5	32	0.28	0.30	2.396	5.90	2.263	2.415	99.21%	CCR-27
130	18-Sep-98	9:19 AM	11	15	33	0.28	0.30	2.492	6.37	2.343	2.415	103.19%	CCR-27
131	18-Sep-98	10:04 AM	12	14	33	0.28	0.30	2.476	6.91	2.316	2.415	102.53%	CCR-27
132	18-Sep-98	10:12 AM	12	14	33	0.28	0.30	2.471	6.58	2.318	2.415	102.32%	CCR-27
133	18-Sep-98	6:10 PM	10	6	34	0.28	0.30	2.482	7.46	2.310	2.415	102.77%	CCR-27
134	18-Sep-98	6:16 PM	10	6	34	0.28	0.30	2.498	6.72	2.341	2.415	103.44%	CCR-27
135	18-Sep-98	6:35 PM	10	5.5	34	0.28	0.30	2.454	6.49	2.304	2.415	101.61%	CCR-27
136	18-Sep-98	6:57 PM	10	5.5	34	0.28	0.30	2.404	5.31	2.283	2.415	99.54%	CCR-27
137	19-Sep-98	4:02 PM	12	14	35	0.28	0.30	2.502	6.00	2.360	2.415	103.60%	CCR-27
138	19-Sep-98	4:05 PM	12	14	35	0.28	0.30	2.496	5.66	2.362	2.415	103.35%	CCR-27
139	19-Sep-98	4:08 PM	12	14	35	0.28	0.30	2.451	6.10	2.310	2.415	101.49%	CCR-27
140	19-Sep-98	4:12 PM	12	14	35	0.28	0.30	2.429	5.84	2.295	2.415	100.58%	CCR-27

ANEXO 5

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

PRESA PRINCIPAL - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo(gr/cc)	%	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica(gr/cc)	%	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
141	21-Sep-98	11:45 AM	12	15	36	0.28	0.30	2.486	5.67	2.353	2.415	102.94%	CCR-27
142	21-Sep-98	12:58 PM	12	16	36	0.28	0.30	2.516	4.96	2.397	2.415	104.18%	CCR-27
143	21-Sep-98	1:07 PM	13	16	36	0.28	0.30	2.366	5.88	2.235	2.415	97.97%	CCR-27
144	21-Sep-98	1:25 PM	13	15	36	0.28	0.30	2.449	5.23	2.327	2.415	101.41%	CCR-27
145	21-Sep-98	4:16 PM	13	14	37	0.28	0.30	2.387	6.20	2.248	2.415	98.84%	CCR-27
146	21-Sep-98	4:21 PM	14	13	37	0.28	0.30	2.453	6.70	2.299	2.415	101.57%	CCR-27
147	21-Sep-98	4:57 PM	14	12	37	0.28	0.30	2.438	5.95	2.301	2.415	100.95%	CCR-27
148	21-Sep-98	5:11 PM	14	11	37	0.28	0.30	2.358	6.17	2.221	2.415	97.64%	CCR-27
149	22-Sep-98	2:37 PM	12	11	38	0.28	0.30	2.497	6.25	2.350	2.415	103.40%	CCR-27
150	22-Sep-98	2:41 PM	12	11	38	0.28	0.30	2.351	5.65	2.225	2.415	97.35%	CCR-27
151	22-Sep-98	4:53 PM	12	11	38	0.28	0.30	2.484	7.08	2.320	2.415	102.86%	CCR-27
152	22-Sep-98	4:57 PM	12	11	38	0.28	0.30	2.400	6.55	2.252	2.415	99.38%	CCR-27
153	22-Sep-98	5:00 PM	10	9	38	0.28	0.30	2.379	7.72	2.209	2.415	98.51%	CCR-27
154	23-Sep-98	11:35 AM	13	14	39	0.28	0.30	2.393	7.00	2.236	2.415	99.09%	CCR-27
155	23-Sep-98	12:05 PM	13	14	39	0.28	0.30	2.490	6.58	2.336	2.415	103.11%	CCR-27
156	23-Sep-98	1:30 PM	14	14	39	0.28	0.30	2.382	5.86	2.250	2.415	98.63%	CCR-27
157	23-Sep-98	1:34 PM	14	14	39	0.28	0.30	2.446	5.62	2.316	2.415	101.28%	CCR-27
158	24-Sep-98	3:01 PM	13	14	40	0.28	0.30	2.442	6.17	2.300	2.415	101.12%	CCR-27
159	24-Sep-98	3:24 PM	13	14	40	0.28	0.30	2.494	6.08	2.351	2.415	103.27%	CCR-27
160	24-Sep-98	4:01 PM	12	10	40	0.28	0.30	2.516	6.52	2.362	2.415	104.18%	CCR-27
161	24-Sep-98	4:05 PM	12	10	40	0.28	0.30	2.415	6.17	2.275	2.415	100.00%	CCR-27
162	24-Sep-98	4:37 PM	12	10	40	0.28	0.30	2.405	6.74	2.253	2.415	99.59%	CCR-27
163	24-Sep-98	6:01 PM	12	7	41	0.28	0.30	2.401	6.37	2.257	2.415	99.42%	CCR-27
164	24-Sep-98	6:36 PM	12	7	41	0.28	0.30	2.462	6.52	2.311	2.415	101.95%	CCR-27
165	24-Sep-98	7:21 PM	12	6	41	0.28	0.30	2.443	5.85	2.308	2.415	101.16%	CCR-27
166	24-Sep-98	7:29 PM	12	6	41	0.28	0.30	2.469	5.50	2.340	2.415	102.24%	CCR-27
167	25-Sep-98	12:54 PM	13	16	42	0.28	0.30	2.367	5.13	2.251	2.415	98.01%	CCR-27
168	25-Sep-98	12:58 PM	13	16	42	0.28	0.30	2.424	4.78	2.313	2.415	100.37%	CCR-27
169	25-Sep-98	1:40 PM	13	16	42	0.28	0.30	2.429	5.94	2.293	2.415	100.58%	CCR-27
170	25-Sep-98	5:14 PM	11	10	42	0.28	0.30	2.476	5.67	2.343	2.415	102.53%	CCR-27
171	25-Sep-98	3:40 PM	12	13	43	0.28	0.30	2.433	6.13	2.292	2.415	100.75%	CCR-27
172	25-Sep-98	3:45 PM	12	13	43	0.28	0.30	2.486	5.85	2.349	2.415	102.94%	CCR-27
173	25-Sep-98	4:36 PM	12	12	43	0.28	0.30	2.485	6.01	2.344	2.415	102.90%	CCR-27
174	25-Sep-98	7:53 PM	10	8	43	0.28	0.30	2.490	6.16	2.346	2.415	103.11%	CCR-27
175	25-Sep-98	6:38 PM	10	8	44	0.28	0.30	2.438	6.77	2.283	2.415	100.95%	CCR-27

ANEXO 5

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

PRESA PRINCIPAL - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo(gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica(gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
176	25-Sep-98	7:08 PM	10	8	44	0.28	0.30	2.501	5.93	2.361	2.415	103.56%	CCR-27
177	25-Sep-98	7:28 PM	10	8	44	0.28	0.30	2.489	6.40	2.339	2.415	103.06%	CCR-27
178	28-Sep-98	12:57 PM	13	16	44	0.28	0.30	2.486	5.50	2.356	2.415	102.94%	CCR-27
179	26-Sep-98	1:54 PM	12	17	45	0.28	0.30	2.449	5.95	2.311	2.415	101.41%	CCR-27
180	26-Sep-98	1:59 PM	12	17	45	0.28	0.30	2.505	6.56	2.351	2.415	103.73%	CCR-27
181	26-Sep-98	2:47 PM	12	14	45	0.28	0.30	2.490	5.64	2.357	2.415	103.11%	CCR-27
182	26-Sep-98	1:01 PM	13	16	45	0.28	0.30	2.465	5.60	2.334	2.415	102.07%	CCR-27
183	28-Sep-98	4:36 PM	11	13	46	0.28	0.30	2.456	5.41	2.330	2.415	101.70%	CCR-27
184	28-Sep-98	5:06 PM	11	13	46	0.28	0.30	2.416	5.68	2.286	2.415	100.04%	CCR-27
185	28-Sep-98	5:09 PM	11	13	46	0.28	0.30	2.523	6.04	2.379	2.415	104.47%	CCR-27
186	29-Sep-98	1:33 PM	13	16	46	0.28	0.30	2.399	6.15	2.260	2.415	99.34%	CCR-27
187	28-Sep-98	6:42 PM	10	7	47	0.28	0.30	2.428	6.20	2.286	2.415	100.54%	CCR-27
188	28-Sep-98	7:02 PM	10	7	47	0.28	0.30	2.453	6.45	2.304	2.415	101.57%	CCR-27
189	28-Sep-98	7:06 PM	10	7	47	0.28	0.30	2.430	6.10	2.290	2.415	100.62%	CCR-27
190	29-Sep-98	3:09 PM	12	11	47	0.28	0.30	2.489	5.79	2.353	2.415	103.06%	CCR-27
191	29-Sep-98	3:16 PM	12	11	47	0.28	0.30	2.474	6.17	2.330	2.415	102.44%	CCR-27
192	29-Sep-98	3:22 PM	12	11	47	0.28	0.30	2.443	6.05	2.304	2.415	101.16%	CCR-27
193	29-Sep-98	9:28 AM	12	16	48	0.28	0.30	2.417	6.25	2.275	2.415	100.08%	CCR-27
194	29-Sep-98	10:04 AM	12	16	48	0.28	0.30	2.490	6.18	2.345	2.415	103.11%	CCR-27
195	29-Sep-98	10:13 AM	12	16	48	0.28	0.30	2.504	6.13	2.359	2.415	103.69%	CCR-27
196	29-Sep-98	4:34 PM	10	12	48	0.28	0.30	2.422	6.08	2.283	2.415	100.29%	CCR-27
197	29-Sep-98	4:39 PM	10	12	48	0.28	0.30	2.462	5.73	2.329	2.415	101.95%	CCR-27
198	29-Sep-98	11:56 AM	13	17	49	0.28	0.30	2.437	5.50	2.310	2.415	100.91%	CCR-27
199	29-Sep-98	12:27 PM	13	17	49	0.28	0.30	2.453	5.72	2.320	2.415	101.57%	CCR-27
200	29-Sep-98	1:36 PM	13	18	49	0.28	0.30	2.439	6.07	2.299	2.415	100.99%	CCR-27
201	29-Sep-98	6:04 PM	10	11	49	0.28	0.30	2.453	5.86	2.317	2.415	101.57%	CCR-27
202	29-Sep-98	6:27 PM	10	9	49	0.28	0.30	2.505	5.67	2.371	2.415	103.73%	CCR-27
203	30-Sep-98	2:41 PM	12	15	50	0.28	0.30	2.422	7.07	2.262	2.415	100.29%	CCR-27
204	30-Sep-98	2:46 PM	12	15	50	0.28	0.30	2.506	6.81	2.346	2.415	103.77%	CCR-27
205	30-Sep-98	2:52 PM	12	15	50	0.28	0.30	2.493	6.92	2.332	2.415	103.23%	CCR-27
206	30-Sep-98	6:34 PM	10	7	50	0.28	0.30	2.464	6.57	2.312	2.415	102.03%	CCR-27
207	30-Sep-98	6:05 PM	10	7	51	0.28	0.30	2.459	6.96	2.299	2.415	101.82%	CCR-27
208	30-Sep-98	6:08 PM	10	7	51	0.28	0.30	2.463	6.85	2.305	2.415	101.99%	CCR-27
209	30-Sep-98	6:20 PM	10	7	51	0.28	0.30	2.457	6.92	2.298	2.415	101.74%	CCR-27
210	30-Sep-98	7:10 PM	10	6	51	0.28	0.30	2.460	6.90	2.301	2.415	101.86%	CCR-27

PRESA PRINCIPAL - CONTROL DE COMPACTACION

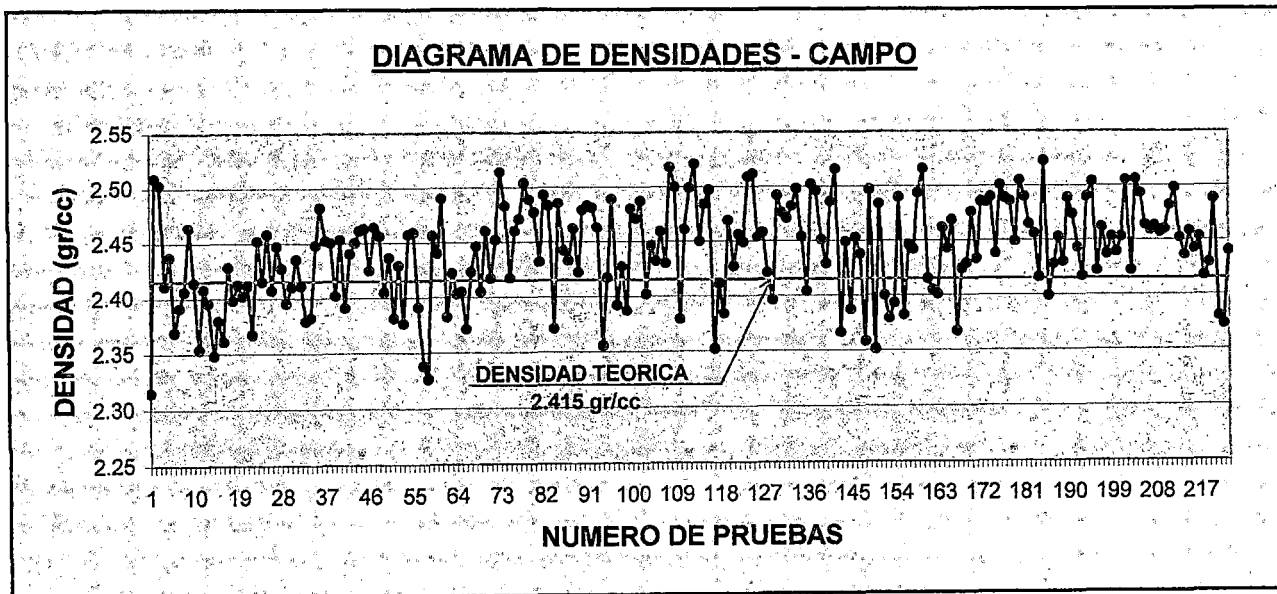
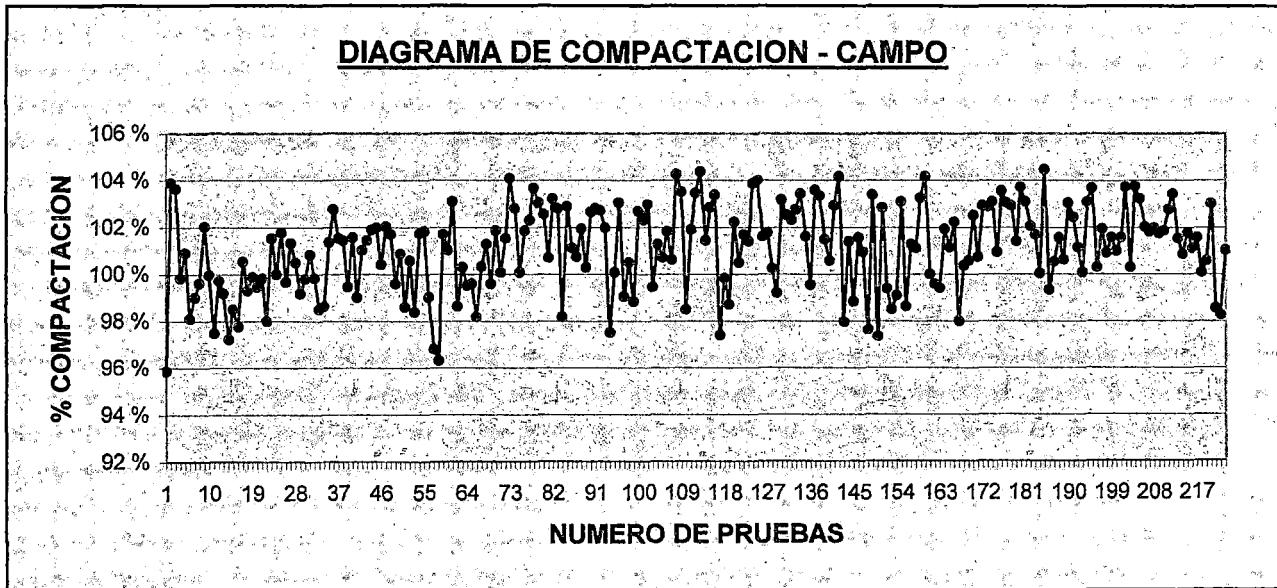
ESTRUCTURA : PRESA PRINCIPAL

FECHA : 24-Jul-98

a

2-Oct-98

	Temperatura °C		Densidad	%	Densidad	%
	CCR	Ambiente	Campo (gr/cc)	Humedad	Teórica (gr/cc)	Compactación
Nro. de Pruebas	223	223	223	223	223	223
Promedio	11.569	11.453	2.441	5.983	2.415	1.011
Desv. Estandar	1.183	2.852	0.044	0.479	0.00	0.018
Coef. Variación	10.224	24.899	1.788	8.012	0.00	1.788



ANEXO 6

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACocha - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

DIQUE INTERMEDIO - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		Nº Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
1	14-Ago-98	9:00 AM	11	10	1	0.15	0.30	2.368	5.52	2.244	2.415	98.05%	CCR-27
2	14-Ago-98	11:00 AM	13	11	2	0.30	0.30	2.437	5.92	2.301	2.415	100.91%	CCR-27
3	14-Ago-98	1:20 PM	13	11	3	0.30	0.30	2.351	5.95	2.219	2.415	97.35%	CCR-27
4	14-Ago-98	4:05 PM	11	9	4	0.30	0.30	2.411	6.01	2.274	2.415	99.83%	CCR-27
5	14-Ago-98	6:10 PM	10	8	5	0.30	0.30	2.432	5.97	2.295	2.415	100.70%	CCR-27
6	15-Ago-98	11:21 AM	12	9	6	0.30	0.30	2.417	6.48	2.270	2.415	100.08%	CCR-27
7	15-Ago-98	11:24 AM	12	9	6	0.30	0.30	2.455	6.18	2.312	2.415	101.66%	CCR-27
8	15-Ago-98	1:26 PM	13	10	7	0.30	0.30	2.433	6.13	2.292	2.415	100.75%	CCR-27
9	15-Ago-98	1:30 PM	13	10	7	0.30	0.30	2.443	6.18	2.301	2.415	101.16%	CCR-27
10	15-Ago-98	4:50 PM	10	8	8	0.30	0.30	2.419	6.02	2.282	2.415	100.17%	CCR-27
11	15-Ago-98	4:55 PM	10	8	8	0.30	0.30	2.418	5.53	2.291	2.415	100.12%	CCR-27
12	17-Ago-98	11:48 AM	12	10	9	0.30	0.30	2.389	5.83	2.257	2.415	98.92%	CCR-27
13	17-Ago-98	11:51 AM	12	10	9	0.30	0.30	2.363	6.75	2.214	2.415	97.85%	CCR-27
14	17-Ago-98	1:10 PM	13	11	10	0.30	0.30	2.366	5.94	2.233	2.415	97.97%	CCR-27
15	17-Ago-98	1:14 PM	13	11	10	0.30	0.30	2.421	5.96	2.285	2.415	100.25%	CCR-27
16	17-Ago-98	1:18 PM	13	11	10	0.30	0.30	2.400	6.21	2.260	2.415	99.38%	CCR-27
17	17-Ago-98	5:24 PM	10	7	11	0.30	0.30	2.422	5.52	2.295	2.415	100.29%	CCR-27
18	17-Ago-98	5:27 PM	10	7	11	0.30	0.30	2.434	5.61	2.305	2.415	100.79%	CCR-27
19	17-Ago-98	5:31 PM	10	7	11	0.30	0.30	2.400	5.71	2.270	2.415	99.38%	CCR-27
20	17-Ago-98	6:37 PM	10	7	12	0.28	0.30	2.453	6.15	2.311	2.415	101.57%	CCR-27
21	18-Ago-98	11:08 AM	13	11	12	0.28	0.30	2.423	6.24	2.281	2.415	100.33%	CCR-27
22	18-Ago-98	12:05 PM	13	11	12	0.28	0.30	2.441	6.30	2.296	2.415	101.08%	CCR-27
23	18-Ago-98	2:23 PM	13	11	13	0.28	0.30	2.439	5.83	2.305	2.415	100.99%	CCR-27
24	18-Ago-98	2:28 PM	13	11	13	0.28	0.30	2.439	6.59	2.288	2.415	100.99%	CCR-27
25	18-Ago-98	3:00 PM	12	9	13	0.28	0.30	2.438	5.93	2.302	2.415	100.95%	CCR-27
26	18-Ago-98	5:21 PM	10	8	14	0.28	0.30	2.405	5.76	2.274	2.415	99.59%	CCR-27
27	18-Ago-98	5:24 PM	10	8	14	0.28	0.30	2.403	5.86	2.270	2.415	99.50%	CCR-27
28	18-Ago-98	6:00 PM	9	7	14	0.28	0.30	2.424	6.19	2.283	2.415	100.37%	CCR-27
29	18-Ago-98	7:20 PM	9	7	15	0.28	0.30	2.399	6.24	2.258	2.415	99.34%	CCR-27
30	19-Ago-98	11:06 AM	13	12	15	0.28	0.30	2.420	6.75	2.267	2.415	100.21%	CCR-27
31	19-Ago-98	11:09 AM	13	12	15	0.28	0.30	2.454	6.66	2.301	2.415	101.61%	CCR-27
32	19-Ago-98	11:23 AM	13	12	15	0.28	0.30	2.420	5.91	2.285	2.415	100.21%	CCR-27
33	19-Ago-98	1:47 PM	14	12	16	0.28	0.30	2.434	5.77	2.301	2.415	100.79%	CCR-27
34	19-Ago-98	1:55 PM	14	12	16	0.28	0.30	2.427	5.80	2.294	2.415	100.50%	CCR-27
35	19-Ago-98	2:36 PM	14	12	16	0.28	0.30	2.404	5.52	2.278	2.415	99.54%	CCR-27

ANEXO 6

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACocha - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

DIQUE INTERMEDIO - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N°	Profundidad	Espesor	Densidad	%	Densidad	Densidad	%	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
36	19-Ago-98	2:49 PM	14	11	16	0.28	0.30	2.373	6.16	2.235	2.415	98.26%	CCR-27
37	19-Ago-98	5:33 PM	11	9	17	0.28	0.30	2.460	6.00	2.321	2.415	101.86%	CCR-27
38	19-Ago-98	5:39 PM	11	9	17	0.28	0.30	2.427	6.21	2.285	2.415	100.50%	CCR-27
39	19-Ago-98	5:43 PM	11	9	17	0.28	0.30	2.414	5.74	2.283	2.415	99.96%	CCR-27
40	19-Ago-98	5:50 PM	11	9	17	0.28	0.30	2.399	6.41	2.254	2.415	99.34%	CCR-27
41	19-Ago-98	7:10 PM	9	6	18	0.28	0.30	2.437	6.22	2.294	2.415	100.91%	CCR-27
42	20-Ago-98	10:28 AM	11	10	18	0.28	0.30	2.412	6.74	2.260	2.415	99.88%	CCR-27
43	20-Ago-98	10:52 AM	12	12	18	0.28	0.30	2.424	6.25	2.281	2.415	100.37%	CCR-27
44	20-Ago-98	2:05 PM	13	12	19	0.28	0.30	2.407	6.55	2.259	2.415	99.67%	CCR-27
45	20-Ago-98	2:09 PM	13	12	19	0.28	0.30	2.425	6.60	2.275	2.415	100.41%	CCR-27
46	20-Ago-98	2:13 PM	13	12	19	0.28	0.30	2.366	6.06	2.231	2.415	97.97%	CCR-27
47	20-Ago-98	2:32 PM	13	12	19	0.28	0.30	2.429	6.35	2.284	2.415	100.58%	CCR-27
48	20-Ago-98	6:49 PM	10	7	20	0.28	0.30	2.442	6.37	2.296	2.415	101.12%	CCR-27
49	20-Ago-98	7:17 PM	9	6	20	0.28	0.30	2.451	6.62	2.299	2.415	101.49%	CCR-27
50	21-Ago-98	10:00 AM	11	11	20	0.28	0.30	2.466	6.00	2.326	2.415	102.11%	CCR-27
51	21-Ago-98	10:15 AM	11	11	20	0.28	0.30	2.450	5.48	2.323	2.415	101.45%	CCR-27
52	21-Ago-98	4:00 PM	10	9	21	0.28	0.30	2.397	5.45	2.273	2.415	99.25%	CCR-27
53	21-Ago-98	4:09 PM	10	9	21	0.28	0.30	2.432	6.63	2.281	2.415	100.70%	CCR-27
54	21-Ago-98	5:15 PM	10	9	21	0.28	0.30	2.446	5.60	2.316	2.415	101.28%	CCR-27
55	21-Ago-98	5:20 PM	9	9	21	0.28	0.30	2.428	5.40	2.304	2.415	100.54%	CCR-27
56	21-Ago-98	6:48 PM	9	8	22	0.28	0.30	2.470	5.78	2.335	2.415	102.28%	CCR-27
57	21-Ago-98	6:55 PM	9	8	22	0.25	0.30	2.449	5.60	2.319	2.415	101.41%	CCR-27
58	21-Ago-98	7:10 PM	9	7	22	0.25	0.30	2.468	5.74	2.334	2.415	102.19%	CCR-27
59	21-Ago-98	7:14 PM	9	7	22	0.28	0.30	2.470	6.00	2.330	2.415	102.28%	CCR-27
60	22-Ago-98	12:46 PM	13	11	23	0.28	0.30	2.480	5.50	2.351	2.415	102.69%	CCR-27
61	22-Ago-98	12:54 PM	13	11	23	0.28	0.30	2.470	5.41	2.343	2.415	102.28%	CCR-27
62	22-Ago-98	2:33 PM	13	10	23	0.28	0.30	2.468	6.16	2.325	2.415	102.19%	CCR-27
63	22-Ago-98	2:42 PM	13	10	23	0.28	0.30	2.479	6.61	2.325	2.415	102.65%	CCR-27
64	24-Ago-98	4:42 PM	11	9	24	0.28	0.30	2.446	6.13	2.305	2.415	101.28%	CCR-27
65	24-Ago-98	4:47 PM	11	9	24	0.28	0.30	2.480	5.10	2.360	2.415	102.69%	CCR-27
66	24-Ago-98	5:35 PM	10	8	24	0.28	0.30	2.487	5.75	2.352	2.415	102.98%	CCR-27
67	24-Ago-98	5:40 PM	10	8	24	0.28	0.30	2.474	5.44	2.346	2.415	102.44%	CCR-27
68	24-Ago-98	5:48 PM	10	8	25	0.28	0.30	2.468	5.60	2.337	2.415	102.19%	CCR-27
69	24-Ago-98	5:55 PM	10	8	25	0.28	0.30	2.496	5.80	2.359	2.415	103.35%	CCR-27
70	24-Ago-98	6:20 PM	10	7	25	0.28	0.30	2.499	6.00	2.358	2.415	103.48%	CCR-27

ANEXO 6

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

DIQUE INTERMEDIO - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
71	24-Ago-98	6:30 PM	10	7	25	0.28	0.30	2.496	6.00	2.355	2.415	103.35%	CCR-27
72	25-Ago-98	11:23 AM	13	11	26	0.28	0.30	2.472	5.72	2.338	2.415	102.36%	CCR-27
73	25-Ago-98	1:19 PM	13	12	26	0.28	0.30	2.466	6.08	2.325	2.415	102.11%	CCR-27
74	25-Ago-98	3:32 PM	12	10	26	0.28	0.30	2.491	5.78	2.355	2.415	103.15%	CCR-27
75	25-Ago-98	3:58 PM	12	10	26	0.28	0.30	2.484	6.00	2.343	2.415	102.86%	CCR-27
76	25-Ago-98	4:03 PM	12	10	26	0.28	0.30	2.471	5.58	2.340	2.415	102.32%	CCR-27
77	25-Ago-98	6:30 PM	10	7	26	0.28	0.30	2.468	5.85	2.332	2.415	102.19%	CCR-27
78	25-Ago-98	6:35 PM	10	7	26	0.28	0.30	2.482	5.72	2.348	2.415	102.77%	CCR-27
79	26-Ago-98	1:50 PM	13	11	27	0.28	0.30	2.500	5.88	2.361	2.415	103.52%	CCR-27
80	26-Ago-98	1:54 PM	13	11	27	0.28	0.30	2.507	6.22	2.360	2.415	103.81%	CCR-27
81	26-Ago-98	2:00 PM	13	11	27	0.28	0.30	2.472	5.92	2.334	2.415	102.36%	CCR-27
82	26-Ago-98	2:23 PM	13	11	27	0.28	0.30	2.480	5.36	2.354	2.415	102.69%	CCR-27
83	26-Ago-98	2:40 PM	12	10	27	0.28	0.30	2.466	5.20	2.344	2.415	102.11%	CCR-27
84	26-Ago-98	3:00 PM	12	10	28	0.28	0.30	2.497	5.90	2.358	2.415	103.40%	CCR-27
85	26-Ago-98	3:18 PM	11	8	28	0.28	0.30	2.463	5.54	2.334	2.415	101.99%	CCR-27
86	26-Ago-98	4:59 PM	10	8	28	0.28	0.30	2.468	5.83	2.332	2.415	102.19%	CCR-27
87	26-Ago-98	5:04 PM	10	8	28	0.28	0.30	2.472	5.60	2.341	2.415	102.36%	CCR-27
88	26-Ago-98	5:23 PM	10	8	28	0.28	0.30	2.486	5.84	2.349	2.415	102.94%	CCR-27
89	26-Ago-98	5:54 PM	10	8	29	0.28	0.30	2.496	5.82	2.359	2.415	103.35%	CCR-27
90	26-Ago-98	6:00 PM	10	8	29	0.28	0.30	2.478	5.48	2.349	2.415	102.61%	CCR-27
91	26-Ago-98	6:11 PM	10	7	29	0.28	0.30	2.464	5.59	2.334	2.415	102.03%	CCR-27
92	26-Ago-98	6:15 PM	10	7	29	0.28	0.30	2.478	5.80	2.342	2.415	102.61%	CCR-27
93	26-Ago-98	6:20 PM	10	6	29	0.28	0.30	2.470	5.60	2.339	2.415	102.28%	CCR-27
94	27-Ago-98	11:28 AM	14	12	29	0.28	0.30	2.467	6.00	2.327	2.415	102.15%	CCR-27
95	27-Ago-98	11:32 AM	14	12	29	0.28	0.30	2.495	6.50	2.343	2.415	103.31%	CCR-27
96	27-Ago-98	11:58 AM	14	12	29	0.28	0.30	2.490	5.86	2.352	2.415	103.11%	CCR-27
97	27-Ago-98	1:27 PM	14	11	29	0.28	0.30	2.502	5.80	2.365	2.415	103.60%	CCR-27
98	27-Ago-98	2:45 PM	14	11	29	0.28	0.30	2.500	6.00	2.358	2.415	103.52%	CCR-27
99	27-Ago-98	3:50 PM	12	10	29	0.28	0.30	2.459	5.95	2.321	2.415	101.82%	CCR-27
100	17-Oct-98	9:54 AM	10	12	30	0.15	0.20	2.475	5.77	2.340	2.415	102.48%	CCR-27
101	17-Oct-98	9:58 AM	10	12	30	0.15	0.20	2.459	5.02	2.341	2.415	101.82%	CCR-27
102	17-Oct-98	10:12 AM	10	12	30	0.15	0.20	2.402	5.54	2.276	2.415	99.46%	CCR-27
103	17-Oct-98	10:15 AM	10	12	30	0.15	0.20	2.460	5.43	2.333	2.415	101.86%	CCR-27
104	19-Oct-98	3:51 PM	11	13	30	0.15	0.20	2.484	6.42	2.334	2.415	102.86%	CCR-27
105	19-Oct-98	3:54 PM	11	13	30	0.15	0.20	2.502	6.22	2.355	2.415	103.60%	CCR-27

ANEXO 6

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

DIQUE INTERMEDIO - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N°	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
106	20-Oct-98	11:46 AM	14	18	30	0.15	0.20	2.456	5.35	2.331	2.415	101.70%	CCR-27
107	20-Oct-98	12:29 PM	14	19	30	0.15	0.20	2.480	5.04	2.361	2.415	102.69%	CCR-27
108	28-Oct-98	9:28 AM	13	16	30	0.15	0.20	2.369	4.43	2.269	2.415	98.10%	CCR-27
109	28-Oct-98	9:48 AM	13	17	30	0.15	0.20	2.394	4.54	2.290	2.415	99.13%	CCR-27
110	18-Oct-98	10:02 AM	12	15	31	0.15	0.20	2.466	4.86	2.352	2.415	102.11%	CCR-27
111	18-Oct-98	10:05 AM	12	15	31	0.15	0.20	2.447	5.22	2.326	2.415	101.33%	CCR-27
112	18-Oct-98	11:53 AM	14	18	31	0.15	0.20	2.498	6.38	2.348	2.415	103.44%	CCR-27
113	18-Oct-98	11:57 AM	14	18	31	0.15	0.20	2.455	5.21	2.333	2.415	101.66%	CCR-27
114	20-Oct-98	11:42 AM	14	17	31	0.15	0.20	2.485	5.66	2.352	2.415	102.90%	CCR-27
115	20-Oct-98	12:19 PM	14	19	31	0.15	0.20	2.440	4.47	2.336	2.415	101.04%	CCR-27
116	20-Oct-98	2:42 PM	14	19	31	0.15	0.20	2.445	4.95	2.330	2.415	101.24%	CCR-27
117	20-Oct-98	2:46 PM	14	20	31	0.15	0.20	2.456	4.60	2.348	2.415	101.70%	CCR-27
118	20-Oct-98	2:49 PM	14	20	31	0.15	0.20	2.433	4.47	2.329	2.415	100.75%	CCR-27
119	21-Oct-98	11:52 AM	13	19	31	0.15	0.20	2.444	5.88	2.308	2.415	101.20%	CCR-27
120	21-Oct-98	12:06 PM	13	19	31	0.15	0.20	2.533	5.48	2.401	2.415	104.89%	CCR-27
121	21-Oct-98	2:02 PM	12	16	31	0.15	0.20	2.513	4.03	2.416	2.415	104.06%	CCR-27
122	19-Oct-98	12:07 PM	14	17	32	0.15	0.20	2.499	5.69	2.364	2.415	103.48%	CCR-27
123	19-Oct-98	12:10 PM	14	17	32	0.15	0.20	2.476	5.78	2.341	2.415	102.53%	CCR-27
124	19-Oct-98	1:57 PM	14	21	32	0.15	0.20	2.439	5.37	2.315	2.415	100.99%	CCR-27
125	19-Oct-98	2:06 PM	14	21	32	0.15	0.20	2.461	5.17	2.340	2.415	101.90%	CCR-27
126	21-Oct-98	11:49 AM	12	18	32	0.15	0.20	2.470	5.52	2.341	2.415	102.28%	CCR-27
127	21-Oct-98	12:25 PM	12	18	32	0.15	0.20	2.516	5.60	2.383	2.415	104.18%	CCR-27
128	28-Oct-98	7:15 PM	9	10	32	0.15	0.20	2.475	5.21	2.352	2.415	102.48%	CCR-27
129	28-Oct-98	7:25 PM	9	10	32	0.15	0.20	2.460	5.00	2.343	2.415	101.86%	CCR-27
130	21-Oct-98	11:45 AM	12	16	33	0.15	0.20	2.520	5.68	2.385	2.415	104.35%	CCR-27
131	21-Oct-98	12:21 PM	12	16	33	0.15	0.20	2.454	5.56	2.325	2.415	101.61%	CCR-27
132	28-Oct-98	6:57 PM	10	10	33	0.15	0.20	2.417	4.88	2.305	2.415	100.08%	CCR-27
133	28-Oct-98	7:05 PM	10	10	33	0.15	0.20	2.435	5.19	2.315	2.415	100.83%	CCR-27
134	30-Oct-98	6:14 PM	9	8	33	0.25	0.30	2.392	5.30	2.272	2.415	99.05%	CCR-27
135	30-Oct-98	6:18 PM	9	6	33	0.25	0.30	2.409	5.56	2.282	2.415	99.75%	CCR-27
136	30-Oct-98	6:27 PM	9	6	33	0.25	0.30	2.388	5.05	2.273	2.415	98.88%	CCR-27
137	28-Oct-98	6:46 PM	10	11	34	0.15	0.20	2.448	5.46	2.321	2.415	101.37%	CCR-27
138	28-Oct-98	6:52 PM	10	10	34	0.15	0.20	2.474	4.83	2.360	2.415	102.44%	CCR-27
139	29-Oct-98	12:15 PM	12	15	34	0.15	0.20	2.461	5.66	2.329	2.415	101.90%	CCR-27
140	29-Oct-98	12:20 PM	12	15	34	0.15	0.20	2.392	4.75	2.284	2.415	99.05%	CCR-27

ANEXO 6

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

DIQUE INTERMEDIO - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N°	Profundidad	Espesor	Densidad	%	Densidad	Densidad	%	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
141	31-Oct-98	11:16 AM	12	16	34	0.25	0.30	2.456	5.52	2.328	2.415	101.70%	CCR-27
142	31-Oct-98	11:19 AM	12	16	34	0.25	0.30	2.461	5.58	2.331	2.415	101.90%	CCR-27
143	31-Oct-98	11:23 AM	12	16	34	0.25	0.30	2.441	5.34	2.317	2.415	101.08%	CCR-27
144	06-Nov-98	3:05 PM	12	14	24	0.25	0.30	2.467	5.51	2.338	2.415	102.15%	CCR-27
145	06-Nov-98	4:22 PM	11	13	25	0.25	0.30	2.473	4.97	2.356	2.415	102.40%	CCR-27
146	06-Nov-98	5:33 PM	10	10	26	0.25	0.30	2.462	5.74	2.328	2.415	101.95%	CCR-27
147	06-Nov-98	6:40 PM	10	9	27	0.25	0.30	2.400	5.60	2.273	2.415	99.38%	CCR-27
148	06-Nov-98	7:31 PM	9	8	28	0.25	0.30	2.467	6.35	2.320	2.415	102.15%	CCR-27
149	07-Nov-98	4:20 PM	11	11	29	0.25	0.30	2.417	5.92	2.282	2.415	100.08%	CCR-27
150	07-Nov-98	5:25 PM	11	10	30	0.25	0.30	2.392	5.09	2.276	2.415	99.05%	CCR-27
151	07-Nov-98	5:50 PM	10	9	31	0.25	0.30	2.415	5.20	2.296	2.415	100.00%	CCR-27
152	09-Nov-98	9:21 AM	13	15	32	0.25	0.30	2.464	5.39	2.338	2.415	102.03%	CCR-27
153	09-Nov-98	9:25 AM	13	15	32	0.25	0.30	2.403	5.30	2.282	2.415	99.50%	CCR-27
154	09-Nov-98	11:22 AM	13	16	33	0.25	0.30	2.420	5.97	2.284	2.415	100.21%	CCR-27
155	09-Nov-98	11:38 AM	13	16	33	0.25	0.30	2.359	5.30	2.240	2.415	97.68%	CCR-27
156	09-Nov-98	3:34 PM	12	13	34	0.25	0.30	2.417	5.83	2.284	2.415	100.08%	CCR-27
157	09-Nov-98	3:37 PM	12	13	34	0.25	0.30	2.457	5.98	2.318	2.415	101.74%	CCR-27
158	09-Nov-98	3:41 PM	12	13	34	0.25	0.30	2.410	6.01	2.273	2.415	99.79%	CCR-27
159	09-Nov-98	3:49 PM	12	13	34	0.25	0.30	2.450	6.43	2.302	2.415	101.45%	CCR-27
160	28-Oct-98	6:23 PM	9	7	35	0.25	0.30	2.420	4.98	2.305	2.415	100.21%	CCR-27
161	28-Oct-98	6:27 PM	9	7	35	0.25	0.30	2.410	5.42	2.286	2.415	99.79%	CCR-27
162	30-Oct-98	5:38 PM	11	10	35	0.25	0.30	2.436	5.61	2.307	2.415	100.87%	CCR-27
163	30-Oct-98	5:42 PM	11	10	35	0.25	0.30	2.439	5.20	2.318	2.415	100.99%	CCR-27
164	30-Oct-98	6:10 PM	10	10	35	0.25	0.30	2.359	4.76	2.252	2.415	97.68%	CCR-27
165	03-Nov-98	7:48 PM	9	6	35	0.25	0.30	2.422	5.45	2.297	2.415	100.29%	CCR-27
166	03-Nov-98	7:52 PM	9	6	35	0.25	0.30	2.438	5.69	2.307	2.415	100.95%	CCR-27
167	03-Nov-98	8:00 PM	9	6	35	0.25	0.30	2.454	4.59	2.346	2.415	101.61%	CCR-27
168	03-Nov-98	8:03 PM	9	6	35	0.25	0.30	2.431	5.46	2.305	2.415	100.66%	CCR-27
169	10-Nov-98	2:19 PM	13	15	35	0.25	0.30	2.442	5.02	2.325	2.415	101.12%	CCR-27
170	10-Nov-98	2:22 PM	13	15	35	0.25	0.30	2.426	4.39	2.324	2.415	100.46%	CCR-27
171	10-Nov-98	3:20 PM	12	12	35	0.25	0.30	2.397	5.48	2.272	2.415	99.25%	CCR-27
172	29-Oct-98	11:38 AM	12	15	36	0.25	0.30	2.413	4.46	2.310	2.415	99.92%	CCR-27
173	29-Oct-98	11:43 AM	12	15	36	0.25	0.30	2.442	4.91	2.328	2.415	101.12%	CCR-27
174	03-Nov-98	6:54 PM	11	7	36	0.25	0.30	2.433	5.03	2.316	2.415	100.75%	CCR-27
175	03-Nov-98	6:58 PM	11	7	36	0.25	0.30	2.412	4.35	2.311	2.415	99.88%	CCR-27

ANEXO 6

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

DIQUE INTERMEDIO - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
176	04-Nov-98	6:42 PM	10	6	36	0.23	0.30	2.423	5.58	2.295	2.415	100.33%	CCR-27
177	04-Nov-98	6:56 PM	10	6	36	0.23	0.30	2.443	5.31	2.320	2.415	101.16%	CCR-27
178	04-Nov-98	7:03 PM	10	6	36	0.23	0.30	2.429	5.91	2.293	2.415	100.58%	CCR-27
179	10-Nov-98	4:42 PM	11	11	36	0.25	0.30	2.437	5.26	2.315	2.415	100.91%	CCR-27
180	10-Nov-98	4:46 PM	11	11	36	0.25	0.30	2.432	5.43	2.307	2.415	100.70%	CCR-27
181	10-Nov-98	5:40 PM	10	9	36	0.25	0.30	2.424	5.00	2.309	2.415	100.37%	CCR-27
182	04-Nov-98	2:31 PM	13	14	37	0.25	0.30	2.419	4.57	2.313	2.415	100.17%	CCR-27
183	04-Nov-98	2:35 PM	13	14	37	0.25	0.30	2.366	4.73	2.259	2.415	97.97%	CCR-27
184	04-Nov-98	2:39 PM	13	14	37	0.25	0.30	2.470	5.10	2.350	2.415	102.28%	CCR-27
185	04-Nov-98	2:43 PM	13	14	37	0.25	0.30	2.369	4.86	2.259	2.415	98.10%	CCR-27
186	05-Nov-98	6:07 PM	10	10	37	0.25	0.30	2.396	5.44	2.272	2.415	99.21%	CCR-27
187	05-Nov-98	6:11 PM	10	9	37	0.25	0.30	2.402	5.50	2.277	2.415	99.46%	CCR-27
188	10-Nov-98	12:11 PM	13	15	37	0.25	0.30	2.463	6.07	2.322	2.415	101.99%	CCR-27
189	10-Nov-98	8:20 PM	9	7	37	0.25	0.30	2.433	5.69	2.302	2.415	100.75%	CCR-27
190	10-Nov-98	8:25 PM	9	7	37	0.25	0.30	2.440	6.00	2.302	2.415	101.04%	CCR-27
191	10-Nov-98	8:30 PM	9	6	37	0.25	0.30	2.474	5.89	2.336	2.415	102.44%	CCR-27
192	04-Nov-98	6:21 PM	10	8	38	0.25	0.30	2.454	5.59	2.324	2.415	101.61%	CCR-27
193	04-Nov-98	6:25 PM	10	8	38	0.25	0.30	2.433	4.62	2.326	2.415	100.75%	CCR-27
194	04-Nov-98	6:28 PM	10	8	38	0.25	0.30	2.436	6.10	2.296	2.415	100.87%	CCR-27
195	04-Nov-98	6:32 PM	9	6	38	0.23	0.30	2.504	4.93	2.386	2.415	103.69%	CCR-27
196	06-Nov-98	11:03 AM	14	16	38	0.25	0.30	2.371	4.72	2.264	2.415	98.18%	CCR-27
197	10-Nov-98	8:11 PM	9	6	38	0.25	0.30	2.402	5.23	2.283	2.415	99.46%	CCR-27
198	11-Nov-98	9:19 AM	12	12	38	0.25	0.30	2.378	5.68	2.250	2.415	98.47%	CCR-27
199	11-Nov-98	9:23 AM	12	12	38	0.25	0.30	2.404	5.08	2.288	2.415	99.54%	CCR-27
200	11-Nov-98	10:18 AM	12	14	38	0.25	0.30	2.476	5.70	2.342	2.415	102.53%	CCR-27
201	11-Nov-98	10:22 AM	12	14	38	0.25	0.30	2.402	5.03	2.287	2.415	99.46%	CCR-27
202	05-Nov-98	4:13 PM	11	13	39	0.25	0.30	2.450	5.71	2.318	2.415	101.45%	CCR-27
203	05-Nov-98	4:24 PM	11	13	39	0.25	0.30	2.462	5.16	2.341	2.415	101.95%	CCR-27
204	05-Nov-98	4:46 PM	10	11	39	0.25	0.30	2.435	5.44	2.309	2.415	100.83%	CCR-27
205	05-Nov-98	4:52 PM	10	11	39	0.25	0.30	2.419	6.13	2.279	2.415	100.17%	CCR-27
206	09-Nov-98	12:00 PM	12	14	39	0.25	0.30	2.394	5.50	2.269	2.415	99.13%	CCR-27
207	11-Nov-98	3:44 PM	10	11	39	0.25	0.30	2.464	5.57	2.334	2.415	102.03%	CCR-27
208	11-Nov-98	5:33 PM	10	10	39	0.25	0.30	2.482	6.03	2.341	2.415	102.77%	CCR-27
209	11-Nov-98	5:53 PM	10	8	39	0.25	0.30	2.446	6.80	2.290	2.415	101.28%	CCR-27
210	05-Nov-98	7:48 PM	9	6	40	0.25	0.30	2.419	5.54	2.292	2.415	100.17%	CCR-27

ANEXO 6

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

DIQUE INTERMEDIO - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
211	05-Nov-98	7:51 PM	9	6	40	0.25	0.30	2.416	5.67	2.286	2.415	100.04%	CCR-27
212	06-Nov-98	9:49 AM	10	10	40	0.25	0.30	2.398	4.70	2.290	2.415	99.30%	CCR-27
213	06-Nov-98	9:54 AM	10	10	40	0.25	0.30	2.458	5.48	2.330	2.415	101.78%	CCR-27
214	11-Nov-98	8:29 PM	9	6	40	0.25	0.30	2.446	6.01	2.307	2.415	101.28%	CCR-27
215	11-Nov-98	8:35 PM	9	6	40	0.25	0.30	2.436	5.90	2.300	2.415	100.87%	CCR-27
216	11-Nov-98	8:42 PM	9	6	40	0.25	0.30	2.465	5.58	2.335	2.415	102.07%	CCR-27
217	10-Nov-98	11:31 AM	13	17	41	0.25	0.30	2.447	5.76	2.314	2.415	101.33%	CCR-27
218	12-Nov-98	2:39 PM	13	16	41	0.25	0.30	2.416	5.75	2.285	2.415	100.04%	CCR-27
219	12-Nov-98	2:43 PM	13	16	41	0.25	0.30	2.381	5.03	2.267	2.415	98.59%	CCR-27
220	12-Nov-98	3:10 PM	13	16	41	0.25	0.30	2.404	5.88	2.270	2.415	99.54%	CCR-27
221	12-Nov-98	6:05 PM	10	7	41	0.25	0.30	2.420	5.60	2.292	2.415	100.21%	CCR-27
222	12-Nov-98	7:20 PM	10	7	41	0.25	0.30	2.452	6.20	2.309	2.415	101.53%	CCR-27
223	10-Nov-98	10:45 AM	12	17	42	0.25	0.30	2.374	5.94	2.241	2.415	98.30%	CCR-27
224	10-Nov-98	10:49 AM	12	17	42	0.25	0.30	2.448	5.19	2.327	2.415	101.37%	CCR-27
225	10-Nov-98	7:47 PM	9	8	42	0.25	0.30	2.394	6.32	2.252	2.415	99.13%	CCR-27
226	12-Nov-98	12:43 PM	13	16	42	0.25	0.30	2.457	5.36	2.332	2.415	101.74%	CCR-27
227	12-Nov-98	5:00 PM	10	12	42	0.25	0.30	2.432	5.83	2.298	2.415	100.70%	CCR-27
228	12-Nov-98	5:30 PM	10	12	42	0.25	0.30	2.440	6.01	2.302	2.415	101.04%	CCR-27
229	13-Nov-98	9:13 AM	10	14	42	0.25	0.30	2.412	5.21	2.293	2.415	99.88%	CCR-27
230	13-Nov-98	9:17 AM	10	14	42	0.25	0.30	2.404	5.62	2.276	2.415	99.54%	CCR-27
231	11-Nov-98	12:25 PM	13	17	43	0.25	0.30	2.385	5.72	2.256	2.415	98.76%	CCR-27
232	11-Nov-98	12:29 PM	13	17	43	0.25	0.30	2.460	5.72	2.327	2.415	101.86%	CCR-27
233	11-Nov-98	12:32 PM	13	17	43	0.25	0.30	2.441	5.99	2.303	2.415	101.08%	CCR-27
234	12-Nov-98	4:43 PM	11	13	43	0.25	0.30	2.452	5.94	2.315	2.415	101.53%	CCR-27
235	12-Nov-98	4:49 PM	11	13	43	0.25	0.30	2.430	5.43	2.305	2.415	100.62%	CCR-27
236	13-Nov-98	3:36 PM	12	15	43	0.25	0.30	2.368	5.61	2.242	2.415	98.05%	CCR-27
237	13-Nov-98	3:39 PM	12	15	43	0.25	0.30	2.467	5.40	2.341	2.415	102.15%	CCR-27
238	13-Nov-98	4:02 PM	11	13	43	0.25	0.30	2.403	5.09	2.287	2.415	99.50%	CCR-27
239	13-Nov-98	4:18 PM	11	13	43	0.25	0.30	2.388	4.96	2.275	2.415	98.88%	CCR-27
240	13-Nov-98	4:23 PM	11	13	43	0.25	0.30	2.448	4.90	2.334	2.415	101.37%	CCR-27
241	12-Nov-98	11:11 AM	13	18	44	0.25	0.30	2.462	5.76	2.328	2.415	101.95%	CCR-27
242	12-Nov-98	11:15 AM	13	18	44	0.25	0.30	2.415	5.86	2.281	2.415	100.00%	CCR-27
243	12-Nov-98	12:39 PM	13	18	44	0.25	0.30	2.418	5.22	2.298	2.415	100.12%	CCR-27
244	12-Nov-98	6:10 PM	10	7	44	0.25	0.30	2.420	6.00	2.283	2.415	100.21%	CCR-27
245	13-Nov-98	5:01 PM	11	10	44	0.25	0.30	2.420	5.13	2.302	2.415	100.21%	CCR-27

ANEXO 6

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

DIQUE INTERMEDIO - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
246	13-Nov-98	5:09 PM	11	10	44	0.25	0.30	2.447	5.69	2.315	2.415	101.33%	CCR-27
247	16-Nov-98	11:11 AM	13	16	44	0.25	0.30	2.443	5.29	2.320	2.415	101.16%	CCR-27
248	16-Nov-98	11:14 AM	13	16	44	0.25	0.30	2.399	5.05	2.284	2.415	99.34%	CCR-27
249	16-Nov-98	11:17 AM	13	16	44	0.25	0.30	2.415	5.14	2.297	2.415	100.00%	CCR-27
250	13-Nov-98	11:51 AM	14	18	45	0.25	0.30	2.441	4.74	2.331	2.415	101.08%	CCR-27
251	13-Nov-98	11:57 AM	14	18	45	0.25	0.30	2.406	5.46	2.281	2.415	99.63%	CCR-27
252	13-Nov-98	12:01 PM	14	18	45	0.25	0.30	2.422	6.06	2.284	2.415	100.29%	CCR-27
253	17-Nov-98	9:33 AM	12	16	45	0.25	0.30	2.414	5.09	2.297	2.415	99.96%	CCR-27
254	17-Nov-98	9:38 AM	12	16	45	0.25	0.30	2.392	5.52	2.267	2.415	99.05%	CCR-27
255	17-Nov-98	9:43 AM	12	16	45	0.25	0.30	2.442	5.44	2.316	2.415	101.12%	CCR-27
256	14-Nov-98	11:27 AM	11	14	46	0.25	0.30	2.428	5.62	2.299	2.415	100.54%	CCR-27
257	14-Nov-98	11:31 AM	11	14	46	0.25	0.30	2.417	5.50	2.291	2.415	100.08%	CCR-27
258	14-Nov-98	11:59 AM	11	14	46	0.25	0.30	2.419	5.87	2.285	2.415	100.17%	CCR-27
259	14-Nov-98	12:04 PM	11	14	46	0.25	0.30	2.437	5.44	2.311	2.415	100.91%	CCR-27
260	16-Nov-98	1:49 PM	13	16	46	0.25	0.30	2.425	5.60	2.296	2.415	100.41%	CCR-27
261	16-Nov-98	1:52 PM	13	16	46	0.25	0.30	2.407	5.56	2.280	2.415	99.67%	CCR-27
262	17-Nov-98	2:29 PM	12	16	46	0.25	0.30	2.441	5.95	2.304	2.415	101.08%	CCR-27
263	17-Nov-98	2:33 PM	12	16	46	0.25	0.30	2.463	5.73	2.330	2.415	101.99%	CCR-27
264	17-Nov-98	11:44 AM	13	17	47	0.25	0.30	2.379	4.81	2.270	2.415	98.51%	CCR-27
265	17-Nov-98	11:48 AM	13	17	47	0.25	0.30	2.398	5.30	2.277	2.415	99.30%	CCR-27
266	17-Nov-98	11:52 AM	13	17	47	0.25	0.30	2.415	5.10	2.298	2.415	100.00%	CCR-27
267	17-Nov-98	11:55 AM	13	17	47	0.25	0.30	2.445	5.49	2.318	2.415	101.24%	CCR-27
268	18-Nov-98	1:55 PM	12	16	47	0.25	0.30	2.389	5.48	2.265	2.415	98.92%	CCR-27
269	18-Nov-98	2:02 PM	12	16	47	0.25	0.30	2.468	6.31	2.322	2.415	102.19%	CCR-27
270	18-Nov-98	11:12 AM	11	14	48	0.25	0.30	2.459	4.83	2.346	2.415	101.82%	CCR-27
271	18-Nov-98	11:16 AM	11	14	48	0.25	0.30	2.447	5.55	2.318	2.415	101.33%	CCR-27
272	18-Nov-98	11:34 AM	11	14	48	0.25	0.30	2.443	5.74	2.310	2.415	101.16%	CCR-27
273	18-Nov-98	11:41 AM	11	14	48	0.25	0.30	2.424	5.70	2.293	2.415	100.37%	CCR-27
274	18-Nov-98	1:36 PM	13	16	48	0.25	0.30	2.416	5.21	2.296	2.415	100.04%	CCR-27
275	18-Nov-98	7:19 PM	9	6	48	0.25	0.30	2.415	5.54	2.288	2.415	100.00%	CCR-27
276	18-Nov-98	7:23 PM	9	6	48	0.25	0.30	2.420	5.80	2.287	2.415	100.21%	CCR-27
277	18-Nov-98	4:14 PM	11	12	49	0.25	0.30	2.420	5.62	2.291	2.415	100.21%	CCR-27
278	18-Nov-98	4:40 PM	11	12	49	0.25	0.30	2.446	5.53	2.318	2.415	101.28%	CCR-27
279	18-Nov-98	4:44 PM	11	12	49	0.25	0.30	2.418	6.14	2.278	2.415	100.12%	CCR-27
280	18-Nov-98	5:25 PM	10	10	49	0.25	0.30	2.437	5.49	2.310	2.415	100.91%	CCR-27

ANEXO 6

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

DIQUE INTERMEDIO - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo(gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica(gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
281	18-Nov-98	5:30 PM	10	10	49	0.25	0.30	2.431	5.81	2.298	2.415	100.66%	CCR-27
282	19-Nov-98	1:54 PM	13	14	49	0.25	0.30	2.480	4.63	2.370	2.415	102.69%	CCR-27
283	19-Nov-98	1:58 PM	13	14	49	0.25	0.30	2.436	5.04	2.319	2.415	100.87%	CCR-27
284	19-Nov-98	10:40 AM	12	13	50	0.25	0.30	2.358	5.60	2.233	2.415	97.64%	CCR-27
285	19-Nov-98	10:44 AM	12	13	50	0.25	0.30	2.383	5.19	2.265	2.415	98.67%	CCR-27
286	19-Nov-98	11:06 AM	12	13	50	0.25	0.30	2.452	4.82	2.339	2.415	101.53%	CCR-27
287	19-Nov-98	12:05 PM	13	15	50	0.25	0.30	2.461	5.46	2.334	2.415	101.90%	CCR-27
288	19-Nov-98	1:07 PM	13	15	50	0.25	0.30	2.306	5.32	2.190	2.415	95.49%	CCR-27
289	19-Nov-98	4:30 PM	13	12	51	0.25	0.30	2.355	5.00	2.243	2.415	97.52%	CCR-27
290	19-Nov-98	4:35 PM	13	12	51	0.25	0.30	2.407	5.33	2.285	2.415	99.67%	CCR-27
291	19-Nov-98	5:49 PM	11	9	51	0.25	0.30	2.432	5.58	2.303	2.415	100.70%	CCR-27
292	19-Nov-98	6:00 PM	11	9	51	0.25	0.30	2.425	5.39	2.301	2.415	100.41%	CCR-27
293	19-Nov-98	6:56 PM	10	7	51	0.25	0.30	2.425	4.58	2.319	2.415	100.41%	CCR-27
294	19-Nov-98	7:06 PM	10	7	51	0.25	0.30	2.448	4.45	2.344	2.415	101.37%	CCR-27
295	20-Nov-98	1:55 PM	15	16	51	0.25	0.30	2.381	4.94	2.269	2.415	98.59%	CCR-27
296	20-Nov-98	2:10 PM	14	14	51	0.25	0.30	2.362	4.83	2.253	2.415	97.81%	CCR-27
297	20-Nov-98	11:10 AM	16	16	52	0.25	0.30	2.499	4.94	2.381	2.415	103.48%	CCR-27
298	20-Nov-98	12:37 PM	18	16	52	0.25	0.30	2.414	4.99	2.299	2.415	99.96%	CCR-27
299	20-Nov-98	12:42 PM	17	17	52	0.25	0.30	2.415	4.84	2.304	2.415	100.00%	CCR-27
300	20-Nov-98	12:47 PM	17	16	52	0.25	0.30	2.461	4.84	2.347	2.415	101.90%	CCR-27
301	20-Nov-98	1:41 PM	15	16	52	0.25	0.30	2.430	5.34	2.307	2.415	100.62%	CCR-27
302	20-Nov-98	4:19 PM	12	11	52	0.25	0.30	2.451	5.21	2.330	2.415	101.49%	CCR-27
303	20-Nov-98	4:24 PM	12	11	52	0.25	0.30	2.398	5.49	2.273	2.415	99.30%	CCR-27
304	21-Nov-98	10:23 AM	17	19	52	0.25	0.30	2.406	4.89	2.294	2.415	99.63%	CCR-27
305	21-Nov-98	10:29 AM	15	19	52	0.25	0.30	2.396	4.81	2.286	2.415	99.21%	CCR-27
306	20-Nov-98	6:16 PM	12	6	53	0.25	0.30	2.442	4.66	2.333	2.415	101.12%	CCR-27
307	20-Nov-98	7:07 PM	12	5	53	0.25	0.30	2.441	4.91	2.327	2.415	101.08%	CCR-27
308	21-Nov-98	11:36 AM	14	16	53	0.25	0.30	2.414	4.29	2.315	2.415	99.96%	CCR-27
309	21-Nov-98	11:40 AM	14	16	53	0.25	0.30	2.342	4.35	2.244	2.415	96.98%	CCR-27
310	21-Nov-98	11:48 AM	13	16	53	0.25	0.30	2.335	4.31	2.239	2.415	96.69%	CCR-27
311	21-Nov-98	12:05 PM	13	17	53	0.25	0.30	2.454	5.21	2.332	2.415	101.61%	CCR-27
312	21-Nov-98	1:48 PM	14	15	53	0.25	0.30	2.435	4.56	2.329	2.415	100.83%	CCR-27
313	21-Nov-98	1:54 PM	14	15	53	0.25	0.30	2.406	4.60	2.300	2.415	99.63%	CCR-27
314	21-Nov-98	2:18 PM	14	14	53	0.25	0.30	2.484	5.35	2.358	2.415	102.86%	CCR-27
315	21-Nov-98	2:41 PM	14	14	53	0.25	0.30	2.470	4.77	2.358	2.415	102.28%	CCR-27

ANEXO 6

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

DIQUE INTERMEDIO - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo(gr/cc)	%	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica(gr/cc)	%	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
316	21-Nov-98	5:02 PM	12	9	53	0.25	0.30	2.451	5.21	2.330	2.415	101.49%	CCR-27
317	21-Nov-98	5:13 PM	12	9	53	0.25	0.30	2.435	5.96	2.298	2.415	100.83%	CCR-27
318	23-Nov-98	10:52 AM	15	17	54	0.25	0.30	2.410	5.47	2.285	2.415	99.79%	CCR-27
319	23-Nov-98	11:03 AM	16	19	54	0.25	0.30	2.424	5.35	2.301	2.415	100.37%	CCR-27
320	23-Nov-98	11:07 AM	15	19	54	0.25	0.30	2.432	5.05	2.315	2.415	100.70%	CCR-27
321	23-Nov-98	11:12 AM	15	19	54	0.25	0.30	2.436	4.28	2.336	2.415	100.87%	CCR-27
322	23-Nov-98	12:11 PM	14	17	54	0.25	0.30	2.387	4.96	2.274	2.415	98.84%	CCR-27
323	23-Nov-98	12:17 PM	14	17	54	0.25	0.30	2.423	4.90	2.310	2.415	100.33%	CCR-27
324	23-Nov-98	1:50 PM	14	17	54	0.25	0.30	2.455	4.03	2.360	2.415	101.66%	CCR-27
325	23-Nov-98	1:56 PM	13	17	54	0.25	0.30	2.458	5.53	2.329	2.415	101.78%	CCR-27
326	23-Nov-98	2:02 PM	14	15	54	0.25	0.30	2.481	5.13	2.360	2.415	102.73%	CCR-27
327	23-Nov-98	4:52 PM	13	12	55	0.25	0.30	2.426	4.71	2.317	2.415	100.46%	CCR-27
328	23-Nov-98	4:59 PM	13	12	55	0.25	0.30	2.472	4.64	2.362	2.415	102.36%	CCR-27
329	23-Nov-98	5:05 PM	12	9	55	0.25	0.30	2.375	5.32	2.255	2.415	98.34%	CCR-27
330	23-Nov-98	5:21 PM	12	9	55	0.25	0.30	2.424	4.86	2.312	2.415	100.37%	CCR-27
331	23-Nov-98	5:25 PM	12	9	55	0.25	0.30	2.430	5.07	2.313	2.415	100.62%	CCR-27
332	23-Nov-98	6:22 PM	12	7	55	0.25	0.30	2.376	4.11	2.282	2.415	98.39%	CCR-27
333	23-Nov-98	6:27 PM	13	7	55	0.25	0.30	2.448	5.78	2.314	2.415	101.37%	CCR-27
334	23-Nov-98	6:38 PM	12	7	55	0.25	0.30	2.440	4.93	2.325	2.415	101.04%	CCR-27
335	23-Nov-98	6:45 PM	12	6	55	0.25	0.30	2.386	4.97	2.273	2.415	98.80%	CCR-27
336	23-Nov-98	6:53 PM	11	6	55	0.25	0.30	2.422	5.58	2.294	2.415	100.29%	CCR-27
337	23-Nov-98	7:02 PM	12	6	55	0.25	0.30	2.406	4.79	2.296	2.415	99.63%	CCR-27
338	23-Nov-98	7:12 PM	12	6	55	0.25	0.30	2.385	5.81	2.254	2.415	98.76%	CCR-27
339	23-Nov-98	7:16 PM	10	6	55	0.25	0.30	2.378	4.44	2.277	2.415	98.47%	CCR-27
340	23-Nov-98	7:28 PM	10	6	55	0.25	0.30	2.382	4.46	2.280	2.415	98.63%	CCR-27
341	24-Nov-98	11:07 AM	14	16	56	0.25	0.30	2.373	4.90	2.262	2.415	98.26%	CCR-27
342	24-Nov-98	11:14 AM	14	16	56	0.25	0.30	2.453	4.63	2.344	2.415	101.57%	CCR-27
343	24-Nov-98	11:38 AM	15	16	56	0.25	0.30	2.417	3.94	2.325	2.415	100.08%	CCR-27
344	24-Nov-98	12:00 PM	14	16	56	0.25	0.30	2.348	4.95	2.237	2.415	97.23%	CCR-27
345	24-Nov-98	12:05 PM	14	15	56	0.25	0.30	2.375	4.57	2.271	2.415	98.34%	CCR-27
346	24-Nov-98	12:09 PM	16	16	56	0.25	0.30	2.400	4.73	2.292	2.415	99.38%	CCR-27
347	24-Nov-98	12:36 PM	16	15	56	0.25	0.30	2.486	4.85	2.371	2.415	102.94%	CCR-27
348	24-Nov-98	12:51 PM	16	16	56	0.25	0.30	2.443	4.67	2.334	2.415	101.16%	CCR-27
349	24-Nov-98	2:26 PM	14	15	56	0.25	0.30	2.369	4.88	2.259	2.415	98.10%	CCR-27
350	24-Nov-98	2:32 PM	14	13	56	0.25	0.30	2.446	5.13	2.327	2.415	101.28%	CCR-27

ANEXO 6

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

DIQUE INTERMEDIO - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
351	24-Nov-98	2:36 PM	14	13	56	0.25	0.30	2.398	4.85	2.287	2.415	99.30%	CCR-27
352	24-Nov-98	4:58 PM	12	9	57	0.25	0.30	2.354	5.58	2.230	2.415	97.47%	CCR-27
353	24-Nov-98	5:03 PM	12	9	57	0.25	0.30	2.417	5.41	2.293	2.415	100.08%	CCR-27
354	24-Nov-98	6:21 PM	12	8	57	0.25	0.30	2.469	5.64	2.337	2.415	102.24%	CCR-27
355	25-Nov-98	1:32 PM	14	16	57	0.25	0.30	2.396	4.98	2.282	2.415	99.21%	CCR-27
356	25-Nov-98	1:40 PM	14	15	57	0.25	0.30	2.393	5.25	2.274	2.415	99.09%	CCR-27
357	25-Nov-98	11:45 AM	13	15	58	0.25	0.30	2.478	4.69	2.367	2.415	102.61%	CCR-27
358	25-Nov-98	11:51 AM	13	15	58	0.25	0.30	2.366	4.56	2.263	2.415	97.97%	CCR-27
359	25-Nov-98	11:56 AM	13	15	58	0.25	0.30	2.347	5.56	2.223	2.415	97.18%	CCR-27
360	25-Nov-98	12:09 PM	14	16	58	0.25	0.30	2.358	4.71	2.252	2.415	97.64%	CCR-27
361	26-Nov-98	2:15 PM	13	14	58	0.25	0.30	2.449	5.12	2.330	2.415	101.41%	CCR-27
362	26-Nov-98	2:20 PM	13	13	58	0.25	0.30	2.350	5.33	2.231	2.415	97.31%	CCR-27
363	26-Nov-98	2:24 PM	13	13	58	0.25	0.30	2.462	5.39	2.336	2.415	101.95%	CCR-27
364	26-Nov-98	2:29 PM	13	13	58	0.25	0.30	2.451	5.10	2.332	2.415	101.49%	CCR-27
365	26-Nov-98	10:56 AM	14	15	59	0.25	0.30	2.394	5.11	2.278	2.415	99.13%	CCR-27
366	26-Nov-98	11:02 AM	14	15	59	0.25	0.30	2.414	5.13	2.296	2.415	99.96%	CCR-27
367	26-Nov-98	11:47 AM	13	17	59	0.25	0.30	2.431	5.62	2.302	2.415	100.66%	CCR-27
368	26-Nov-98	11:53 AM	13	17	59	0.25	0.30	2.462	5.22	2.340	2.415	101.95%	CCR-27
369	26-Nov-98	11:57 AM	13	17	59	0.25	0.30	2.477	5.39	2.350	2.415	102.57%	CCR-27
370	26-Nov-98	2:00 PM	14	15	59	0.25	0.30	2.425	4.66	2.317	2.415	100.41%	CCR-27
371	26-Nov-98	2:06 PM	14	15	59	0.25	0.30	2.462	4.88	2.347	2.415	101.95%	CCR-27
372	26-Nov-98	2:10 PM	14	15	59	0.25	0.30	2.379	5.03	2.265	2.415	98.51%	CCR-27
373	27-Nov-98	10:20 AM	15	16	60	0.25	0.30	2.437	5.08	2.319	2.415	100.91%	CCR-27
374	27-Nov-98	10:29 AM	15	16	60	0.25	0.30	2.382	4.40	2.282	2.415	98.63%	CCR-27
375	07-Ene-99	2:03 PM	13	15	59	0.25	0.30	2.386	5.30	2.266	2.415	98.80%	CCR-27
376	07-Ene-99	2:07 PM	13	15	59	0.25	0.30	2.421	5.22	2.301	2.415	100.25%	CCR-27
377	07-Ene-99	2:11 PM	13	15	59	0.25	0.30	2.439	5.82	2.305	2.415	100.99%	CCR-27
378	07-Ene-99	2:49 PM	12	14	59	0.25	0.30	2.390	5.32	2.269	2.415	98.96%	CCR-27
379	07-Ene-99	5:01 PM	11	10	60	0.25	0.30	2.429	5.68	2.298	2.415	100.58%	CCR-27
380	07-Ene-99	5:05 PM	11	10	60	0.25	0.30	2.482	5.85	2.345	2.415	102.77%	CCR-27
381	07-Ene-99	5:27 PM	10	10	60	0.25	0.30	2.485	6.41	2.335	2.415	102.90%	CCR-27
382	07-Ene-99	5:50 PM	9	8	60	0.25	0.30	2.462	6.00	2.323	2.415	101.95%	CCR-27
383	08-Ene-99	9:35 AM	11	12	60	0.25	0.30	2.446	4.97	2.330	2.415	101.28%	CCR-27
384	08-Ene-99	9:39 AM	11	12	60	0.25	0.30	2.460	4.93	2.344	2.415	101.86%	CCR-27
385	08-Ene-99	11:55 AM	13	15	61	0.25	0.30	2.470	4.77	2.358	2.415	102.28%	CCR-27

ANEXO 6

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

DIQUE INTERMEDIO - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo(gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica(gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
386	08-Ene-99	11:59 AM	13	15	61	0.25	0.30	2.434	5.37	2.310	2.415	100.79%	CCR-27
387	08-Ene-99	1:31 PM	13	16	61	0.25	0.30	2.422	4.63	2.315	2.415	100.29%	CCR-27
388	08-Ene-99	1:57 PM	13	16	61	0.25	0.30	2.384	5.00	2.270	2.415	98.72%	CCR-27
389	08-Ene-99	7:36 PM	9	5	61	0.25	0.30	2.452	5.82	2.317	2.415	101.53%	CCR-27
390	08-Ene-99	7:40 PM	9	5	61	0.25	0.30	2.491	5.64	2.358	2.415	103.15%	CCR-27
391	10-Ene-99	10:18 AM	12	15	61	0.25	0.30	2.461	5.68	2.329	2.415	101.90%	CCR-27
392	08-Ene-99	4:15 PM	11	12	62	0.25	0.30	2.388	4.65	2.282	2.415	98.88%	CCR-27
393	08-Ene-99	4:21 PM	11	12	62	0.25	0.30	2.439	5.86	2.304	2.415	100.99%	CCR-27
394	08-Ene-99	5:42 PM	9	10	62	0.25	0.30	2.447	6.52	2.297	2.415	101.33%	CCR-27
395	08-Ene-99	5:51 PM	9	10	62	0.25	0.30	2.420	6.69	2.268	2.415	100.21%	CCR-27
396	10-Ene-99	11:10 AM	13	16	62	0.25	0.30	2.441	5.63	2.311	2.415	101.08%	CCR-27
397	10-Ene-99	11:24 AM	13	16	62	0.25	0.30	2.431	5.17	2.311	2.415	100.66%	CCR-27
398	11-Ene-99	9:58 AM	13	14	62	0.25	0.30	2.468	5.81	2.332	2.415	102.19%	CCR-27
399	11-Ene-99	11:58 AM	13	16	63	0.25	0.30	2.462	5.05	2.344	2.415	101.95%	CCR-27
400	11-Ene-99	12:02 PM	13	16	63	0.25	0.30	2.468	5.74	2.334	2.415	102.19%	CCR-27
401	11-Ene-99	12:25 PM	13	16	63	0.25	0.30	2.459	5.59	2.329	2.415	101.82%	CCR-27
402	11-Ene-99	1:14 PM	13	17	63	0.25	0.30	2.410	4.97	2.296	2.415	99.79%	CCR-27
403	11-Ene-99	1:18 PM	13	17	63	0.25	0.30	2.394	4.86	2.283	2.415	99.13%	CCR-27
404	11-Ene-99	1:22 PM	13	17	63	0.25	0.30	2.420	5.23	2.300	2.415	100.21%	CCR-27
405	11-Ene-99	3:42 PM	11	13	63	0.25	0.30	2.392	6.29	2.250	2.415	99.05%	CCR-27
406	12-Ene-99	11:30 AM	12	16	64	0.25	0.30	2.430	5.82	2.296	2.415	100.62%	CCR-27
407	12-Ene-99	11:35 AM	12	16	64	0.25	0.30	2.435	5.45	2.309	2.415	100.83%	CCR-27
408	12-Ene-99	11:52 AM	12	16	64	0.25	0.30	2.405	5.61	2.277	2.415	99.59%	CCR-27
409	12-Ene-99	11:56 AM	12	16	64	0.25	0.30	2.444	5.20	2.323	2.415	101.20%	CCR-27
410	12-Ene-99	2:30 PM	13	17	64	0.25	0.30	2.446	4.95	2.331	2.415	101.28%	CCR-27
411	12-Ene-99	2:43 PM	13	17	64	0.25	0.30	2.432	5.89	2.297	2.415	100.70%	CCR-27
412	12-Ene-99	2:55 PM	13	17	64	0.25	0.30	2.428	5.50	2.301	2.415	100.54%	CCR-27
413	12-Ene-99	5:51 PM	10	11	65	0.25	0.30	2.408	5.55	2.281	2.415	99.71%	CCR-27
414	12-Ene-99	5:55 PM	10	11	65	0.25	0.30	2.416	5.17	2.297	2.415	100.04%	CCR-27
415	12-Ene-99	5:59 PM	10	11	65	0.25	0.30	2.474	5.12	2.354	2.415	102.44%	CCR-27
416	12-Ene-99	6:03 PM	9	7	65	0.25	0.30	2.444	5.51	2.316	2.415	101.20%	CCR-27
417	12-Ene-99	6:06 PM	9	7	65	0.25	0.30	2.486	5.43	2.358	2.415	102.94%	CCR-27
418	12-Ene-99	6:10 PM	9	7	65	0.25	0.30	2.460	5.80	2.325	2.415	101.86%	CCR-27
419	13-Ene-99	1:19 PM	13	17	66	0.25	0.30	2.445	5.39	2.320	2.415	101.24%	CCR-27
420	13-Ene-99	1:23 PM	13	17	66	0.25	0.30	2.443	5.37	2.318	2.415	101.16%	CCR-27

DIQUE INTERMEDIO - CONTROL DE COMPACTACION

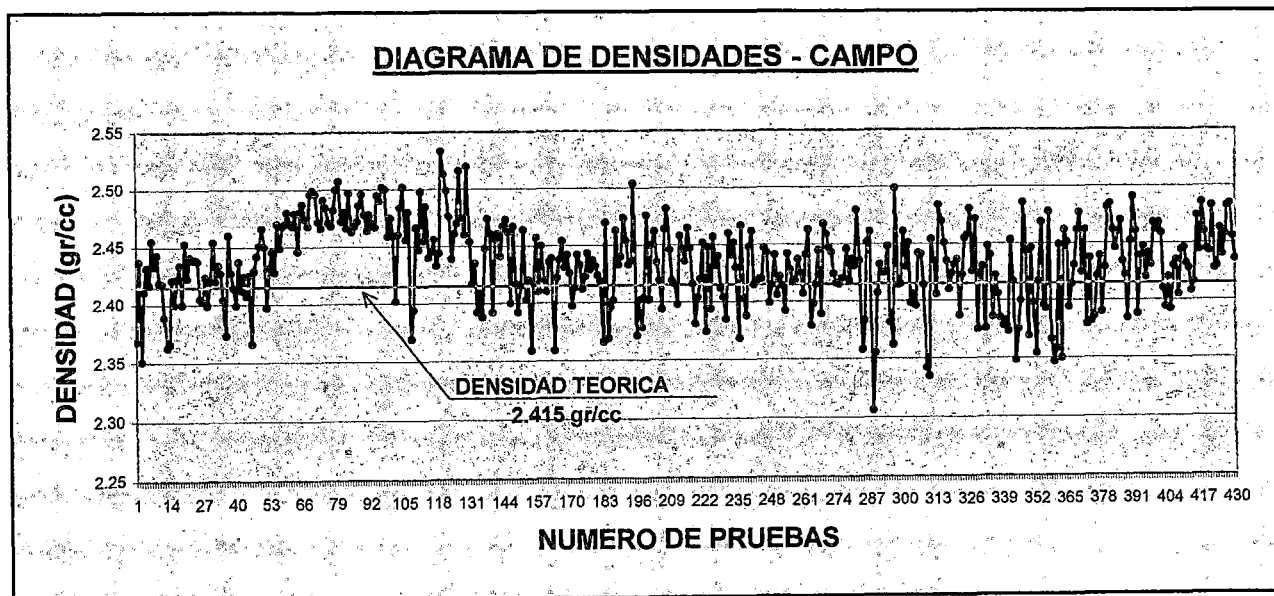
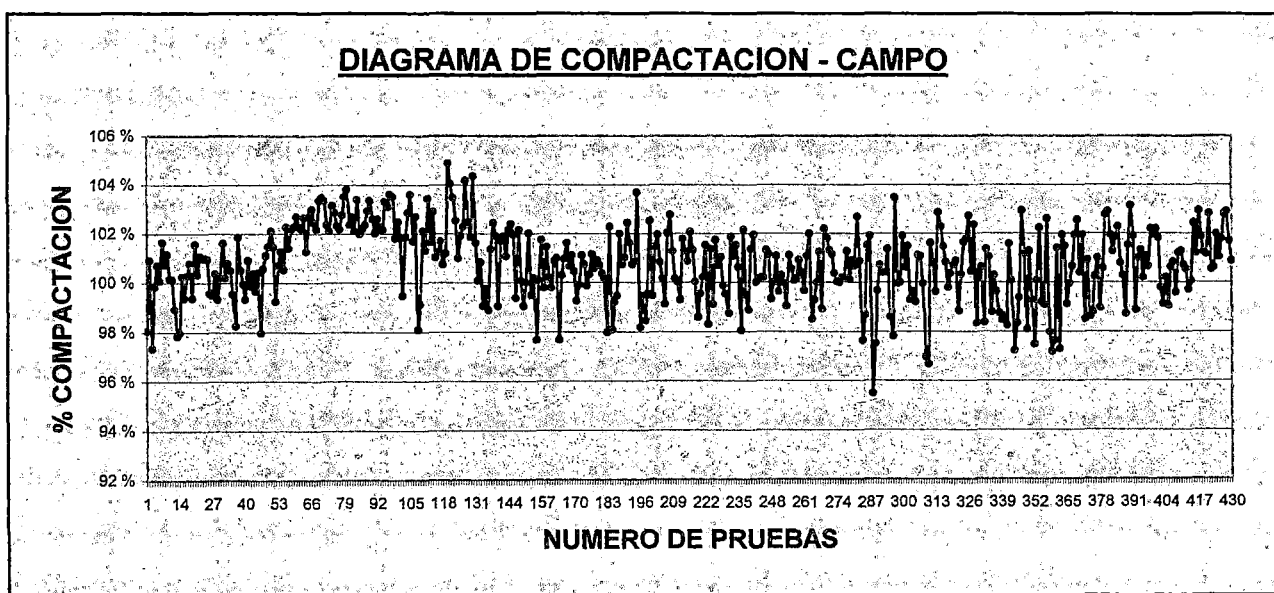
ESTRUCTURA : DIQUE INTERMEDIO

FECHA : 14-Aug-98

a

15-Jan-99

	Temperatura °C		Densidad	%	Densidad	%
	CCR	Ambiente	Campo (gr/cc)	Humedad	Teórica (gr/cc)	Compactación
Nro. de Pruebas	430	430	430	430	430	430
Promedio	11.905	12.305	2.434	5.468	2.415	1.008
Desv. Estandar	1.752	3.830	0.036	0.545	0.00	0.015
Coef. Variación	14.718	31.127	1.487	9.970	0.00	1.487



ANEXO 7

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

PRESA VERTEDORA - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
1	20-Oct-98	1:58 PM	14	20	1	0.25	0.30	2.464	5.54	2.335	2.415	102.03%	CCR-27
2	20-Oct-98	2:02 PM	14	20	1	0.25	0.30	2.465	5.260	2.342	2.415	102.07%	CCR-27
3	20-Oct-98	2:17 PM	14	20	1	0.25	0.30	2.509	5.980	2.367	2.415	103.89%	CCR-27
4	20-Oct-98	2:27 PM	14	20	1	0.25	0.30	2.391	5.620	2.264	2.415	99.01%	CCR-27
5	20-Oct-98	4:01 PM	11	12	2	0.25	0.30	2.427	5.910	2.292	2.415	100.50%	CCR-27
6	20-Oct-98	4:05 PM	11	12	2	0.25	0.30	2.483	5.860	2.346	2.415	102.82%	CCR-27
7	20-Oct-98	4:19 PM	11	12	2	0.25	0.30	2.430	5.980	2.293	2.415	100.62%	CCR-27
8	20-Oct-98	4:36 PM	11	12	2	0.25	0.30	2.432	6.290	2.288	2.415	100.70%	CCR-27
9	20-Oct-98	6:12 PM	10	9	3	0.25	0.30	2.384	5.350	2.263	2.415	98.72%	CCR-27
10	20-Oct-98	6:18 PM	10	9	3	0.25	0.30	2.435	6.010	2.297	2.415	100.83%	CCR-27
11	20-Oct-98	6:22 PM	10	9	3	0.25	0.30	2.492	6.380	2.343	2.415	103.19%	CCR-27
12	20-Oct-98	6:42 PM	9	7	3	0.25	0.30	2.458	6.210	2.314	2.415	101.78%	CCR-27
13	20-Oct-98	6:46 PM	9	7	3	0.25	0.30	2.511	5.910	2.371	2.415	103.98%	CCR-27
14	21-Oct-98	1:46 PM	13	18	4	0.25	0.30	2.532	5.260	2.405	2.415	104.84%	CCR-27
15	21-Oct-98	2:40 PM	13	19	4	0.25	0.30	2.492	5.840	2.354	2.415	103.19%	CCR-27
16	21-Oct-98	3:00 PM	12	19	4	0.25	0.30	2.474	5.680	2.341	2.415	102.44%	CCR-27
17	21-Oct-98	3:19 PM	12	19	4	0.25	0.30	2.481	6.660	2.326	2.415	102.73%	CCR-27
18	21-Oct-98	5:49 PM	11	10	5	0.25	0.30	2.468	5.610	2.337	2.415	102.19%	CCR-27
19	21-Oct-98	5:52 PM	11	10	5	0.25	0.30	2.450	5.960	2.312	2.415	101.45%	CCR-27
20	21-Oct-98	6:08 PM	10	9	5	0.25	0.30	2.479	6.000	2.339	2.415	102.65%	CCR-27
21	21-Oct-98	6:15 PM	10	9	5	0.25	0.30	2.432	5.860	2.297	2.415	100.70%	CCR-27
22	22-Oct-98	11:51 AM	13	15	6	0.25	0.30	2.455	6.290	2.310	2.415	101.66%	CCR-27
23	22-Oct-98	12:09 PM	13	15	6	0.25	0.30	2.393	6.150	2.254	2.415	99.09%	CCR-27
24	22-Oct-98	12:13 PM	13	15	6	0.25	0.30	2.467	6.160	2.324	2.415	102.15%	CCR-27
25	22-Oct-98	12:17 PM	13	15	6	0.25	0.30	2.439	5.440	2.313	2.415	100.99%	CCR-27
26	22-Oct-98	12:21 PM	13	15	6	0.25	0.30	2.446	6.050	2.306	2.415	101.28%	CCR-27
27	23-Oct-98	12:06 PM	12	14	7	0.25	0.30	2.498	5.530	2.367	2.415	103.44%	CCR-27
28	23-Oct-98	12:09 PM	12	14	7	0.25	0.30	2.357	5.520	2.234	2.415	97.60%	CCR-27
29	23-Oct-98	12:13 PM	12	14	7	0.25	0.30	2.374	6.110	2.237	2.415	98.30%	CCR-27
30	23-Oct-98	12:28 PM	12	14	7	0.25	0.30	2.430	5.020	2.314	2.415	100.62%	CCR-27
31	23-Oct-98	12:40 PM	12	15	7	0.25	0.30	2.478	5.350	2.352	2.415	102.61%	CCR-27
32	23-Oct-98	3:43 PM	11	12	8	0.25	0.30	2.451	5.460	2.324	2.415	101.49%	CCR-27
33	23-Oct-98	3:47 PM	11	12	8	0.25	0.30	2.438	6.020	2.300	2.415	100.95%	CCR-27
34	23-Oct-98	3:53 PM	11	12	8	0.25	0.30	2.450	5.560	2.321	2.415	101.45%	CCR-27
35	23-Oct-98	4:07 PM	11	11	8	0.25	0.30	2.542	5.930	2.400	2.415	105.26%	CCR-27

ANEXO 7

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

PRESA VERTEDORA - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
36	24-Oct-98	1:26 PM	13	16	9	0.25	0.30	2.430	5.800	2.297	2.415	100.62%	CCR-27
37	24-Oct-98	1:30 PM	13	16	9	0.25	0.30	2.429	6.040	2.291	2.415	100.58%	CCR-27
38	24-Oct-98	1:40 PM	13	16	9	0.25	0.30	2.450	6.000	2.311	2.415	101.45%	CCR-27
39	24-Oct-98	3:05 PM	12	14	9	0.25	0.30	2.501	6.090	2.357	2.415	103.56%	CCR-27
40	24-Oct-98	3:22 PM	12	14	9	0.25	0.30	2.449	5.350	2.325	2.415	101.41%	CCR-27
41	26-Oct-98	11:12 AM	11	14	10	0.25	0.30	2.419	5.490	2.293	2.415	100.17%	CCR-27
42	26-Oct-98	11:37 AM	11	14	10	0.25	0.30	2.387	5.510	2.262	2.415	98.84%	CCR-27
43	26-Oct-98	11:47 AM	12	15	10	0.25	0.30	2.390	5.450	2.266	2.415	98.96%	CCR-27
44	26-Oct-98	12:12 PM	12	15	10	0.25	0.30	2.474	5.420	2.347	2.415	102.44%	CCR-27
45	26-Oct-98	12:25 PM	12	15	10	0.25	0.30	2.430	5.380	2.306	2.415	100.62%	CCR-27
46	26-Oct-98	2:48 PM	13	17	11	0.25	0.30	2.390	4.860	2.279	2.415	98.96%	CCR-27
47	26-Oct-98	2:52 PM	13	17	11	0.25	0.30	2.479	5.120	2.358	2.415	102.65%	CCR-27
48	26-Oct-98	2:57 PM	13	17	11	0.25	0.30	2.497	5.640	2.364	2.415	103.40%	CCR-27
49	26-Oct-98	3:23 PM	11	15	11	0.25	0.30	2.456	5.540	2.327	2.415	101.70%	CCR-27
50	26-Oct-98	5:19 PM	10	11	12	0.25	0.30	2.412	6.180	2.272	2.415	99.88%	CCR-27
51	26-Oct-98	5:24 PM	10	11	12	0.25	0.30	2.473	5.690	2.340	2.415	102.40%	CCR-27
52	26-Oct-98	6:59 PM	9	7	12	0.25	0.30	2.462	6.580	2.310	2.415	101.95%	CCR-27
53	26-Oct-98	7:03 PM	9	7	12	0.25	0.30	2.470	6.200	2.326	2.415	102.28%	CCR-27
54	27-Oct-98	10:20 AM	11	13	13	0.25	0.30	2.370	4.300	2.272	2.415	98.14%	CCR-27
55	27-Oct-98	10:48 AM	11	13	13	0.25	0.30	2.429	6.040	2.291	2.415	100.58%	CCR-27
56	27-Oct-98	10:56 AM	11	13	13	0.25	0.30	2.439	4.620	2.331	2.415	100.99%	CCR-27
57	27-Oct-98	11:24 AM	12	16	13	0.25	0.30	2.435	4.610	2.328	2.415	100.83%	CCR-27
58	27-Oct-98	11:34 AM	12	16	13	0.25	0.30	2.471	4.510	2.364	2.415	102.32%	CCR-27
59	27-Oct-98	2:06 PM	13	18	14	0.25	0.30	2.399	3.660	2.314	2.415	99.34%	CCR-27
60	27-Oct-98	2:22 PM	13	18	14	0.25	0.30	2.463	3.420	2.382	2.415	101.99%	CCR-27
61	27-Oct-98	2:31 PM	12	16	14	0.25	0.30	2.468	3.990	2.373	2.415	102.19%	CCR-27
62	27-Oct-98	2:48 PM	12	16	14	0.25	0.30	2.472	4.260	2.371	2.415	102.36%	CCR-27
63	27-Oct-98	3:03 PM	12	15	14	0.25	0.30	2.439	4.950	2.324	2.415	100.99%	CCR-27
64	27-Oct-98	5:35 PM	11	13	15	0.25	0.30	2.430	5.210	2.310	2.415	100.62%	CCR-27
65	27-Oct-98	5:51 PM	11	12	15	0.25	0.30	2.356	4.790	2.248	2.415	97.56%	CCR-27
66	27-Oct-98	6:17 PM	11	12	15	0.25	0.30	2.397	4.650	2.290	2.415	99.25%	CCR-27
67	27-Oct-98	6:25 PM	10	10	15	0.25	0.30	2.420	5.400	2.296	2.415	100.21%	CCR-27
68	27-Oct-98	6:40 PM	10	9	15	0.25	0.30	2.408	5.000	2.293	2.415	99.71%	CCR-27
69	28-Oct-98	12:28 PM	12	15	16	0.25	0.30	2.409	4.850	2.298	2.415	99.75%	CCR-27
70	28-Oct-98	2:36 PM	12	18	16	0.25	0.30	2.409	3.690	2.323	2.415	99.75%	CCR-27

ANEXO 7

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

PRESA VERTEDORA - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
71	28-Oct-98	3:31 PM	11	14	16	0.25	0.30	2.452	4.710	2.342	2.415	101.53%	CCR-27
72	28-Oct-98	3:45 PM	11	14	16	0.25	0.30	2.433	4.830	2.321	2.415	100.75%	CCR-27
73	29-Oct-98	4:31 PM	11	13	17	0.25	0.30	2.482	5.220	2.359	2.415	102.77%	CCR-27
74	29-Oct-98	6:50 PM	10	8	17	0.25	0.30	2.472	5.600	2.341	2.415	102.36%	CCR-27
75	29-Oct-98	7:10 PM	10	8	17	0.25	0.30	2.478	5.800	2.342	2.415	102.61%	CCR-27
76	29-Oct-98	6:30 PM	10	9	18	0.25	0.30	2.470	5.310	2.345	2.415	102.28%	CCR-27
77	29-Oct-98	6:34 PM	10	9	18	0.25	0.30	2.485	5.040	2.366	2.415	102.90%	CCR-27
78	29-Oct-98	12:02 PM	13	16	18	0.25	0.30	2.503	5.000	2.384	2.415	103.64%	CCR-27
79	29-Oct-98	12:16 PM	13	16	18	0.25	0.30	2.498	5.520	2.367	2.415	103.44%	CCR-27
80	29-Oct-98	11:14 AM	12	17	19	0.25	0.30	2.355	4.170	2.261	2.415	97.52%	CCR-27
81	29-Oct-98	11:42 AM	12	17	19	0.25	0.30	2.377	4.890	2.266	2.415	98.43%	CCR-27
82	29-Oct-98	2:36 PM	13	18	19	0.25	0.30	2.355	5.760	2.227	2.415	97.52%	CCR-27
83	29-Oct-98	2:46 PM	13	18	19	0.25	0.30	2.461	5.580	2.331	2.415	101.90%	CCR-27
84	31-Oct-98	2:04 PM	12	15	20	0.25	0.30	2.438	5.700	2.307	2.415	100.95%	CCR-27
85	31-Oct-98	2:08 PM	12	15	20	0.25	0.30	2.351	5.500	2.228	2.415	97.35%	CCR-27
86	31-Oct-98	2:26 PM	12	15	20	0.25	0.30	2.454	5.490	2.326	2.415	101.61%	CCR-27
87	31-Oct-98	2:32 PM	11	13	20	0.25	0.30	2.475	5.150	2.354	2.415	102.48%	CCR-27
88	31-Oct-98	2:51 PM	11	13	20	0.25	0.30	2.445	5.600	2.315	2.415	101.24%	CCR-27
89	31-Oct-98	6:40 PM	10	10	21	0.25	0.30	2.398	5.350	2.276	2.415	99.30%	CCR-27
90	31-Oct-98	6:44 PM	9	10	21	0.25	0.30	2.423	5.810	2.290	2.415	100.33%	CCR-27
91	31-Oct-98	6:48 PM	9	9	21	0.25	0.30	2.431	5.260	2.310	2.415	100.66%	CCR-27
92	31-Oct-98	6:56 PM	9	8	21	0.25	0.30	2.399	5.930	2.265	2.415	99.34%	CCR-27
93	2-Nov-98	1:30 PM	14	18	22	0.25	0.30	2.459	5.240	2.337	2.415	101.82%	CCR-27
94	2-Nov-98	1:34 PM	14	18	22	0.25	0.30	2.428	5.670	2.298	2.415	100.54%	CCR-27
95	2-Nov-98	1:43 PM	14	18	22	0.25	0.30	2.389	4.960	2.276	2.415	98.92%	CCR-27
96	2-Nov-98	1:47 PM	14	18	22	0.25	0.30	2.482	5.170	2.360	2.415	102.77%	CCR-27
97	2-Nov-98	2:17 PM	12	15	22	0.25	0.30	2.421	5.430	2.296	2.415	100.25%	CCR-27
98	2-Nov-98	3:14 PM	12	15	22	0.25	0.30	2.445	5.290	2.322	2.415	101.24%	CCR-27
99	2-Nov-98	4:56 PM	12	14	23	0.25	0.30	2.346	4.200	2.251	2.415	97.14%	CCR-27
100	2-Nov-98	5:02 PM	12	14	23	0.25	0.30	2.384	4.790	2.275	2.415	98.72%	CCR-27
101	2-Nov-98	5:47 PM	11	12	23	0.25	0.30	2.430	5.780	2.297	2.415	100.62%	CCR-27
102	2-Nov-98	5:51 PM	11	12	23	0.25	0.30	2.406	5.930	2.271	2.415	99.63%	CCR-27
103	3-Nov-98	11:44 AM	13	17	24	0.23	0.30	2.375	3.950	2.285	2.415	98.34%	CCR-27
104	3-Nov-98	11:51 AM	13	17	24	0.25	0.30	2.402	4.240	2.304	2.415	99.46%	CCR-27
105	3-Nov-98	12:27 PM	13	18	24	0.23	0.30	2.354	4.750	2.247	2.415	97.47%	CCR-27

PRESA VERTEDORA - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo(gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica(gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
106	3-Nov-98	12:31 PM	13	18	24	0.25	0.30	2.444	4.010	2.350	2.415	101.20%	CCR-27
107	3-Nov-98	3:20 PM	12	14	25	0.25	0.30	2.448	4.410	2.345	2.415	101.37%	CCR-27
108	3-Nov-98	3:25 PM	12	14	25	0.25	0.30	2.436	5.000	2.320	2.415	100.87%	CCR-27
109	3-Nov-98	3:48 PM	12	13	25	0.25	0.30	2.400	4.240	2.302	2.415	99.38%	CCR-27
110	3-Nov-98	4:12 PM	12	12	25	0.25	0.30	2.415	4.740	2.306	2.415	100.00%	CCR-27
111	26-Nov-98	6:19 PM	12	9	26	0.15	0.20	2.378	4.960	2.266	2.415	98.47%	CCR-27
112	26-Nov-98	6:24 PM	12	9	26	0.15	0.20	2.469	5.480	2.341	2.415	102.24%	CCR-27
113	26-Nov-98	6:32 PM	12	9	26	0.15	0.20	2.469	5.810	2.333	2.415	102.24%	CCR-27
114	26-Nov-98	6:37 PM	13	8	26	0.15	0.20	2.450	5.530	2.322	2.415	101.45%	CCR-27
115	26-Nov-98	6:44 PM	13	8	26	0.15	0.20	2.500	4.780	2.386	2.415	103.52%	CCR-27
116	26-Nov-98	6:48 PM	12	8	26	0.15	0.20	2.478	6.000	2.338	2.415	102.61%	CCR-27
117	26-Nov-98	6:58 PM	12	7	26	0.15	0.20	2.458	5.870	2.322	2.415	101.78%	CCR-27
118	26-Nov-98	7:18 PM	12	6	27	0.25	0.30	2.424	5.650	2.294	2.415	100.37%	CCR-27
119	26-Nov-98	7:23 PM	12	6	27	0.25	0.30	2.436	5.110	2.318	2.415	100.87%	CCR-27
120	27-Nov-98	12:36 PM	13	15	27	0.25	0.30	2.513	5.340	2.386	2.415	104.06%	CCR-27
121	27-Nov-98	12:40 PM	13	15	27	0.25	0.30	2.375	5.580	2.249	2.415	98.34%	CCR-27
122	27-Nov-98	12:47 PM	13	15	27	0.25	0.30	2.487	4.710	2.375	2.415	102.98%	CCR-27
123	27-Nov-98	4:44 PM	12	10	28	0.25	0.30	2.447	5.040	2.330	2.415	101.33%	CCR-27
124	27-Nov-98	4:50 PM	12	10	28	0.25	0.30	2.474	4.990	2.356	2.415	102.44%	CCR-27
125	27-Nov-98	4:55 PM	12	9	28	0.25	0.30	2.469	5.230	2.346	2.415	102.24%	CCR-27
126	27-Nov-98	5:07 PM	12	9	28	0.25	0.30	2.469	4.930	2.353	2.415	102.24%	CCR-27
127	28-Nov-99	10:39 AM	16	16	29	0.25	0.30	2.448	5.010	2.331	2.415	101.37%	CCR-27
128	28-Nov-99	10:44 AM	14	16	29	0.25	0.30	2.458	4.980	2.341	2.415	101.78%	CCR-27
129	28-Nov-99	10:55 AM	14	16	29	0.25	0.30	2.407	5.310	2.286	2.415	99.67%	CCR-27
130	28-Nov-99	11:03 AM	14	16	29	0.25	0.30	2.425	4.870	2.312	2.415	100.41%	CCR-27
131	28-Nov-99	1:30 PM	13	15	30	0.25	0.30	2.393	5.740	2.263	2.415	99.09%	CCR-27
132	28-Nov-99	1:35 PM	13	15	30	0.25	0.30	2.384	5.350	2.263	2.415	98.72%	CCR-27
133	28-Nov-99	1:50 PM	13	15	30	0.25	0.30	2.375	5.060	2.261	2.415	98.34%	CCR-27
134	30-Nov-98	12:18 PM	13	15	31	0.25	0.30	2.430	4.800	2.319	2.415	100.62%	CCR-27
135	30-Nov-98	12:22 PM	13	15	31	0.25	0.30	2.487	5.760	2.352	2.415	102.98%	CCR-27
136	30-Nov-98	12:27 PM	13	15	31	0.25	0.30	2.416	5.450	2.291	2.415	100.04%	CCR-27
137	30-Nov-98	12:32 PM	13	15	31	0.25	0.30	2.422	5.620	2.293	2.415	100.29%	CCR-27
138	30-Nov-98	4:09 PM	11	12	32	0.25	0.30	2.418	5.220	2.298	2.415	100.12%	CCR-27
139	30-Nov-98	4:12 PM	11	12	32	0.25	0.30	2.433	5.340	2.310	2.415	100.75%	CCR-27
140	30-Nov-98	4:17 PM	11	12	32	0.25	0.30	2.347	5.550	2.224	2.415	97.18%	CCR-27

ANEXO 7

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

PRESA VERTEDORA - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
141	30-Nov-98	4:21 PM	11	12	32	0.25	0.30	2.401	5.060	2.285	2.415	99.42%	CCR-27
142	30-Nov-98	6:25 PM	9	10	33	0.25	0.30	2.380	5.810	2.249	2.415	98.55%	CCR-27
143	30-Nov-98	6:28 PM	9	10	33	0.25	0.30	2.431	5.600	2.302	2.415	100.66%	CCR-27
144	30-Nov-98	6:32 PM	9	10	33	0.25	0.30	2.420	5.600	2.292	2.415	100.21%	CCR-27
145	30-Nov-98	6:36 PM	9	8	33	0.25	0.30	2.402	5.600	2.275	2.415	99.46%	CCR-27
146	1-Dic-98	1:50 PM	11	16	34	0.25	0.30	2.448	5.020	2.331	2.415	101.37%	CCR-27
147	1-Dic-98	1:54 PM	11	16	34	0.25	0.30	2.493	5.870	2.355	2.415	103.23%	CCR-27
148	1-Dic-98	2:08 PM	11	16	34	0.25	0.30	2.446	5.960	2.308	2.415	101.28%	CCR-27
149	1-Dic-98	2:14 PM	11	16	34	0.25	0.30	2.464	6.340	2.317	2.415	102.03%	CCR-27
150	1-Dic-98	4:41 PM	10	12	35	0.25	0.30	2.448	5.590	2.318	2.415	101.37%	CCR-27
151	1-Dic-98	4:48 PM	10	12	35	0.25	0.30	2.370	5.440	2.248	2.415	98.14%	CCR-27
152	1-Dic-98	5:44 PM	10	12	35	0.25	0.30	2.407	5.430	2.283	2.415	99.67%	CCR-27
153	1-Dic-98	6:00 PM	10	12	35	0.25	0.30	2.393	5.910	2.259	2.415	99.09%	CCR-27
154	1-Dic-98	7:22 PM	9	6	36	0.25	0.30	2.420	5.540	2.293	2.415	100.21%	CCR-27
155	1-Dic-98	7:30 PM	9	6	36	0.25	0.30	2.464	5.150	2.343	2.415	102.03%	CCR-27
156	2-Dic-98	10:37 AM	12	15	36	0.25	0.30	2.403	4.890	2.291	2.415	99.50%	CCR-27
157	2-Dic-98	10:45 AM	12	15	36	0.25	0.30	2.447	5.020	2.330	2.415	101.33%	CCR-27
158	2-Dic-98	1:22 PM	13	17	37	0.25	0.30	2.439	5.910	2.303	2.415	100.99%	CCR-27
159	2-Dic-98	1:27 PM	13	17	37	0.25	0.30	2.435	5.660	2.305	2.415	100.83%	CCR-27
160	2-Dic-98	1:31 PM	13	17	37	0.25	0.30	2.425	5.430	2.300	2.415	100.41%	CCR-27
161	2-Dic-98	1:34 PM	13	17	37	0.25	0.30	2.466	5.080	2.347	2.415	102.11%	CCR-27
162	2-Dic-98	5:08 PM	11	12	38	0.25	0.30	2.453	5.940	2.315	2.415	101.57%	CCR-27
163	2-Dic-98	5:12 PM	11	12	38	0.25	0.30	2.448	6.410	2.301	2.415	101.37%	CCR-27
164	2-Dic-98	5:16 PM	11	12	38	0.25	0.30	2.423	5.580	2.295	2.415	100.33%	CCR-27
165	2-Dic-98	5:48 PM	11	12	38	0.25	0.30	2.432	5.080	2.314	2.415	100.70%	CCR-27
166	2-Dic-98	7:31 PM	9	8	39	0.25	0.30	2.422	5.530	2.295	2.415	100.29%	CCR-27
167	2-Dic-98	7:35 PM	9	8	39	0.25	0.30	2.393	5.560	2.267	2.415	99.09%	CCR-27
168	2-Dic-98	7:38 PM	9	8	39	0.25	0.30	2.452	5.090	2.333	2.415	101.53%	CCR-27
169	3-Dic-98	2:59 PM	14	16	39	0.25	0.30	2.361	4.780	2.253	2.415	97.76%	CCR-27
170	3-Dic-98	2:54 PM	13	18	40	0.25	0.30	2.402	4.690	2.294	2.415	99.46%	CCR-27
171	3-Dic-98	3:00 PM	12	17	40	0.25	0.30	2.410	5.000	2.295	2.415	99.79%	CCR-27
172	3-Dic-98	3:08 PM	12	17	40	0.25	0.30	2.406	4.800	2.296	2.415	99.63%	CCR-27
173	4-Dic-98	12:47 PM	12	16	40	0.25	0.30	2.453	5.160	2.333	2.415	101.57%	CCR-27
174	3-Dic-98	5:22 PM	10	11	41	0.25	0.30	2.394	5.170	2.276	2.415	99.13%	CCR-27
175	3-Dic-98	5:22 PM	10	11	41	0.25	0.30	2.421	4.820	2.310	2.415	100.25%	CCR-27

ANEXO 7

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

PRESA VERTEDORA - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
176	5-Dic-98	10:01 AM	12	14	41	0.25	0.30	2.449	6.490	2.300	2.415	101.41%	CCR-27
177	5-Dic-98	10:05 AM	12	14	41	0.25	0.30	2.381	5.660	2.253	2.415	98.59%	CCR-27
178	4-Dic-98	3:15 PM	11	14	42	0.25	0.30	2.387	5.310	2.267	2.415	98.84%	CCR-27
179	4-Dic-98	3:29 PM	11	14	42	0.25	0.30	2.487	5.280	2.362	2.415	102.98%	CCR-27
180	4-Dic-98	3:37 PM	11	14	42	0.25	0.30	2.454	5.520	2.326	2.415	101.61%	CCR-27
181	5-Dic-98	11:48 AM	13	16	42	0.25	0.30	2.406	5.030	2.291	2.415	99.63%	CCR-27
182	5-Dic-98	11:59 AM	13	16	42	0.25	0.30	2.435	5.240	2.314	2.415	100.83%	CCR-27
183	5-Dic-98	2:00 PM	13	17	43	0.25	0.30	2.431	4.790	2.320	2.415	100.66%	CCR-27
184	5-Dic-98	2:05 PM	13	17	43	0.25	0.30	2.416	5.640	2.287	2.415	100.04%	CCR-27
185	5-Dic-98	3:25 PM	12	15	43	0.25	0.30	2.419	4.990	2.304	2.415	100.17%	CCR-27
186	5-Dic-98	3:28 PM	12	15	43	0.25	0.30	2.422	5.460	2.297	2.415	100.29%	CCR-27
187	5-Dic-98	3:32 PM	12	15	43	0.25	0.30	2.476	4.930	2.360	2.415	102.53%	CCR-27
188	5-Dic-98	5:25 PM	11	12	44	0.25	0.30	2.470	5.500	2.341	2.415	102.28%	CCR-27
189	5-Dic-98	5:33 PM	11	12	44	0.25	0.30	2.450	5.530	2.322	2.415	101.45%	CCR-27
190	5-Dic-98	5:38 PM	11	12	44	0.25	0.30	2.428	5.380	2.304	2.415	100.54%	CCR-27
191	7-Dic-98	2:30 PM	14	17	44	0.25	0.30	2.452	6.200	2.309	2.415	101.53%	CCR-27
192	7-Dic-98	2:35 PM	14	17	44	0.25	0.30	2.432	5.830	2.298	2.415	100.70%	CCR-27
193	7-Dic-98	1:15 PM	12	15	45	0.25	0.30	2.446	5.970	2.308	2.415	101.28%	CCR-27
194	7-Dic-98	1:22 PM	12	15	45	0.25	0.30	2.465	6.190	2.321	2.415	102.07%	CCR-27
195	8-Dic-98	10:02 AM	12	14	45	0.25	0.30	2.443	5.400	2.318	2.415	101.16%	CCR-27
196	8-Dic-98	10:22 AM	12	14	45	0.25	0.30	2.461	5.050	2.343	2.415	101.90%	CCR-27
197	8-Dic-98	11:48 AM	12	15	46	0.25	0.30	2.384	5.650	2.257	2.415	98.72%	CCR-27
198	8-Dic-98	11:52 AM	12	15	46	0.25	0.30	2.500	5.740	2.364	2.415	103.52%	CCR-27
199	8-Dic-98	1:45 PM	13	17	46	0.25	0.30	2.490	6.000	2.349	2.415	103.11%	CCR-27
200	8-Dic-98	1:50 PM	13	17	46	0.25	0.30	2.478	5.900	2.340	2.415	102.61%	CCR-27
201	8-Dic-98	4:27 PM	12	13	47	0.25	0.30	2.441	5.510	2.314	2.415	101.08%	CCR-27
202	8-Dic-98	4:32 PM	12	13	47	0.25	0.30	2.441	5.290	2.318	2.415	101.08%	CCR-27
203	8-Dic-98	5:13 PM	11	10	47	0.25	0.30	2.373	5.380	2.252	2.415	98.26%	CCR-27
204	8-Dic-98	5:20 PM	11	10	47	0.25	0.30	2.382	5.430	2.259	2.415	98.63%	CCR-27
205	8-Dic-98	6:21 PM	9	7	48	0.25	0.30	2.496	5.170	2.373	2.415	103.35%	CCR-27
206	9-Dic-98	12:01 PM	13	16	48	0.25	0.30	2.367	5.000	2.254	2.415	98.01%	CCR-27
207	9-Dic-98	12:13 PM	13	16	48	0.25	0.30	2.415	5.480	2.290	2.415	100.00%	CCR-27
208	9-Dic-98	12:16 PM	13	16	48	0.25	0.30	2.436	5.490	2.309	2.415	100.87%	CCR-27
209	8-Dic-98	7:05 PM	10	6	49	0.25	0.30	2.477	5.500	2.348	2.415	102.57%	CCR-27
210	9-Dic-98	2:53 PM	13	15	49	0.25	0.30	2.393	5.620	2.266	2.415	99.09%	CCR-27

ANEXO 7

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

PRESA VERTEDORA - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
211	9-Dic-98	2:57 PM.	13	15	49	0.25	0.30	2.483	5.220	2.360	2.415	102.82%	CCR-27
212	9-Dic-98	4:13 PM	11	12	49	0.25	0.30	2.434	5.380	2.310	2.415	100.79%	CCR-27
213	9-Dic-98	2:06 PM	13	15	50	0.25	0.30	2.424	5.470	2.298	2.415	100.37%	CCR-27
214	9-Dic-98	6:45 PM	11	10	50	0.25	0.30	2.461	5.760	2.327	2.415	101.90%	CCR-27
215	9-Dic-98	6:49 PM	11	10	50	0.25	0.30	2.438	6.100	2.298	2.415	100.95%	CCR-27
216	9-Dic-98	7:02 PM	9	7	50	0.25	0.30	2.420	5.540	2.293	2.415	100.21%	CCR-27
217	9-Dic-98	6:35 PM	10	8	51	0.25	0.30	2.430	5.880	2.295	2.415	100.62%	CCR-27
218	10-Dic-98	4:57 PM	11	11	51	0.25	0.30	2.423	6.090	2.284	2.415	100.33%	CCR-27
219	10-Dic-98	5:01 PM	11	11	51	0.25	0.30	2.457	5.950	2.319	2.415	101.74%	CCR-27
220	11-Dic-98	2:50 PM	12	14	51	0.25	0.30	2.426	5.660	2.296	2.415	100.46%	CCR-27
221	10-Dic-98	4:54 PM	10	12	52	0.25	0.30	2.450	5.210	2.329	2.415	101.45%	CCR-27
222	11-Dic-98	2:46 PM	13	15	52	0.25	0.30	2.428	5.200	2.308	2.415	100.54%	CCR-27
223	11-Dic-98	6:24 PM	10	6	52	0.25	0.30	2.418	5.370	2.295	2.415	100.12%	CCR-27
224	11-Dic-98	2:07 PM	13	16	53	0.25	0.30	2.388	5.400	2.266	2.415	98.88%	CCR-27
225	11-Dic-98	2:10 PM	13	16	53	0.25	0.30	2.403	5.720	2.273	2.415	99.50%	CCR-27
226	11-Dic-98	6:20 PM	11	11	53	0.25	0.30	2.381	5.120	2.265	2.415	98.59%	CCR-27
227	11-Dic-98	7:49 PM	9	5	53	0.25	0.30	2.445	5.810	2.311	2.415	101.24%	CCR-27
228	11-Dic-98	5:03 PM	11	10	54	0.25	0.30	2.378	5.610	2.252	2.415	98.47%	CCR-27
229	11-Dic-98	5:06 PM	11	10	54	0.25	0.30	2.459	5.870	2.323	2.415	101.82%	CCR-27
230	12-Dic-98	12:43 PM	12	14	54	0.25	0.30	2.444	4.020	2.350	2.415	101.20%	CCR-27
231	12-Dic-98	12:48 PM	12	14	54	0.25	0.30	2.447	5.990	2.309	2.415	101.33%	CCR-27
232	11-Dic-98	7:34 PM	9	5	55	0.25	0.30	2.398	5.260	2.278	2.415	99.30%	CCR-27
233	11-Dic-98	7:38 PM	9	5	55	0.25	0.30	2.443	4.830	2.330	2.415	101.16%	CCR-27
234	12-Dic-98	4:31 PM	11	12	55	0.25	0.30	2.393	5.700	2.264	2.415	99.09%	CCR-27
235	12-Dic-98	4:35 PM	11	12	55	0.25	0.30	2.396	5.550	2.270	2.415	99.21%	CCR-27
236	12-Dic-98	12:11 PM	13	17	56	0.25	0.30	2.446	5.580	2.317	2.415	101.28%	CCR-27
237	12-Dic-98	12:16 PM	13	17	56	0.25	0.30	2.396	5.300	2.275	2.415	99.21%	CCR-27
238	12-Dic-98	6:04 PM	10	8	56	0.25	0.30	2.403	5.860	2.270	2.415	99.50%	CCR-27
239	12-Dic-98	3:46 PM	12	14	57	0.25	0.30	2.410	4.960	2.296	2.415	99.79%	CCR-27
240	12-Dic-98	3:50 PM	12	14	57	0.25	0.30	2.454	5.460	2.327	2.415	101.61%	CCR-27
241	13-Dic-98	11:30 AM	13	15	57	0.25	0.30	2.430	5.610	2.301	2.415	100.62%	CCR-27
242	13-Dic-98	11:35 AM	13	15	57	0.25	0.30	2.459	5.420	2.333	2.415	101.82%	CCR-27
243	15-Dic-98	11:57 AM	13	16	58	0.25	0.30	2.456	5.680	2.324	2.415	101.70%	CCR-27
244	15-Dic-98	12:05 PM	13	16	58	0.25	0.30	2.487	5.770	2.351	2.415	102.98%	CCR-27
245	15-Dic-98	12:38 PM	13	17	58	0.25	0.30	2.447	5.400	2.322	2.415	101.33%	CCR-27

ANEXO 7

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

PRESA VERTEDORA - CONTROL DE COMPACTACION

Equipo : Densímetro Nuclear
 Modelo : CPN Portaprobe MC3

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		N° Capa	Profundidad Barra (m.)	Espesor Capa (m.)	Densidad Campo (gr/cc)	% Humedad	Densidad Seca (gr/cc)	Densidad Teórica (gr/cc)	% Compactación	DISEÑO
			CCR	Ambiente									
246	15-Dic-98	12:42 PM	13	17	58	0.25	0.30	2.477	6.510	2.326	2.415	102.57%	CCR-27
247	15-Dic-98	3:52 PM	12	14	59	0.25	0.30	2.414	5.640	2.285	2.415	99.96%	CCR-27
248	15-Dic-98	3:56 PM	12	14	59	0.25	0.30	2.417	6.070	2.279	2.415	100.08%	CCR-27
249	15-Dic-98	4:54 PM	11	11	59	0.25	0.30	2.425	5.370	2.301	2.415	100.41%	CCR-27
250	15-Dic-98	6:30 PM	10	8	59	0.25	0.30	2.426	6.460	2.279	2.415	100.46%	CCR-27
251	15-Dic-98	6:35 PM	10	8	60	0.25	0.30	2.482	5.470	2.353	2.415	102.77%	CCR-27
252	15-Dic-98	6:38 PM	10	8	60	0.25	0.30	2.474	5.620	2.342	2.415	102.44%	CCR-27
253	16-Dic-98	12:28 PM	13	15	60	0.25	0.30	2.414	5.880	2.280	2.415	99.96%	CCR-27
254	16-Dic-98	12:32 PM	13	15	60	0.25	0.30	2.434	5.910	2.298	2.415	100.79%	CCR-27
255	16-Dic-98	11:00 AM	12	14	61	0.25	0.30	2.442	5.680	2.311	2.415	101.12%	CCR-27
256	16-Dic-98	11:05 AM	12	14	61	0.25	0.30	2.449	5.270	2.326	2.415	101.41%	CCR-27
257	16-Dic-98	3:37 PM	11	12	61	0.25	0.30	2.390	5.720	2.261	2.415	98.96%	CCR-27
258	16-Dic-98	3:40 PM	11	12	61	0.25	0.30	2.485	4.930	2.368	2.415	102.90%	CCR-27
259	16-Dic-98	3:30 PM	11	12	62	0.25	0.30	2.420	5.200	2.300	2.415	100.21%	CCR-27
260	16-Dic-98	3:35 PM	11	12	62	0.25	0.30	2.412	5.000	2.297	2.415	99.88%	CCR-27
261	17-Dic-98	12:37 PM	12	16	62	0.25	0.30	2.422	5.690	2.292	2.415	100.29%	CCR-27
262	17-Dic-98	12:41 PM	12	16	62	0.25	0.30	2.428	5.350	2.305	2.415	100.54%	CCR-27
263	17-Dic-98	11:33 AM	12	16	63	0.25	0.30	2.403	5.880	2.270	2.415	99.50%	CCR-27
264	17-Dic-98	11:40 AM	12	16	63	0.25	0.30	2.376	4.930	2.264	2.415	98.39%	CCR-27
265	17-Dic-98	4:07 PM	11	14	63	0.25	0.30	2.432	5.710	2.301	2.415	100.70%	CCR-27
266	17-Dic-98	4:34 PM	11	14	63	0.25	0.30	2.492	5.190	2.369	2.415	103.19%	CCR-27
267	17-Dic-98	3:34 PM	12	15	64	0.25	0.30	2.463	5.390	2.337	2.415	101.99%	CCR-27
268	17-Dic-98	3:37 PM	12	15	64	0.25	0.30	2.382	5.460	2.259	2.415	98.63%	CCR-27
269	17-Dic-98	1:48 PM	13	16	64	0.25	0.30	2.432	5.350	2.308	2.415	100.70%	CCR-27
270	17-Dic-98	2:00 PM	13	16	64	0.25	0.30	2.404	5.270	2.284	2.415	99.54%	CCR-27
271	17-Dic-98	5:00 PM	10	12	65	0.25	0.30	2.414	5.500	2.288	2.415	99.96%	CCR-27
272	17-Dic-98	5:20 PM	10	12	65	0.25	0.30	2.418	5.300	2.296	2.415	100.12%	CCR-27
273	17-Dic-98	5:04 PM	10	13	65	0.25	0.30	2.442	5.790	2.308	2.415	101.12%	CCR-27
274	17-Dic-98	6:18 PM	9	10	65	0.25	0.30	2.488	5.220	2.365	2.415	103.02%	CCR-27
275	18-Dic-98	4:10 PM	11	13	66	0.23	0.30	2.458	5.730	2.325	2.415	101.78%	CCR-27
276	18-Dic-98	4:31 PM	11	13	66	0.25	0.30	2.457	5.900	2.320	2.415	101.74%	CCR-27
277	18-Dic-98	7:29 PM	8	5	66	0.25	0.30	2.458	5.000	2.341	2.415	101.78%	CCR-27
278	18-Dic-98	7:33 PM	8	5	66	0.25	0.30	2.425	5.730	2.294	2.415	100.41%	CCR-27
279	18-Dic-98	6:46 PM	9	6	67	0.25	0.30	2.391	5.170	2.273	2.415	99.01%	CCR-27
280	18-Dic-98	6:51 PM	9	6	67	0.25	0.30	2.390	4.940	2.277	2.415	98.96%	CCR-27

PRESA VERTEDORA - CONTROL DE COMPACTACION

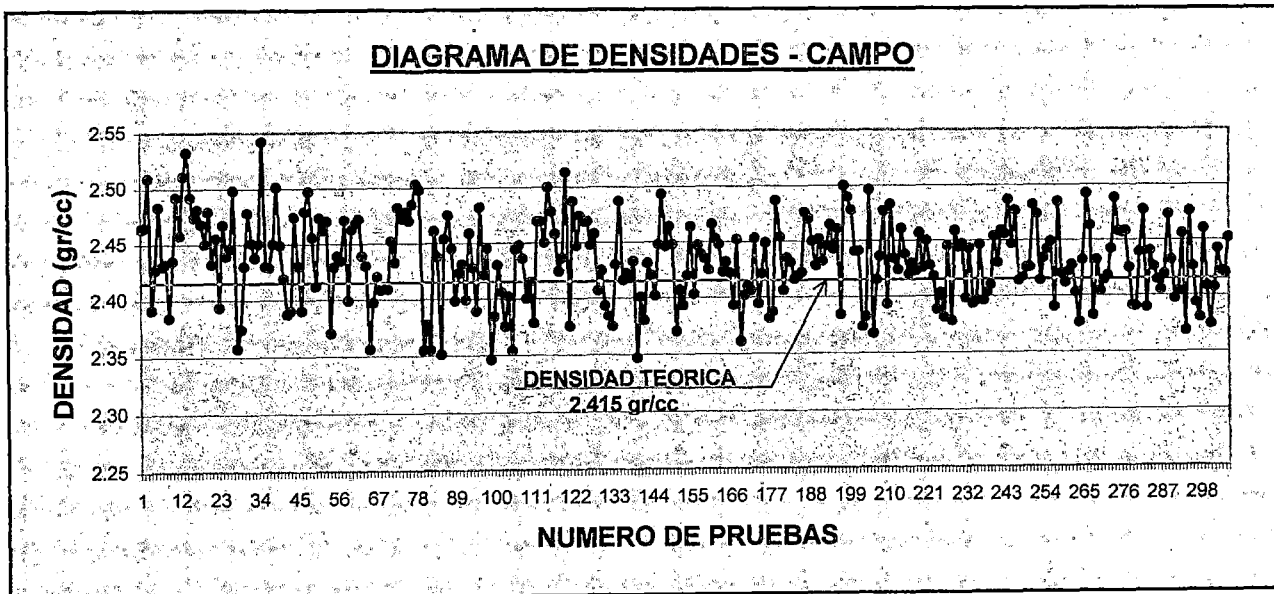
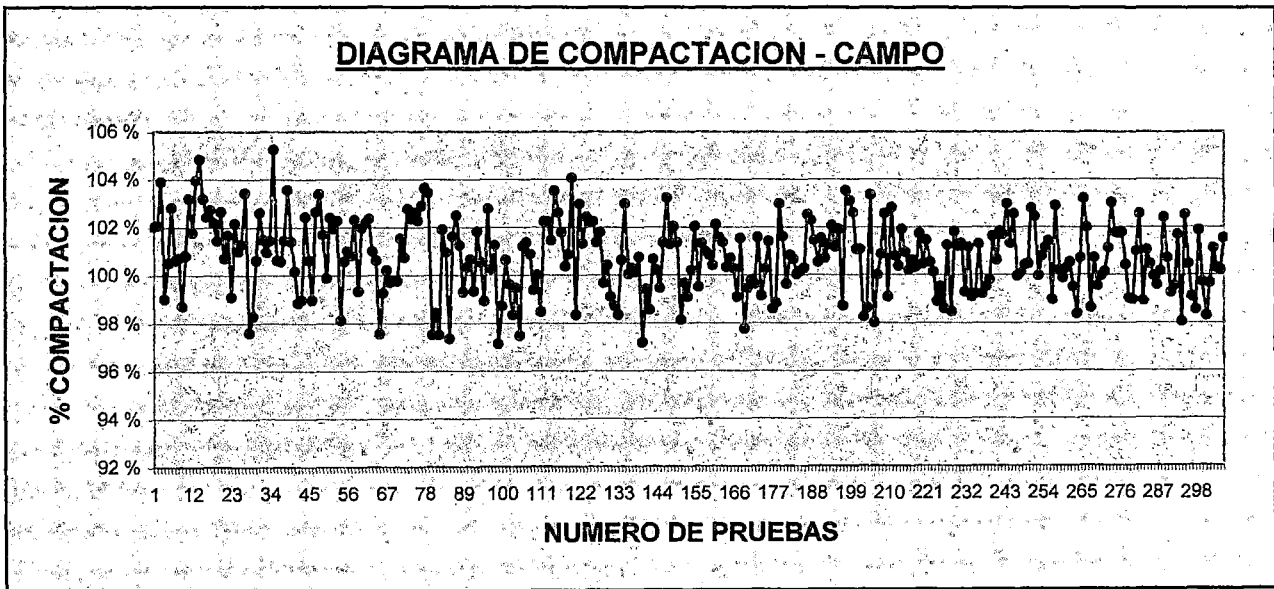
ESTRUCTURA : PRESA VERTEDORA

FECHA : 20-Oct-98

a

21-Dec-98

	Temperatura °C		Densidad	%	Densidad	%
	CCR	Ambiente	Campo (gr/cc)	Humedad	Teórica (gr/cc)	Compactación
Nro. de Pruebas	306	306	306	306	306	306
Promedio	11.569	13.170	2.434	5.419	2.415	1.008
Desv. Estandar	1.397	3.421	0.037	0.517	0.00	0.015
Coef. Variación	12.074	25.975	1.509	9.536	0.00	1.509



ANEXO 8

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

CONSISTENCIA VEBE CCR - CONTROL LABORATORIO PRESAS ANTACOTO

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		Densidad Laboratorio(gr/cc)	% Humedad	Densidad Teórica(gr/cc)	% Compactación	Tiempo Vebe (seg)	DISEÑO
			CCR	Ambiente						
1	02-Ago-98	9:00 AM	10	8	2.469	-	2.415	102.24%	120	CCR-27
2	20-Ago-98	9:15 AM	10	9	2.491	-	2.415	103.15%	120	CCR-27
3	20-Ago-98	9:30 AM	10	11	2.433	-	2.415	100.75%	120	CCR-27
4	20-Ago-98	9:45 AM	10	11	2.448	-	2.415	101.37%	120	CCR-27
5	25-Ago-98	9:50 AM	10	11.5	2.491	-	2.415	103.15%	120	CCR-27
6	26-Ago-98	9:10 AM	10	11	2.448	-	2.415	101.37%	120	CCR-27
7	26-Ago-98	9:30 AM	10	11.2	2.433	-	2.415	100.75%	120	CCR-27
8	26-Ago-98	11:00 AM	10	11	2.459	-	2.415	101.82%	120	CCR-27
9	26-Ago-98	11:30 AM	10.2	11	2.451	-	2.415	101.49%	120	CCR-27
10	27-Ago-98	9:00 AM	12	11	2.458	-	2.415	101.78%	120	CCR-27
11	31-Ago-98	10:20 AM	10	11.4	2.454	-	2.415	101.61%	120	CCR-27
12	01-Sep-98	10:00 AM	10	11.3	2.430	6.80	2.415	100.62%	120	CCR-27
13	02-Sep-98	9:45 AM	10	13	2.443	-	2.415	101.16%	120	CCR-27
14	03-Sep-98	9:20 AM	10	9	2.373	6.60	2.415	98.26%	120	CCR-27
15	03-Sep-98	12:00 PM	10	12	2.381	6.70	2.415	98.59%	120	CCR-27
16	05-Sep-98	9:15 AM	10	12	2.422	-	2.415	100.29%	120	CCR-27
17	05-Sep-98	9:30 AM	10	11	2.449	6.70	2.415	101.41%	120	CCR-27
18	07-Sep-98	1:10 PM	10.2	11	2.396	-	2.415	99.21%	120	CCR-27
19	08-Sep-98	2:50 PM	10.2	12	2.463	7.00	2.415	101.99%	120	CCR-27
20	09-Sep-98	2:40 PM	13	12	2.404	6.30	2.415	99.54%	120	CCR-27
21	10-Sep-98	9:00 AM	12	12.5	2.440	6.50	2.415	101.04%	120	CCR-27
22	10-Sep-98	1:50 PM	10	12	2.487	6.60	2.415	102.98%	120	CCR-27
23	11-Sep-98	10:20 AM	13	12.5	2.407	-	2.415	99.67%	120	CCR-27
24	11-Sep-98	11:45 AM	13	13	2.415	6.30	2.415	100.00%	120	CCR-27
25	11-Sep-98	3:00 PM	10	13	2.458	6.40	2.415	101.78%	120	CCR-27
26	12-Sep-98	9:10 AM	11	13	2.455	6.50	2.415	101.66%	120	CCR-27
27	12-Sep-98	1:40 PM	11	12.5	2.441	-	2.415	101.08%	120	CCR-27
28	12-Sep-98	2:10 PM	12	12	2.419	6.20	2.415	100.17%	120	CCR-27
29	12-Sep-98	4:00 PM	10	11.5	2.401	-	2.415	99.42%	120	CCR-27
30	13-Sep-98	8:50 AM	10	8	2.464	6.40	2.415	102.03%	120	CCR-27
31	14-Sep-98	9:20 AM	10	9	2.422	-	2.415	100.29%	120	CCR-27
32	14-Sep-98	11:00 AM	12	9.5	2.482	7.00	2.415	102.77%	120	CCR-27
33	14-Sep-98	11:10 AM	12	9.5	2.385	6.50	2.415	98.76%	120	CCR-27
34	14-Sep-98	1:30 PM	13	10.5	2.403	-	2.415	99.50%	120	CCR-27
35	15-Sep-98	10:00 AM	12	12	2.458	7.00	2.415	101.78%	120	CCR-27

ANEXO 8

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACocha - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

CONSISTENCIA VEBE CCR - CONTROL LABORATORIO PRESAS ANTACOTO

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		Densidad Laboratorio(gr/cc)	% Humedad	Densidad Teórica(gr/cc)	% Compactación	Tiempo Vebe (seg)	DISEÑO
			CCR	Ambiente						
36	15-Sep-98	8:40 AM	12	12	2.453	-	2.415	101.57%	120	CCR-27
37	15-Sep-98	3:15 PM	10	8	2.419	-	2.415	100.17%	120	CCR-27
38	16-Sep-98	10:20 AM	12	11	2.442	6.00	2.415	101.12%	120	CCR-27
39	16-Sep-98	1:40 PM	12	16	2.435	6.20	2.415	100.83%	120	CCR-27
40	17-Sep-98	8:30 AM	10	14	2.386	6.30	2.415	98.80%	120	CCR-27
41	17-Sep-98	12:00 PM	12	15	2.488	6.20	2.415	103.02%	120	CCR-27
42	17-Sep-98	2:40 PM	12	14	2.430	6.30	2.415	100.62%	120	CCR-27
43	18-Sep-98	8:55 AM	10	13	2.499	6.70	2.415	103.48%	120	CCR-27
44	18-Sep-98	3:50 PM	12	10	2.492	7.40	2.415	103.19%	120	CCR-27
45	19-Sep-98	11:10 AM	14	15	2.411	7.50	2.415	99.83%	120	CCR-27
46	21-Sep-98	10:05 AM	13	16	2.422	6.60	2.415	100.29%	120	CCR-27
47	21-Sep-98	12:05 PM	13	13.5	2.422	6.20	2.415	100.29%	120	CCR-27
48	21-Sep-98	1:45 PM	13	13.5	2.367	6.80	2.415	98.01%	120	CCR-27
49	22-Sep-98	12:05 PM	13	13.5	2.422	6.20	2.415	100.29%	120	CCR-27
50	23-Sep-98	10:20 AM	12	16	2.464	6.60	2.415	102.03%	120	CCR-27
51	23-Sep-98	2:52 PM	12	14	2.451	6.30	2.415	101.49%	120	CCR-27
52	24-Sep-98	11:15 AM	14	13	2.365	7.00	2.415	97.93%	120	CCR-27
53	24-Sep-98	2:14 PM	12	13	2.483	7.00	2.415	102.82%	120	CCR-27
54	25-Sep-98	10:50 AM	12	10	2.351	6.20	2.415	97.35%	120	CCR-27
55	25-Sep-98	2:59 PM	12	11.5	2.397	6.40	2.415	99.25%	120	CCR-27
56	26-Sep-98	1:08 PM	14	19	2.446	7.70	2.415	101.28%	120	CCR-27
57	28-Sep-98	11:10 AM	13	16	2.388	7.00	2.415	98.88%	120	CCR-27
58	28-Sep-98	12:55 PM	10	8	2.435	7.00	2.415	100.83%	120	CCR-27
59	29-Sep-98	8:20 AM	10	13.5	2.406	7.50	2.415	99.63%	120	CCR-27
60	29-Sep-98	1:05 PM	14	20	2.403	7.80	2.415	99.50%	120	CCR-27
61	29-Sep-98	5:46 PM	12	10	2.393	7.50	2.415	99.09%	120	CCR-27
62	30-Sep-98	1:10 PM	12	12	2.411	7.50	2.415	99.83%	120	CCR-27
63	30-Sep-98	2:12 PM	12	12	2.393	7.80	2.415	99.09%	120	CCR-27
64	01-Oct-98	10:20 AM	12	11	2.390	8.00	2.415	98.96%	120	CCR-27
65	01-Oct-98	2:40 PM	9	7	2.379	8.00	2.415	98.51%	120	CCR-27
66	02-Oct-98	9:00 AM	12	10	2.484	7.80	2.415	102.86%	120	CCR-27
67	02-Oct-98	2:05 PM	14	15	2.362	7.30	2.415	97.81%	120	CCR-27
68	02-Oct-98	3:30 PM	12	13	2.391	7.80	2.415	99.01%	120	CCR-27
69	03-Oct-98	11:01 AM	14	17	2.376	7.70	2.415	98.39%	120	CCR-27
70	04-Oct-98	9:45 AM	12	11	2.400	7.80	2.415	99.38%	120	CCR-27

ANEXO 8

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

CONSISTENCIA VEBE CCR - CONTROL LABORATORIO PRESAS ANTACOTO

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		Densidad	%	Densidad	%	Tiempo	DISEÑO
			CCR	Ambiente	Laboratorio(gr/cc)	Humedad	Teórica(gr/cc)	Compactación	Vebe (seg)	
71	04-Oct-98	10:55 AM	12	12	2.408	7.60	2.415	99.71%	120	CCR-27
72	05-Oct-98	10:30 AM	12	16	2.393	7.60	2.415	99.09%	120	CCR-27
73	05-Oct-98	1:28 PM	13	17	2.345	7.90	2.415	97.10%	120	CCR-27
74	06-Oct-98	9:20 AM	11	16	2.460	7.80	2.415	101.86%	120	CCR-27
75	06-Oct-98	10:50 AM	12	13	2.454	8.00	2.415	101.61%	120	CCR-27
76	06-Oct-98	2:40 PM	12	13	2.413	8.10	2.415	99.92%	120	CCR-27
77	07-Oct-98	9:54 AM	12	16	2.486	8.10	2.415	102.94%	120	CCR-27
78	14-Oct-98	10:04 AM	10	11	2.424	8.00	2.415	100.37%	120	CCR-27
79	14-Oct-98	1:06 PM	13	13	2.364	7.40	2.415	97.89%	120	CCR-27
80	14-Oct-98	4:40 PM	11	10	2.411	7.90	2.415	99.83%	120	CCR-27
81	15-Oct-98	12:05 PM	14	17	2.414	7.80	2.415	99.96%	120	CCR-27
82	15-Oct-98	3:50 PM	12	15	2.447	7.80	2.415	101.33%	120	CCR-27
83	16-Oct-98	8:45 AM	10	12	2.380	8.20	2.415	98.55%	120	CCR-27
84	17-Oct-98	10:00 AM	13	14	2.380	7.80	2.415	98.55%	120	CCR-27
85	17-Oct-98	2:00 PM	14	17	2.404	8.00	2.415	99.54%	120	CCR-27
86	18-Oct-98	11:00 AM	13	19	2.403	7.90	2.415	99.50%	120	CCR-27
87	19-Oct-98	3:12 PM	11	13	2.431	8.00	2.415	100.66%	120	CCR-27
88	20-Oct-98	11:00 AM	13	12	2.335	7.40	2.415	96.69%	120	CCR-27
89	20-Oct-98	1:35 PM	11	12	2.414	7.80	2.415	99.96%	120	CCR-27
90	20-Oct-98	3:20 PM	12	11	2.375	7.60	2.415	98.34%	120	CCR-27
91	21-Oct-98	1:30 PM	12	9	2.413	7.50	2.415	99.92%	120	CCR-27
92	21-Oct-98	2:08 PM	13	16	2.413	7.50	2.415	99.92%	120	CCR-27
93	21-Oct-98	3:50 PM	12	6.5	2.408	8.00	2.415	99.71%	120	CCR-27
94	22-Oct-98	8:40 AM	10	10	2.400	7.80	2.415	99.38%	120	CCR-27
95	22-Oct-98	10:13 AM	12	13	2.400	8.30	2.415	99.38%	120	CCR-27
96	23-Oct-98	9:40 AM	10	10	2.431	7.90	2.415	100.66%	120	CCR-27
97	23-Oct-98	10:42 AM	10	13	2.392	7.90	2.415	99.05%	120	CCR-27
98	23-Oct-98	2:30 PM	11	12	2.417	8.10	2.415	100.08%	120	CCR-27
99	24-Oct-98	9:00 AM	10	8	2.397	8.00	2.415	99.25%	120	CCR-27
100	26-Oct-98	9:05 AM	14	20	2.409	8.00	2.415	99.75%	120	CCR-27
101	26-Oct-98	9:50 AM	14	21	2.386	7.70	2.415	98.80%	120	CCR-27
102	26-Oct-98	4:20 PM	12	14	2.413	8.00	2.415	99.92%	120	CCR-27
103	27-Oct-98	9:15 AM	11	22	2.396	7.80	2.415	99.21%	120	CCR-27
104	27-Oct-98	1:38 PM	12	16	2.414	8.20	2.415	99.96%	120	CCR-27
105	27-Oct-98	3:55 PM	12	13	2.360	6.50	2.415	97.72%	120	CCR-27

ANEXO 8

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

CONSISTENCIA VEBE CCR - CONTROL LABORATORIO PRESAS ANTACOTO

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		Densidad Laboratorio(gr/cc)	% Humedad	Densidad Teórica(gr/cc)	% Compactación	Tiempo Vebe (seg)	DISEÑO
			CCR	Ambiente						
106	28-Oct-98	11:00 AM	14	20	2.373	7.80	2.415	98.26%	120	CCR-27
107	28-Oct-98	5:00 PM	12	14	2.378	7.00	2.415	98.47%	120	CCR-27
108	28-Oct-98	5:35 PM	12	11	2.366	7.20	2.415	97.97%	120	CCR-27
109	29-Oct-98	10:22 AM	11	11	2.399	7.80	2.415	99.34%	120	CCR-27
110	30-Oct-98	10:00 AM	9	7	2.397	7.90	2.415	99.25%	120	CCR-27
111	30-Oct-98	5:25 PM	10	8	2.434	7.90	2.415	100.79%	120	CCR-27
112	31-Oct-98	10:00 AM	11	10	2.383	7.60	2.415	98.67%	120	CCR-27
113	31-Oct-98	10:40 AM	11	11	2.374	7.80	2.415	98.30%	120	CCR-27
114	02-Nov-98	11:35 AM	12	14	2.468	7.90	2.415	102.19%	120	CCR-27
115	02-Nov-98	11:50 AM	12	14	2.440	7.90	2.415	101.04%	120	CCR-27
116	02-Nov-98	3:55 PM	12	13	2.416	7.60	2.415	100.04%	120	CCR-27
117	03-Nov-98	8:50 AM	11	13	2.402	6.90	2.415	99.46%	120	CCR-27
118	03-Nov-98	1:52 PM	12	15	2.400	6.30	2.415	99.38%	120	CCR-27
119	03-Nov-98	3:14 PM	12	14	2.365	6.80	2.415	97.93%	120	CCR-27
120	03-Nov-98	5:48 PM	11	8	2.381	7.00	2.415	98.59%	120	CCR-27
121	04-Nov-98	1:45 PM	14	16	2.402	7.60	2.415	99.46%	120	CCR-27
122	04-Nov-98	3:10 PM	13	18	2.397	7.40	2.415	99.25%	120	CCR-27
123	04-Nov-98	4:06 PM	12	12	2.412	8.00	2.415	99.88%	120	CCR-27
124	05-Nov-98	3:00 PM	13	14	2.440	8.00	2.415	101.04%	120	CCR-27
125	05-Nov-98	3:40 PM	12	13	2.435	8.10	2.415	100.83%	120	CCR-27
126	06-Nov-98	9:10 AM	13	16	2.404	7.00	2.415	99.54%	120	CCR-27
127	06-Nov-98	1:25 PM	13	19	2.392	7.10	2.415	99.05%	120	CCR-27
128	06-Nov-98	4:00 PM	11	14	2.393	7.20	2.415	99.09%	120	CCR-27
129	07-Nov-98	3:30 PM	13	15	2.444	8.00	2.415	101.20%	120	CCR-27
130	09-Nov-98	10:50 AM	13	15	2.409	6.50	2.415	99.75%	120	CCR-27
131	10-Nov-98	9:00 AM	10	13	2.424	7.40	2.415	100.37%	120	CCR-27
132	10-Nov-98	12:20 PM	11	10	2.402	7.10	2.415	99.46%	120	CCR-27
133	11-Nov-98	10:30 AM	14	17.5	2.429	7.80	2.415	100.58%	120	CCR-27
134	11-Nov-98	2:08 PM	13	16	2.364	5.90	2.415	97.89%	120	CCR-27
135	12-Nov-98	10:45 AM	13	19	2.420	7.20	2.415	100.21%	120	CCR-27
136	12-Nov-98	3:58 PM	11	11.5	2.462	7.80	2.415	101.95%	120	CCR-27
137	13-Nov-98	8:35 AM	11	12	2.399	6.40	2.415	99.34%	120	CCR-27
138	14-Nov-98	11:03 AM	11	11	2.472	7.00	2.415	102.36%	120	CCR-27
139	17-Nov-98	10:00 AM	13	13	2.373	6.10	2.415	98.26%	120	CCR-27
140	17-Nov-98	2:10 PM	11	11.5	2.361	6.40	2.415	97.76%	120	CCR-27

ANEXO 8

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

CONSISTENCIA VEBE CCR - CONTROL LABORATORIO PRESAS ANTACOTO

Ensayo Nro.	Fecha	Hora	Temperatura °C		Densidad Laboratorio(gr/cc)	% Humedad	Densidad Teórica(gr/cc)	% Compactación	Tiempo Vebe (seg)	DISEÑO
			CCR	Ambiente						
141	19-Nov-98	9:30 AM	13	20	2.436	7.70	2.415	100.87%	120	CCR-27
142	20-Nov-98	3:07 PM	15	13	2.453	7.30	2.415	101.57%	120	CCR-27
143	21-Nov-98	10:08 AM	13	13	2.381	5.50	2.415	98.59%	120	CCR-27
144	22-Nov-98	9:10 AM	10	12	2.453	7.00	2.415	101.57%	120	CCR-27
145	30-Nov-98	9:50 AM	12	17	2.353	6.10	2.415	97.43%	120	CCR-27
146	30-Nov-98	10:11 AM	13	18	2.458	7.60	2.415	101.78%	120	CCR-27
147	01-Dic-98	2:00 PM	11	15	2.394	6.00	2.415	99.13%	120	CCR-27
148	02-Dic-98	3:20 PM	10	15	2.451	7.00	2.415	101.49%	120	CCR-27
149	02-Dic-98	4:40 PM	10	13	2.524	7.20	2.415	104.51%	120	CCR-27
150	03-Dic-98	12:30 PM	13	16	2.493	6.80	2.415	103.23%	120	CCR-27
151	03-Dic-98	4:30 PM	10	12	2.416	7.00	2.415	100.04%	120	CCR-27
152	04-Dic-98	12:40 PM	14	18	2.448	7.40	2.415	101.37%	120	CCR-27
153	05-Dic-98	8:20 AM	10	13	2.423	7.00	2.415	100.33%	120	CCR-27
154	05-Dic-98	1:46 PM	12	19	2.497	7.20	2.415	103.40%	120	CCR-27
155	07-Dic-98	11:40 AM	14	15	2.420	7.80	2.415	100.21%	120	CCR-27
156	08-Dic-98	8:30 AM	10	20	2.482	8.20	2.415	102.77%	120	CCR-27
157	08-Dic-98	12:35 PM	12	11	2.462	7.30	2.415	101.95%	120	CCR-27
158	08-Dic-98	3:42 PM	8	8	2.398	6.80	2.415	99.30%	120	CCR-27
159	09-Dic-98	10:00 AM	12	15	2.456	6.60	2.415	101.70%	120	CCR-27
160	09-Dic-98	1:18 PM	12	14	2.428	6.90	2.415	100.54%	120	CCR-27
161	09-Dic-98	4:48 PM	10	7.5	2.384	6.70	2.415	98.72%	120	CCR-27
162	10-Dic-98	2:45 PM	10	8	2.424	7.00	2.415	100.37%	120	CCR-27
163	10-Dic-98	4:15 PM	10	7	2.384	7.80	2.415	98.72%	120	CCR-27
164	11-Dic-98	12:00 PM	14	15	2.433	7.60	2.415	100.75%	120	CCR-27
165	12-Dic-98	10:38 AM	12	18	2.427	8.00	2.415	100.50%	120	CCR-27
166	12-Dic-98	3:10 PM	12	14	2.412	7.90	2.415	99.88%	120	CCR-27
167	15-Dic-98	11:00 AM	13	17	2.391	7.60	2.415	99.01%	120	CCR-27
168	15-Dic-98	3:10 PM	11	13	2.395	7.80	2.415	99.17%	120	CCR-27
169	16-Dic-98	11:25 AM	13	15	2.408	7.00	2.415	99.71%	120	CCR-27
170	16-Dic-98	2:50 PM	11	12	2.400	6.50	2.415	99.38%	120	CCR-27
171	17-Dic-98	9:55 AM	10	8	2.393	7.00	2.415	99.09%	120	CCR-27
172	18-Dic-98	12:30 PM	12	5	2.453	7.55	2.415	101.57%	120	CCR-27
173	18-Dic-98	2:10 PM	13	13	2.419	8.26	2.415	100.17%	120	CCR-27
174	19-Dic-98	11:14 AM	12	12	2.370	7.70	2.415	98.14%	120	CCR-27
175	19-Dic-98	1:40 PM	10	8	2.412	8.02	2.415	99.88%	120	CCR-27

ANEXO 8

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

CONSISTENCIA VEBE CCR - CONTROL LABORATORIO PRESAS ANTACOTO

ESTRUCTURA : DIQUES Y PRESAS

FECHA : 02-Ago-98

a

15-Ene-99

	Temperatura °C		Densidad	%	Densidad	%	Tiempo
	CCR	Ambiente	Laboratorio(gr/cc)	Humedad	Teórica(gr/cc)	Compactación	Vebe (seg)
Nro. de Pruebas	189	189	189	168	189	189	189
Promedio	11.641	12.909	2.419	7.273	2.415	100.161	120.00
Desv. Estandar	1.362	3.196	0.035	0.631	0.00	0.014	0.00
Coef. Variación	11.696	24.760	1.445	8.674	0.00	0.014	0.00

DIAGRAMA DE COMPACTACION - LABORATORIO

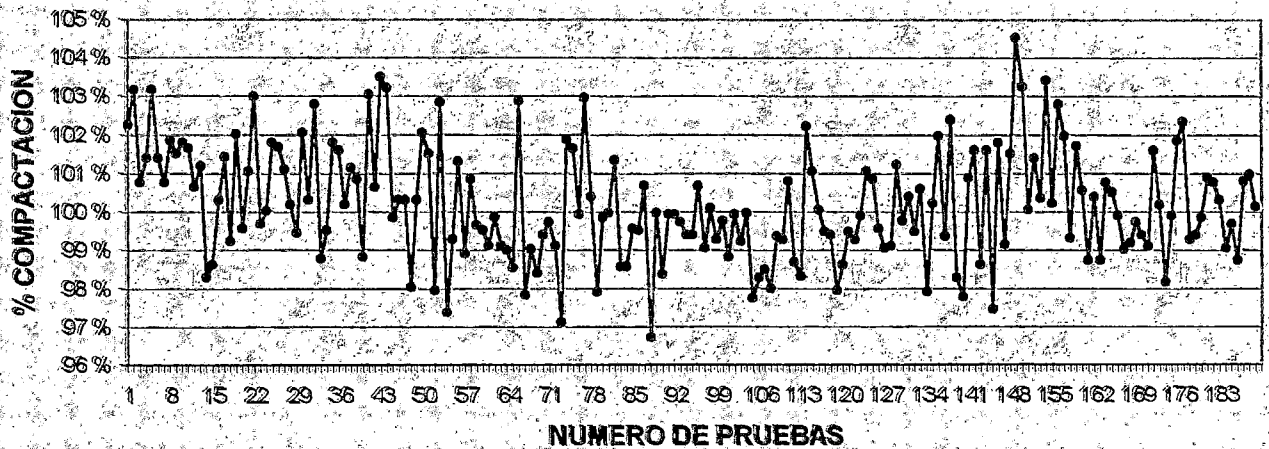
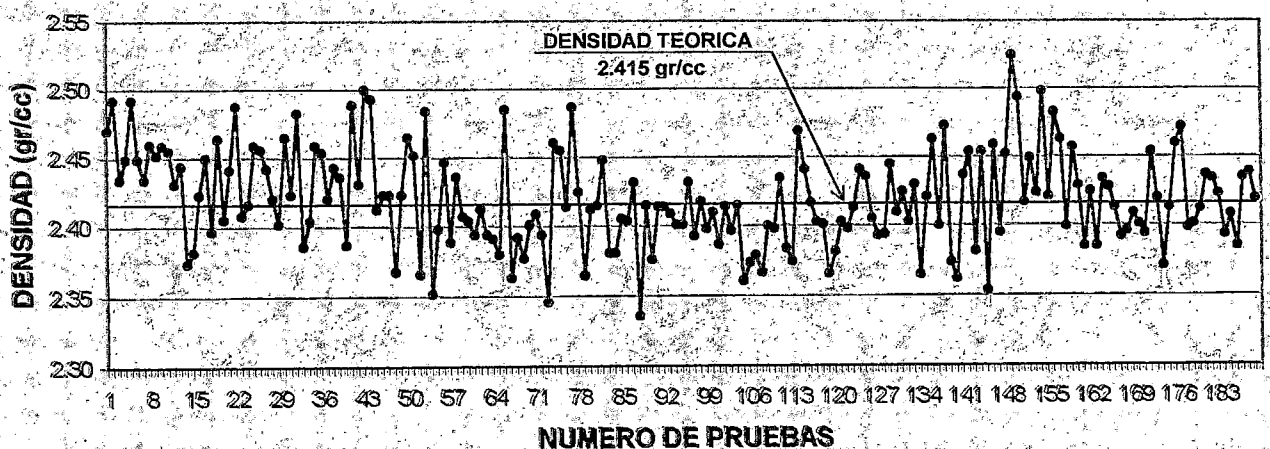


DIAGRAMA DE DENSIDADES - LABORATORIO



ANEXO 9

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

RESUMEN ROTURAS CCR

PROCEDENCIA: PRESA ANTACOTO

FECHA DE VACIADO	Nº DE PRUEBA	RESISTENCIA PROMEDIO				AMPLITUD	DOSIFICACIÓN POR M ³
		3 días	7 días	28 días	90 días		
21.07.98	1	-	83	99	-	32.0	CEMENTO TIPO I (Kg) = 120 AGUA (lts) = 125
21.07.98	2	-	81	123	-	9.0	
22.07.98	3	-	128	153	181	2.0	ARENA (Kg) = 1279
23.07.98	4	-	78	116	168	2.0	GRAVA 1" (Kg) = 533
24.07.98	5	-	86	150	170	19.0	GRAVA 2" (Kg) = 358
25.07.98	6	-	92	151	179	19.0	CANTERA: CORPACANCHA
26.07.98	7	-	101	158	190	29.0	
27.07.98	8	-	124	151	179	5.0	
28.07.98	9	-	115	131	186	5.0	
29.07.98	10	-	123	150	184	9.0	
30.07.98	11	-	120	143	172	2.0	
31.07.98	12	-	130	152	154	2.0	
01.08.98	13	-	107	140	110	1.0	
03.08.98	14	-	101	151	176	26.0	
04.08.98	15	-	112	156	175	4.0	
05.08.98	16	-	116	146	202	6.0	
06.08.98	17	-	116	147	201	23.0	
07.08.98	18	-	129	154	176	7.0	
14.08.98	19	-	82	114	136	4.0	
15.08.98	20	-	64	148	160	6.0	
17.08.98	21	-	62	134	168	11.0	
18.08.98	22	-	96	131	177	3.0	
19.08.98	23	-	92	131	155	4.0	
20.08.98	24	-	111	141	207	15.0	
21.08.98	25	-	58	103	145	7.0	
22.08.98	26	-	84	134	137	2.0	
24.08.98	27	-	99	117	171	17.0	
25.08.98	28	-	106	140	170	11.0	

ANEXO 9

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

RESUMEN ROTURAS CCR

PROCEDENCIA: PRESA ANTACOTO

FECHA DE VACIADO	Nº DE PRUEBA	RESISTENCIA PROMEDIO				AMPLITUD	DOSIFICACIÓN POR M ³
		3 días	7 días	28 días	90 días		
26.08.98	29	-	89	130	156	7.0	CEMENTO TIPO I (Kg) = 120
27.08.98	30	-	95	138	167	36.0	AGUA (lts) = 125
29.08.98	31	-	94	162	186	1.0	ARENA (Kg) = 1279
31.08.98	32	-	87	153	206	41.0	GRAVA 1" (Kg) = 533
01.09.98	33	-	88	144	196	1.0	GRAVA 2" (Kg) = 358
02.09.98	34	-	96	146	197	6.0	
03.09.98	35	48	-	115	175	16.0	
05.09.98	36	57	-	98	150	6.0	
07.09.98	37	53	-	111	137	0.0	
08.09.98	38	102	-	122	169	20.0	CANTERA: CORPACANCHA
09.09.98	39	84	-	124.5	151	3.0	
10.09.98	40	84	-	159	182	56.0	
11.09.98	41	76	-	131	171	15.0	
12.09.98	42	96	-	148	194	15.0	
13.09.98	43	104	-	176	221	16.0	
14.09.98	44	93	-	129	156	4.0	
15.09.98	45	68	-	121	150	8.0	
16.09.98	46	82	-	115	148	6.0	
17.09.98	47	54	-	134	166	3.0	
18.09.98	48	93	-	140	159	11.0	
19.09.98	49	59	-	163	193	2.0	
21.09.98	50	43	-	105	189	1.0	
22.09.98	51	68	-	109	167	4.0	
23.09.98	52	63	-	104	163	2.0	
24.09.98	53	53	-	108	176	19.0	
25.09.98	54	56	-	122	167	3.0	
26.09.98	55	52	-	100	169	9.0	
28.09.98	56	51	-	119	155	12.0	

ANEXO 9

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

RESUMEN ROTURAS CCR

PROCEDENCIA: PRESA ANTACOTO

FECHA DE VACIADO	Nº DE PRUEBA	RESISTENCIA PROMEDIO				AMPLITUD	DOSIFICACIÓN POR M ³
		3 días	7 días	28 días	90 días		
29.09.98	57	53	-	163	190	8.0	CEMENTO TIPO I (Kg) = 120
30.09.98	58	51	-	146	168	4.0	AGUA (lts) = 125
01.10.98	59	44	-	147	173	6.0	ARENA (Kg) = 1279
02.10.98	60	47	-	101	158	30.0	GRAVA 1" (Kg) = 533
04.10.98	61	-	-	97	152	2.0	GRAVA 2" (Kg) = 358
05.10.98	62	-	101	104	150	5.0	
06.10.98	63	-	49	111	152	15.0	
07.10.98	64	-	67	125	151	4.0	
13.10.98	65	-	92	127	156	8.0	
14.10.98	66	-	81	127	155	7.0	CANTERA: CORPACANCHA
15.10.98	67	-	97	120	168	6.0	
16.10.98	68	-	-	140	181	1.0	
17.10.98	69	-	-	115	160	5.0	
18.10.98	70	-	117	126	163	6.0	
19.10.98	71	-	106	136	183	8.0	
20.10.98	72	-	72	128	155	2.0	
21.10.98	73	-	37	128	183	10.0	
22.10.98	74	-	-	122	178	9.0	
23.10.98	75	-	112	123	162	12.0	
24.10.98	76	-	70	128	170	0.0	
26.10.98	77	-	59	108	158	3.0	
27.10.98	78	-	102	106	154	0.0	
28.10.98	79	-	76	120	150	5.0	
30.10.98	80	-	59	124	159	4.0	
31.10.98	81	-	73	158	173	3.0	
02.11.98	82	-	62	122	160	3.0	
03.11.98	83	-	65	119	168	13.0	
04.11.98	84	-	65	135	162	27.0	

ANEXO 9

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

RESUMEN ROTURAS CCR

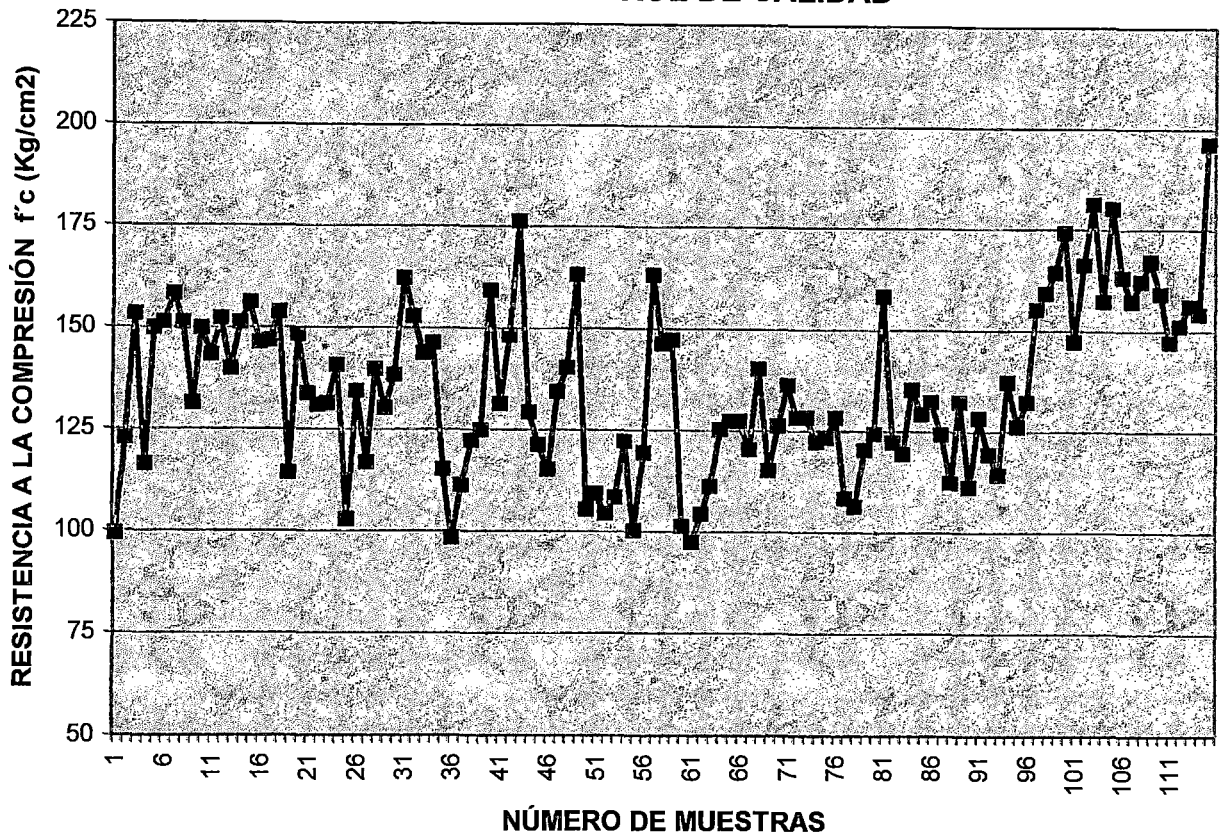
PROCEDENCIA: PRESA ANTACOTO

FECHA DE VACIADO	N° DE PRUEBA	RESISTENCIA PROMEDIO				AMPLITUD	DOSIFICACIÓN POR M ³
		3 días	7 días	28 días	90 días		
05.11.98	85	-	76	129	170	2.0	CEMENTO TIPO I (Kg) = 120
06.11.98	86	-	67	132	163	6.0	AGUA (lts) = 125
07.11.98	87	-	70	124	164	2.0	ARENA (Kg) = 1279
09.11.98	88	-	71	112	152	1.0	GRAVA 1" (Kg) = 533
10.11.98	89	-	87	132	163	5.0	GRAVA 2" (Kg) = 358
11.11.98	90	-	66	111	152	3.0	
12.11.98	91	-	52	128	165	3.0	
13.11.98	92	-	72	119	183	4.0	
17.11.98	93	-	70	114	161	4.0	
19.11.98	94	-	99	137	160	5.0	CANTERA: CORPACANCHA
23.11.98	95	-	108	126	165	8.0	
24.11.98	96	-	90	132	160	4.0	
01.12.98	97	-	117	155	176	4.0	
02.12.98	98	-	114	159	179	1.0	
03.12.98	99	-	124	164	186	4.0	
08.12.98	100	-	105	174	206	2.0	
09.12.98	101	-	102	147	139	3.0	
10.12.98	102	-	121	166	216	4.0	
11.12.98	103	-	137	181	210	2.0	
15.12.98	104	-	106	157	134	1.0	
16.12.98	105	-	108	180	223	2.0	
17.12.98	106	-	111	163	198	1.0	
18.12.98	107	-	114	157	216	1.0	
19.12.98	108	-	120	162	255	2.0	
20.12.98	109	-	108	167	214	2.0	
21.12.98	110	-	115	159	197	2.0	
07.01.99	111	-	117	147	239	3.0	
08.01.98	112	-	104	151	220	2.0	

RESUMEN ROTURAS CCR

PROCEDENCIA: PRESA ANTACOTO

CARTA DE CONTROL DE CALIDAD



ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRUEBAS RUTINARIAS DE CONTROL

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Diseño	Consumo Cemento (Kg/m3)	Edad (días)	Número Datos n	f'c Promed. (Kg/cm2)	Desviación Standard (Kg/cm2)	V (%)	Amplitud Promed. (Kg/cm2)	Desviación Standard (Kg/cm2)	VI (%)	fcr (Kg/cm2)
		07	85	94.5	22.8					
	120									
		28	115	135.5	20.7	15.3	7.9	9.1	5.2	100.4

Donde: V = Coeficiente de Variación para los resultados de Resistencia a la Compresión a los 28 días.
 VI = Coeficiente de Variación dentro de los ensayos.
 fcr = Resistencia a la Compresión Promedio Requerida

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

RESUMEN ROTURAS DE MORTERO DE SELLO

PROCEDENCIA: PRESA ANTACOTO

FECHA DE VACIADO	N° DE PRUEBA	RESISTENCIA PROMEDIO				AMPLITUD	DOSIFICACIÓN POR M ³
		3 días	7 días	28 días	90 días		
21.07.98	1	-	259	309	-	0.0	CEMENTO TIPO I (Kg) = 380
25.07.98	2	-	222	308	-	0.0	AGUA (lts) = 254
26.07.98	3	-	224	302	367	33.0	ARENA (Kg) = 1637
28.07.98	4	-	286	298	388	8.0	H.E. (lts) = 2.28
29.07.98	5	-	241	290	384	41.0	CANTERA: CORPACANCHA
30.07.98	6	-	286	335	396	49.0	
31.07.98	7	-	224	355	412	18.0	
03.08.98	8	-	204	337	-	17.0	
04.08.98	9	-	220	318	359	16.0	
06.08.98	10	-	257	358	510	4.0	
07.08.98	11	-	237	335	404	33.0	
15.08.98	12	-	153	337	396	21.0	
18.08.98	13	-	162	335	400	17.0	
20.08.98	14	-	244	314	404	24.0	
22.08.98	15	-	257	322	326	8.0	
24.08.98	16	-	188	302	388	32.0	
25.08.98	17	-	253	326	375	0.0	
26.08.98	18	-	220	334	412	16.0	
27.08.98	19	-	196	330	400	8.0	
29.08.98	20	-	189	318	343	16.0	
31.08.98	21	-	244	343	400	16.0	
01.09.98	22	-	186	400	445	17.0	
02.09.98	23	-	186	319	323	33.0	
03.09.98	24	179	-	371	392	8.0	
05.09.98	25	180	-	283	400	16.0	
07.09.98	26	171	-	384	420	33.0	
08.09.98	27	196	-	367	396	0.0	
09.09.98	28	122	-	343	388	0.0	

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACocha - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

RESUMEN ROTURAS DE MORTERO DE SELLO

PROCEDENCIA: PRESA ANTACOTO

FECHA DE VACIADO	Nº DE PRUEBA	RESISTENCIA PROMEDIO				AMPLITUD	DOSIFICACIÓN POR M ³
		3 días	7 días	28 días	90 días		
10.09.98	29	184	-	404	429	8.0	CEMENTO TIPO I (Kg) = 380
11.09.98	30	153	-	392	433	17.0	AGUA (lts) = 254
12.09.98	31	200	-	290	335	8.0	ARENA (Kg) = 1637
13.09.98	32	163	-	282	376	9.0	H.E. (lts) = 2.28
14.09.98	33	205	-	359	404	16.0	CANTERA: CORPACANCHA
15.09.98	34	175	-	367	408	16.0	
16.09.98	35	208	-	379	420	8.0	
17.09.98	36	167	-	343	392	17.0	
21.09.98	37	189	-	294	355	16.0	
22.09.98	38	184	-	343	404	16.0	
24.09.98	39	167	-	347	396	41.0	
25.09.98	40	200	-	306	408	40.0	
26.09.98	41	151	-	359	437	32.0	
28.09.98	42	179	-	367	416	0.0	
29.09.98	43	82	-	339	388	8.0	
30.09.98	44	112	-	335	420	17.0	
01.10.98	45	151	-	347	425	24.0	
02.10.98	46	163	-	335	392	17.0	
04.10.98	47	-	245	-	331	-	
05.10.98	48	-	208	245	314	0.0	
06.10.98	49	-	229	-	306	-	
07.10.98	50	-	229	249	274	8.0	
14.10.98	51	-	212	347	404	41.0	
15.10.98	52	-	257	273	302	24.0	
16.10.98	53	-	204	318	355	16.0	
18.10.98	54	-	176	469	490	40.0	
19.10.98	55	-	176	384	437	33.0	
20.10.98	56	-	200	384	453	33.0	

ANEXO 10

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

RESUMEN ROTURAS DE MORTERO DE SELLO

PROCEDENCIA: PRESA ANTACOTO

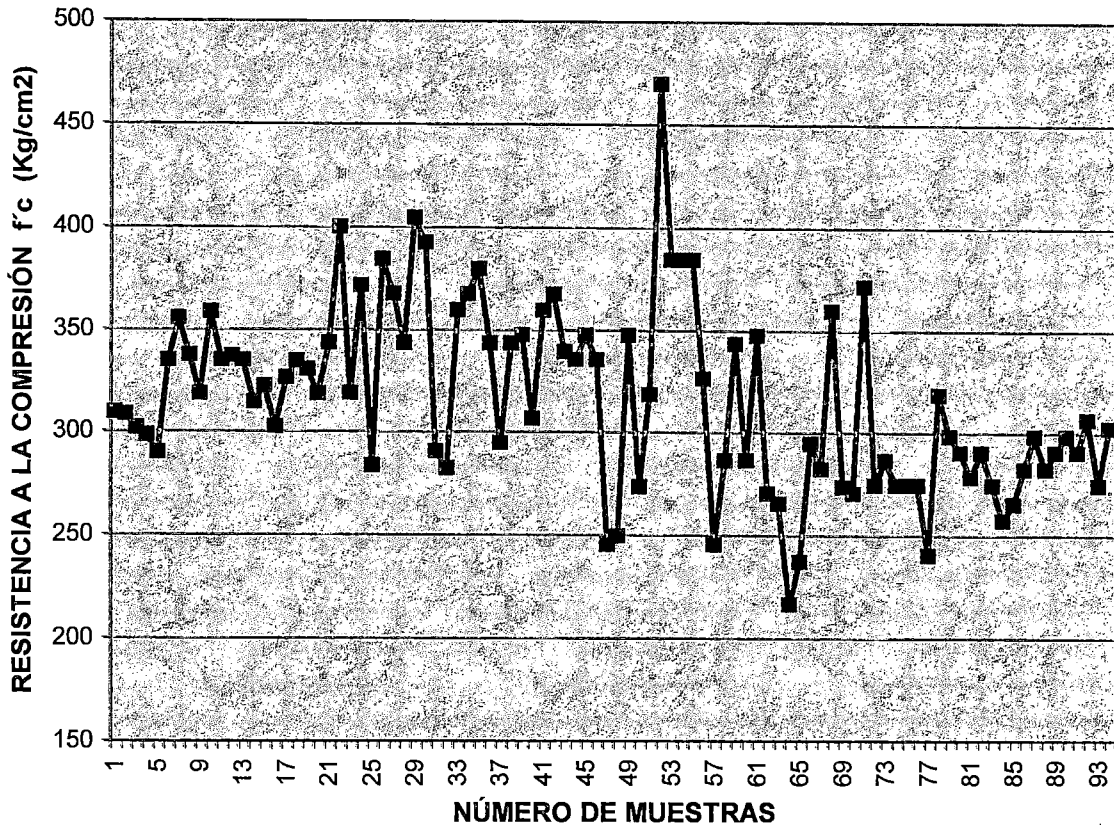
FECHA DE VACIADO	N° DE PRUEBA	RESISTENCIA PROMEDIO				AMPLITUD	DOSIFICACIÓN POR M ³
		3 días	7 días	28 días	90 días		
21.10.98	57	-	180	384	453	33.0	CEMENTO TIPO I (Kg) = 380
23.10.98	58	-	224	326	380	0.0	
26.10.98	59	-	155	245	323	0.0	AGUA (lts) = 254
27.10.98	60	-	143	286	306	0.0	ARENA (Kg) = 1637
28.10.98	61	-	172	343	371	33.0	H.E. (lts) = 2.28
29.10.98	62	-	216	286	363	0.0	CANTERA: CORPACANCHA
30.10.98	63	-	171	347	380	8.0	
03.11.98	64	-	216	270	298	33.0	
04.11.98	65	-	112	265	290	8.0	
05.11.98	66	-	171	216	274	8.0	
06.11.98	67	-	131	237	294	16.0	
09.11.98	68	-	180	294	339	16.0	
10.11.98	69	-	162	282	310	8.0	
12.11.98	70	-	244	359	396	16.0	
13.11.98	71	-	143	273	302	8.0	
18.11.98	72	-	155	270	323	33.0	
20.11.98	73	-	290	371	408	8.0	
21.11.98	74	-	180	274	331	9.0	
23.11.98	75	-	188	286	339	0.0	
26.11.98	76	-	143	274	306	9.0	
28.11.98	77	-	139	274	331	9.0	
30.11.98	78	-	204	274	339	25.0	
01.12.98	79	-	184	240	318	0.0	
02.12.98	80	-	208	318	339	0.0	
08.12.98	81	-	200	298	363	8.0	
09.12.98	82	-	184	290	331	8.0	
10.12.98	83	-	176	278	314	0.0	
11.12.98	84	-	176	290	323	8.0	

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

RESUMEN ROTURAS DE MORTERO DE SELLO

PROCEDENCIA: PRESA ANTACOTO

CARTA DE CONTROL DE CALIDAD



ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRUEBAS RUTINARIAS DE CONTROL

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Diseño	Consumo Cemento (Kg/m3)	Edad (días)	Número Datos n	f'c Promed. (Kg/cm2)	Desviación Standard (Kg/cm2)	V (%)	Amplitud Promed. (Kg/cm2)	Desviación Standard	VI (%)	fcr (Kg/cm2)
		07	73	200.3	36.9	18.4				
	380									
		28	94	315.9	43.9	13.9	14.7	12.2	4.12	289.5

Donde: V = Coeficiente de Variación para los resultados de Resistencia a la Compresión a los 28 días.
 VI = Coeficiente de Variación dentro de los ensayos.
 fcr = Resistencia a la Compresión Promedio Requerida

ANEXO 11

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

RESUMEN ROTURAS CONCRETO CONVENCIONAL

PROCEDENCIA: PRESA ANTACOTO

FECHA DE VACIADO	Nº DE PRUEBA	RESISTENCIA PROMEDIO				AMPLITUD	DOSIFICACIÓN POR M ³
		3 días	7 días	28 días	90 días		
21.07.98	1	-	263	-	-	-	CEMENTO TIPO I (Kg) = 300
21.07.98	2	-	245	299	-	0.0	AGUA (lts) = 176
22.07.98	3	-	265	300	-	12.0	ARENA (Kg) = 845
23.07.98	4	-	197	214	-	43.0	GRAVA 1" (Kg) = 968
24.07.98	5	-	262	308	308	0.0	H. E. (lts) = 1.5
25.07.98	6	-	268	308	298	0.0	FROBE (lts) = 0.116
26.07.98	7	-	175	282	309	4.0	
27.07.98	8	-	243	264	308	12.0	
28.07.98	9	-	219	271	274	10.0	
29.07.98	10	-	210	256	280	24.0	CANTERA: CORPACANCHA
30.07.98	11	-	216	282	308	7.0	
31.07.98	12	-	172	264	314	36.0	
01.08.98	13	-	185	267	322	0.0	
03.08.98	14	-	208	308	350	33.0	
04.08.98	15	-	208	281	325	50.0	
05.08.98	16	-	165	211	268	11.0	
06.08.98	17	-	219	254	313	22.0	
07.08.98	18	-	181	209	279	14.0	
14.08.98	19	-	164	230	285	12.0	
15.08.98	20	-	217	268	302	7.0	
17.08.98	21	-	194	297	318	4.0	
18.08.98	22	-	186	255	320	17.0	
19.08.98	23	-	174	256	312	4.0	
20.08.98	24	-	148	220	260	19.0	
21.08.98	25	-	143	243	305	1.0	
22.08.98	26	-	158	280	319	11.0	
24.08.98	27	-	209	257	324	2.0	
25.08.98	28	-	205	264	319	4.0	

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

RESUMEN ROTURAS CONCRETO CONVENCIONAL

PROCEDENCIA: PRESA ANTACOTO

FECHA DE VACIADO	Nº DE PRUEBA	RESISTENCIA PROMEDIO				AMPLITUD	DOSIFICACIÓN POR M ³
		3 días	7 días	28 días	90 días		
26.08.98	29	-	156	271	311	7.0	CEMENTO TIPO I (Kg) = 300
27.08.98	30	-	161	229	319	34.0	AGUA (lts) = 176
29.08.98	31	-	146	287	288	10.0	ARENA (Kg) = 845
31.08.98	32	-	124	246	294	7.0	GRAVA 1" (Kg) = 968
01.09.98	33	-	177	300	316	17.0	H. E. (lts) = 1.5
02.09.98	34	-	189	294	322	5.0	FROBE (lts) = 0.116
03.09.98	35	73	-	254	296	16.0	
05.09.98	36	54	-	226	281	5.0	
07.09.98	37	51	-	251	328	9.0	
08.09.98	38	74	-	267	313	6.0	CANTERA: CORPACANCHA
09.09.98	39	103	-	245	283	3.0	
10.09.98	40	137	-	277	300	3.0	
11.09.98	41	132	-	263	289	1.0	
12.09.98	42	102	-	243	287	7.0	
13.09.98	43	129	-	280	310	0.0	
14.09.98	44	134	-	283	315	5.0	
15.09.98	45	131	-	244	287	3.0	
16.09.98	46	138	-	235	283	0.0	
17.09.98	47	88	-	234	298	2.0	
18.09.98	48	104	-	254	319	3.0	
21.09.8	49	86	-	218	282	12.0	
22.09.98	50	56	-	231	283	0.0	
23.09.98	51	164	-	299	326	6.0	
24.09.98	52	117	-	308	345	4.0	
25.09.98	53	152	-	267	327	7.0	
26.09.98	54	64	-	256	296	2.0	
28.09.98	55	73	-	249	278	5.0	
29.09.98	56	108	-	232	290	26.0	

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

RESUMEN ROTURAS CONCRETO CONVENCIONAL

PROCEDENCIA: PRESA ANTACOTO

FECHA DE VACIADO	N° DE PRUEBA	RESISTENCIA PROMEDIO				AMPLITUD	DOSIFICACIÓN POR M ³
		3 días	7 días	28 días	90 días		
30.09.98	57	75	-	233	272	7.0	CEMENTO TIPO I (Kg) = 300
01.10.98	58	84	-	252	299	0.0	AGUA (lts) = 176
02.10.98	59	70	-	245	279	2.0	ARENA (Kg) = 845
03.01.98	60	87	-	244	282	2.0	GRAVA 1" (Kg) = 968
04.01.98	61	-	239	267	298	9.0	H. E. (lts) = 1.5
05.01.98	62	-	195	245	282	9.0	FROBE (lts) = 0.116
06.10.98	63	-	245	268	283	0.0	
07.10.98	64	-	154	249	287	7.0	
13.10.98	65	-	193	240	299	10.0	
14.10.98	66	-	153	282	326	17.0	CANTERA: CORPACANCHA
15.10.98	67	-	166	248	288	6.0	
16.10.98	68	-	181	273	294	3.0	
17.10.98	69	-	179	260	302	5.0	
18.10.98	70	-	203	276	294	6.0	
19.10.98	71	-	224	250	292	7.0	
20.10.98	72	-	188	253	291	9.0	
21.10.98	73	-	224	311	336	5.0	
23.10.98	74	-	168	246	296	2.0	
26.10.98	75	-	112	254	294	19.0	
27.10.98	76	-	175	272	303	7.0	
28.10.98	77	-	133	288	299	15.0	
29.10.98	78	-	244	321	342	17.0	
30.10.98	78A	-	107	277	295	1.0	
31.10.98	79	-	160	230	287	23.0	
02.11.98	80	-	174	264	285	14.0	
03.11.98	81	-	143	240	282	2.0	
04.11.98	82	-	132	260	288	0.0	
05.11.98	83	-	188	274	301	0.0	

ANEXO 11

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

RESUMEN ROTURAS CONCRETO CONVENCIONAL

PROCEDENCIA: PRESA ANTACOTO

FECHA DE VACIADO	Nº DE PRUEBA	RESISTENCIA PROMEDIO				AMPLITUD	DOSIFICACIÓN POR M ³
		3 días	7 días	28 días	90 días		
06.11.98	84	-	172	228	259	3.0	CEMENTO TIPO I (Kg) = 300
07.10.98	85	-	171	222	282	2.0	AGUA (lts) = 176
10.11.98	86	-	173	226	285	8.0	ARENA (Kg) = 845
11.11.98	87	-	117	226	292	4.0	GRAVA 1" (Kg) = 968
13.11.98	88	-	155	230	268	4.0	H. E. (lts) = 1.5
16.11.98	89	-	180	285	298	10.0	FROBE (lts) = 0.116
18.11.98	90	-	183	249	302	7.0	
19.11.98	91	-	221	309	324	2.0	
20.11.98	92	-	203	278	303	8.0	
21.11.98	93	-	226	289	326	2.0	CANTERA: CORPACANCHA
23.11.98	94	-	203	277	299	6.0	
24.11.98	95	-	227	306	326	4.0	
25.11.98	96	-	204	234	276	24.0	
26.11.98	97	-	191	306	325	4.0	
27.11.98	98	-	186	291	305	0.0	
28.11.98	99	-	184	258	290	2.0	
30.11.98	100	-	176	270	310	1.0	
01.12.98	101	-	182	257	282	1.0	
02.12.98	102	-	185	278	303	8.0	
03.12.98	103	-	195	268	306	6.0	
04.12.98	104	-	182	255	293	4.0	
05.12.98	105	-	179	253	286	1.0	
08.12.98	106	-	181	235	294	0.0	
09.12.98	107	-	188	268	301	4.0	
10.12.98	108	-	184	268	306	2.0	
11.12.98	109	-	175	257	299	1.0	
12.12.98	110	-	182	283	306	5.0	
15.12.98	111	-	158	253	291	2.0	

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCHA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

RESUMEN ROTURAS CONCRETO CONVENCIONAL

PROCEDENCIA: PRESA ANTACOTO

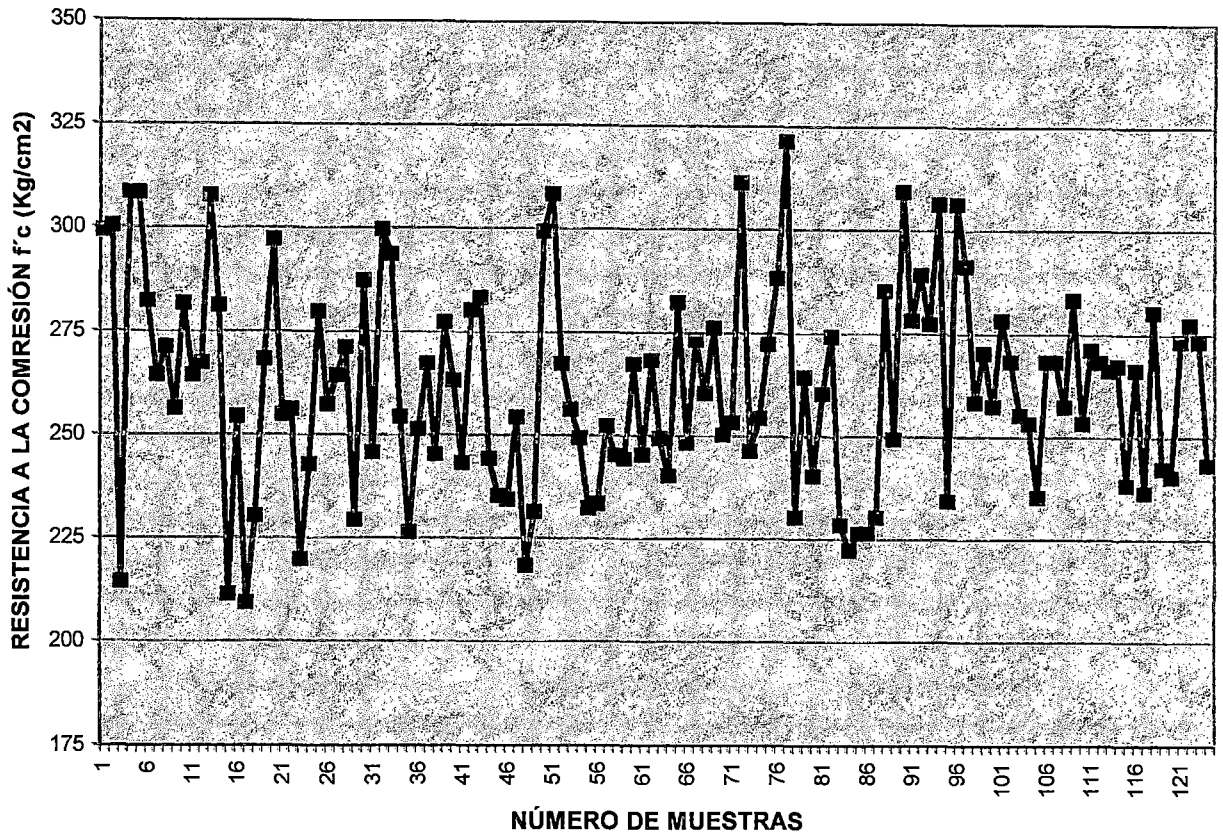
FECHA DE VACIADO	Nº DE PRUEBA	RESISTENCIA PROMEDIO				AMPLITUD	DOSIFICACIÓN POR M ³
		3 días	7 días	28 días	90 días		
16.12.98	112	-	180	271	299	3.0	CEMENTO TIPO I (Kg) = 300
17.12.98	113	-	186	268	280	1.0	AGUA (Its) = 176
18.12.98	114	-	181	266	278	3.0	ARENA (Kg) = 845
19.12.98	115	-	188	267	288	8.0	GRAVA 1" (Kg) = 968
20.12.98	116	-	180	238	295	6.0	H. E. (Its) = 1.5
21.12.98	117	-	180	266	289	6.0	FROBE (Its) = 0.116
21.12.98	118	-	193	-	289	-	
04.01.99	119	-	170	236	290	2.0	
05.01.99	120	-	186	280	300	1.0	
07.01.99	121	-	187	242	290	1.0	CANTERA: CORPACANCHA
08.01.99	122	-	180	240	295	2.0	
11.01.99	123	-	163	273	292	2.0	
12.01.99	124	-	164	277	323	4.0	
13.01.99	125	-	167	273	316	2.0	
14.01.99	126	-	155	243	290	3.0	

CONSORCIO ODEBRECHT - CBPO
 PROYECTO: MARCAPOMACOCOA - MARCA III
 OBRA: DIQUES Y PRESAS

RESUMEN ROTURAS CONCRETO CONVENCIONAL

PROCEDENCIA: PRESA ANTACOTO

CARTA DE CONTROL DE CALIDAD



ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRUEBAS RUTINARIAS DE CONTROL

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Diseño	Consumo Cemento (Kg/m3)	Edad (días)	Número Datos n	f'c Promed. (Kg/cm2)	Desviación Standard (Kg/cm2)	V (%)	Amplitud Promed. (Kg/cm2)	Desviación Standard (Kg/cm2)	VI (%)	fcr (Kg/cm2)
		07	101	185.7	31.9	17.2				
	300									
		28	125	261.7	24.3	9.3	7.5	8.8	2.54	248

Donde: V = Coeficiente de Variación para los resultados de Resistencia a la Compresión a los 28 días.
 VI = Coeficiente de Variación dentro de los ensayos.
 fcr = Resistencia a la Compresión Promedio Requerida

Los comentarios vertidos en el siguiente trabajo son una comparación teórico-práctica de los resultados obtenidos en las Presas del Proyecto Marca-III con un volumen aproximado de CCR colocado de 30,000 m³ y la experiencia en la reparación de pavimentos utilizando CCR con un volumen aprox. de 5.00 m³. (TESIS DE ENRIQUE PALOMARES)

1. El trabajo es limitado en cuanto a muestra representativa por lo cual no se puede generalizar las proporciones de materiales a emplear.
2. La cantidad de cemento reducida por el uso de una mezcla mas seca, no es muy significativa.

CCR-PRESAS

Materiales	(Kg/m³)
Cemento	120
Agua	125
Arena	1279
Grava 1"	533
Grava 2"	358

CCR-PAVIMENTOS

Materiales	(Kg/m³)
Cemento	306
Arena	795
Piedra	1199
Agua	169

CONCRETO SIN SLUMP

Materiales	(Kg/m³)
Cemento	350
Arena	526
Piedra	1367
Agua	166

Observe que de 350 Kg. (CONCRETO SIN SLUMP) se reduce a 306 Kg. (CCR-PAVIMENTOS), a lo que en las PRESAS la reducción es significativa 120 Kg. También se distingue la disminución de la cantidad de agua en forma proporcional a la del cemento.

3. La evolución del concreto CCR se debe a la necesidad de optimizar recursos para la obtención de un producto final bueno y barato, motivo por el cual se saluda el esfuerzo por la investigación realizada y así poner al corriente a todos nuestros colegas de los nuevos procedimientos de construcción que se viene aplicando hoy en día.

En el presente trabajo se hace una comparación de costos y plazos de ejecución.

Para realizar el presente análisis se esta usando rendimientos obtenidos en campo los meses de Julio-98, Agosto-98, Setiembre-98 y Octubre-98, tomando como referencia la Presa Principal ya que por la envergadura de la Obra hasta el final de la elaboración de la presente tesis los trabajos aún no se finalizaban.

1.- ANALISIS DE COSTOS .-

Se usará los diseños de mezcla del CCR y Concreto ($f'c=210$ Kg/cm²) aprobados por la supervisión, esto para analizar el consumo de materiales.

Se usará los sueldos y salarios del Régimen de Construcción Civil aplicados para este tipo de Obras.

Se usará los precios de alquiler de equipos del mercado nacional vigente a la fecha.

Se presenta los análisis de precios unitarios de las partidas CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO y CONCRETO CONVENCIONAL (CCV) obteniendose los siguientes resultados :

COMPARACION ECONOMICA

	PRECIO US \$ / m ³	VOLUMEN TOTAL (m ³)	COSTO US \$	MARGEN US \$	MARGEN CCR US \$
CCR	46.33	30,000.00	1,389,900.00	1,959,900.00	663,000.00
CCV	68.43	30,000.00	2,052,900.00	1,296,900.00	
OFERTA	111.66	30,000.00	3,349,800.00		

CONSUMO DE MATERIALES

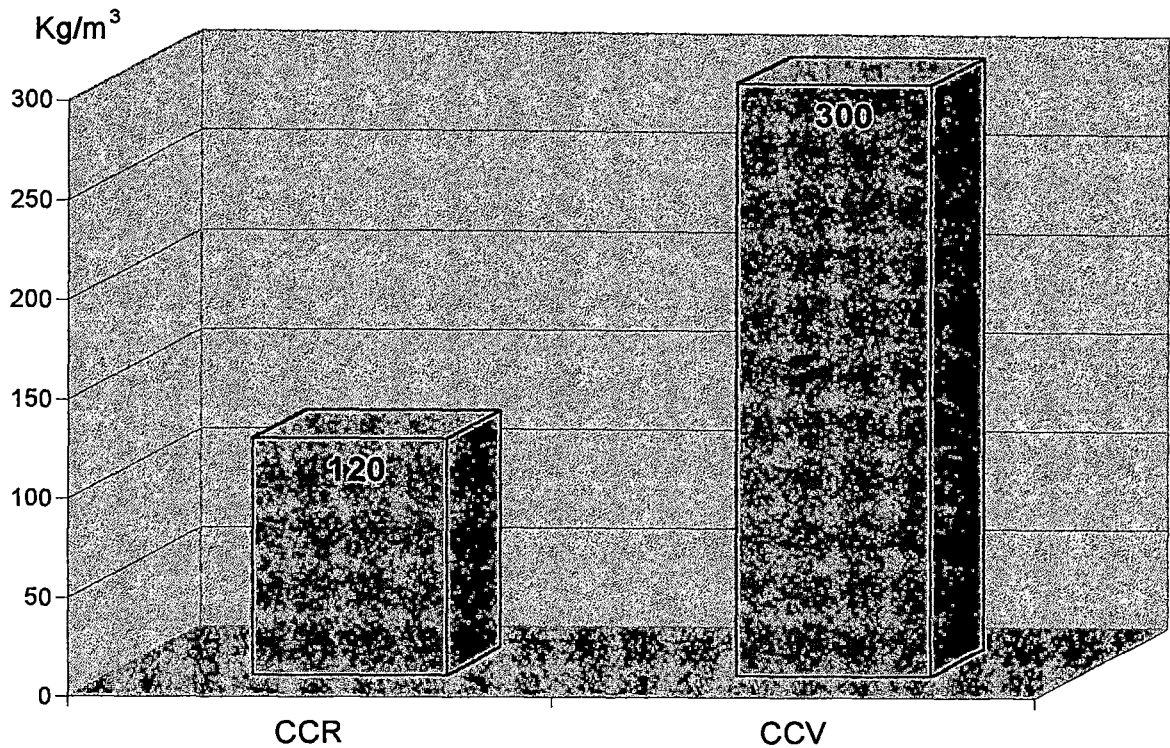
CCR

Materiales	(Kg/m ³)
Cemento	120
Agua	125
Arena	1279
Grava	891

CCV

Materiales	(Kg/m ³)
Cemento	300
Agua	176
Arena	845
Grava	968

Consumo de Cemento



Tipo de Concreto

	Cemento (Tn/m ³)	Volumen (m ³)	Cemento Necesario (Tn)	Cemento Ahorrado (Tn)
CCR	0.12	30,000.00	3,600.00	5,400.00
CCV	0.30	30,000.00	9,000.00	

CALCULO DE LOS INDICES DE AGREGADOS

CCR

AGREGADOS	Unidad	TANDA 1 m ³	Densidad (Kg/m ³)	Indice
CEMENTO	Kg	120	3150	0.0381
AGUA	Lt	125	1000	0.1250
ARENA	Kg	1279	2610	0.4900
GRAVA 1"	Kg	533	2610	0.2042
GRAVA 2"	Kg	358	2650	0.1351

0.9924

CCV

AGREGADOS	Unidad	TANDA 1 m ³	Densidad (Kg/m ³)	Indice
CEMENTO	Kg	300	3150	0.0952
AGUA	Lt.	176	1000	0.1760
ARENA	Kg	845	2610	0.3238
GRAVA 1"	Kg	968	2610	0.3709
Aditivo H.E.	Lt.	1.50	180	0.0083
Aditivo FROBE	Lt.	0.21	40	0.0053

0.9795

MORTERO

AGREGADOS	Unidad	TANDA 1 m ³	Densidad (Kg/m ³)	Indice
CEMENTO	Kg	380	3150	0.1206
AGUA	Lt.	254	1000	0.2540
ARENA	Kg	1637	2610	0.6272
Aditivo H.E.	Lt.	2.28	180	0.0127

1.0145

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PARTIDA :

CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO

RENDIMIENTO DIARIO :

225 m3/día

MATERIALES	UND	CANTIDAD	P.U.	SUB-TOTAL	TOTAL
CEMENTO	M3	0.0381	299.5650	11.41	
AGUA	M3	0.1250	1.1000	0.14	
ARENA	M3	0.4900	4.8500	2.38	
GRAVA 1"	M3	0.2042	4.8500	0.99	
GRAVA 2"	M3	0.1351	4.8500	0.66	15.57

MANO DE OBRA					
CAPATAZ	HH	0.4000	4.6500	1.86	
OPERARIO	HH	1.8000	3.4500	6.21	
PEON	HH	4.8000	2.2500	10.80	18.87

EQUIPOS					
CARGADOR FRONTAL 190 HP - FIAT ALLIS FR-18	HM	0.0500	32.7700	1.64	
CAMION VOLQUETE 12M3 VOLVO NL10 340HP	HM	0.0700	10.5800	0.74	
RODILLO AUTOPROP. LISO VIBRA. DYNA CA25D 127HP	HM	0.0700	15.8800	1.11	
GRUPO GENERADOR 400 KVA VOLVO PENTA	HM	0.0030	5.1800	0.02	
PLANTA DOSIFICADORA CONCRETO BENTOMAC 60	HM	0.1000	80.0000	8.00	
HERRAMIENTAS MENORES	%MO	0.0200	18.8700	0.38	11.88

TOTAL (US\$) = 46.33

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PARTIDA :
RENDIMIENTO DIARIO :

CONCRETO CONVENCIONAL $f_c=210$ Kg/cm²
120 m³/día

MATERIALES	UND	CANTIDAD	P.U.	SUB-TOTAL	TOTAL
CEMENTO	M3	0.0952	299.5650	28.52	
AGUA	M3	0.1760	1.1000	0.19	
ARENA	M3	0.3238	4.8500	1.57	
GRAVA 1"	M3	0.3709	4.8500	1.80	
ADITIVO FROBE	M3	0.0083	1.2000	0.01	
ADITIVO PLASTIMENT H.E.	M3	0.0053	2.4000	0.01	32.10

MANO DE OBRA					
CAPATAZ	HH	0.8000	4.6500	3.72	
OPERARIO	HH	2.4000	3.4500	8.28	
PEON	HH	4.8000	2.2500	10.80	22.80

EQUIPOS					
CARGADOR FRONTAL 190 HP - FIAT ALLIS FR-18	HM	0.0200	32.7700	0.66	
BOMBA CONCRETO SCHING S. BP-550HP	HM	0.0800	32.3000	2.58	
CAMION MEZCLADOR VOLVO N-10 6x4 7 M3 275HP	HM	0.0800	12.9800	1.04	
VIBRADOR DE INMERSION 45 MM ELECTRICO	HM	0.0400	2.4000	0.10	
GRUPO GENERADOR 400 KVA VOLVO PENTA	HM	0.0030	5.1800	0.02	
PLANTA DOSIFICADORA CONCRETO BENTOMAC 60	HM	0.1000	80.0000	8.00	
HERRAMIENTAS MENORES	%MO	0.0500	22.8000	1.14	13.53

TOTAL (US\$) = 68.43

2.- ANALISIS DE PLAZOS .-

Para este análisis solo se empleará rendimientos obtenidos en la Presa Principal por los motivos antes mencionados.

Del Cronograma de la Oferta Técnica se obtiene que los trabajos se iniciarán el 25 de Noviembre-97 y serán concluidos el 13 de Mayo-98 utilizandose 122 días efectivos. Esta propuesta se hizo suponiendo un rendimiento promedio de vaciado de concreto de 100-120 m³/día.

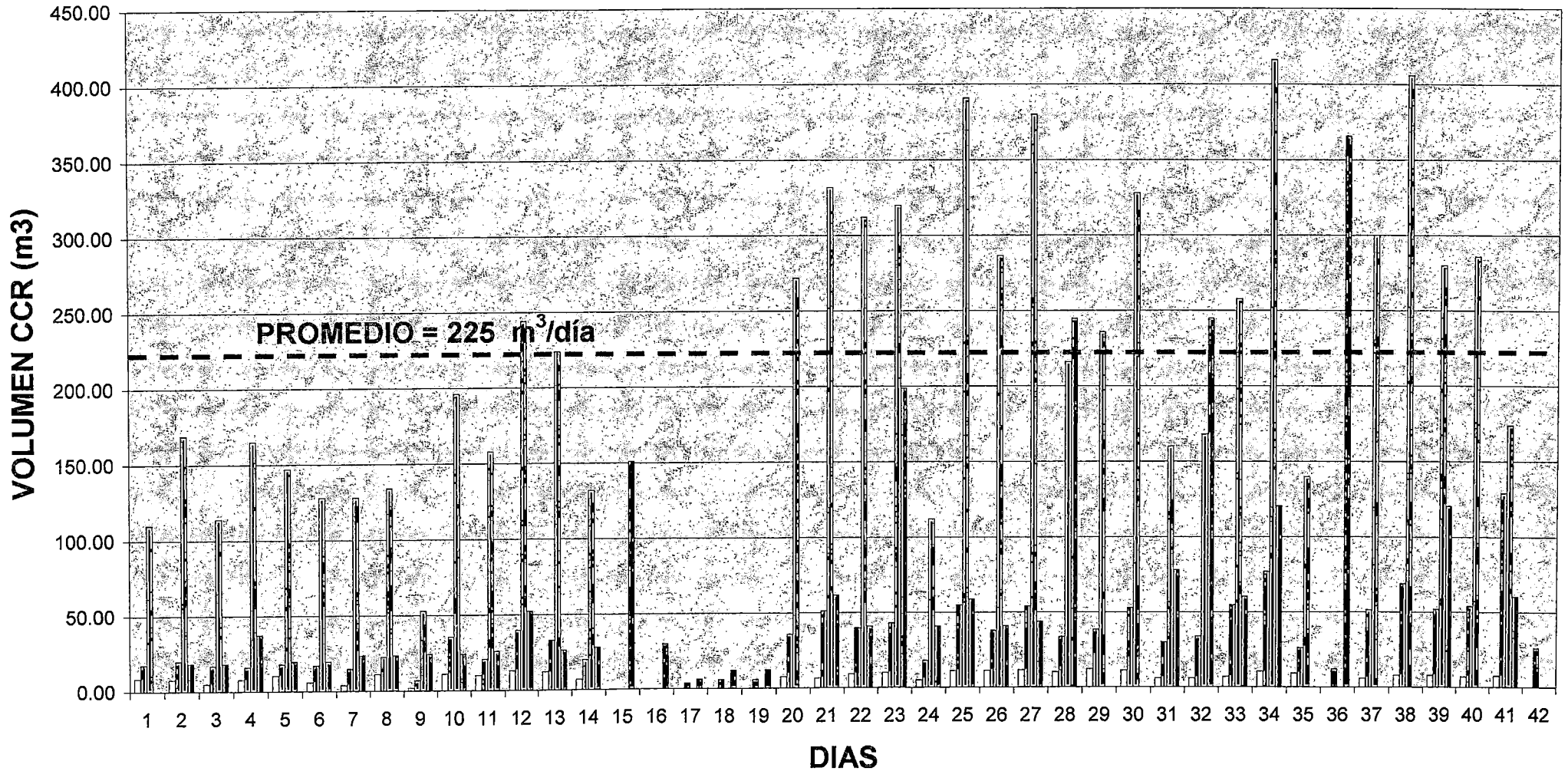
Del mismo Cronograma actualizado se observa que los trabajos de colocación de CCR se iniciaron el 24 de Julio-98 y finalizaron el 4 de Octubre-98 utilizandose 42 días efectivos, obteniendose un rendimiento promedio de colocación de CCR de 225 m³/día.

Los gráficos y tablas que sustentan estas conclusiones se presentan a continuación:

**PRESA - PRINCIPAL
 RENDIMIENTOS**

FECHA	CAPA	COTA 4428.5	ENCOFRADO m ²	MORTERO	CONC. CONV. MIX - H21	CONCRETO C.C.R	CONCRETO TOTAL	DIA
24-Jul-98	1	4,428.80		8.50	17.50	110.00	136.00	1
25-Jul-98	2, 3	4,429.40	18.42	8.00	20.00	169.00	197.00	2
26-Jul-98	4	4,429.70	18.42	5.00	17.00	114.00	136.00	3
27-Jul-98	5, 6	4,430.30	37.32	8.00	16.00	165.00	189.00	4
28-Jul-98	7	4,430.60	19.76	10.50	18.00	147.00	175.50	5
29-Jul-98	8	4,430.90	19.76	6.00	17.00	128.00	151.00	6
30-Jul-98	9	4,431.20	23.49	4.00	14.83	128.00	146.83	7
31-Jul-98	10	4,431.50	23.49	11.00	22.50	134.00	167.50	8
1-Aug-98	11	4,431.80	24.33	2.00	7.00	53.00	62.00	9
3-Aug-98	12	4,432.10	24.33	11.00	35.50	196.00	242.50	10
4-Aug-98	13	4,432.40	26.19	10.00	21.00	158.00	189.00	11
5-Aug-98	14, 15	4,433.00	52.38	13.00	40.00	244.00	297.00	12
6-Aug-98	15, 16	4,433.30	26.52	12.00	33.00	224.00	269.00	13
7-Aug-98	17	4,433.60	28.02	7.00	20.00	132.00	159.00	14
11-Aug-98			150.96					15
12-Aug-98			30.14					16
13-Aug-98			6.12		3.50		3.50	17
15-Aug-98			12.24		6.00		6.00	18
17-Aug-98			12.36		6.00		6.00	19
10-Sep-98	18, 19	4,434.20		7.50	36.00	272.00	315.50	20
11-Sep-98	20, 21	4,434.80	61.82	6.50	51.25	332.00	389.75	21
12-Sep-98	22, 23	4,435.40	40.99	9.00	40.00	312.00	361.00	22
13-Sep-98	24, 25	4,436.00	198.76	10.00	43.00	320.00	373.00	23
14-Sep-98	26	4,436.30	40.99	5.00	18.00	112.00	135.00	24
15-Sep-98	27, 28, 29	4,437.20	58.85	11.00	55.00	391.00	457.00	25
16-Sep-98	30	4,437.50	40.99	11.00	38.00	286.50	335.50	26
17-Sep-98	31, 32, 33	4,438.40	43.92	11.50	54.00	380.00	445.50	27
18-Sep-98	34	4,438.70	244.67	10.00	33.50	216.00	259.50	28
19-Sep-98	35	4,439.00		12.00	38.50	236.00	286.50	29
21-Sep-98	36, 37	4,439.60		11.00	53.00	328.00	392.00	30
22-Sep-98	38	4,439.90	78.16	6.00	30.00	160.00	196.00	31
23-Sep-98	39	4,440.20	245.22	6.00	34.00	168.00	208.00	32
24-Sep-98	40, 41	4,440.80	60.30	7.00	55.00	258.00	320.00	33
25-Sep-98	42, 43, 44	4,441.70	120.60	10.50	77.00	416.00	503.50	34
26-Sep-98	45	4,442.00		9.00	26.00	140.00	175.00	35
27-Sep-98			365.82		12.00		12.00	36
28-Sep-98	46, 47	4,442.60		6.00	51.50	300.00	357.50	37
29-Sep-98	48, 49	4,443.20		8.00	69.00	406.00	483.00	38
30-Sep-98	50, 51	4,443.80	120.60	8.00	52.00	280.00	340.00	39
1-Oct-98	52, 53	4,444.50		7.00	54.00	286.00	347.00	40
2-Oct-98	54, 55	4,445.00	60.30	7.50	129.00	174.00	310.50	41
3-Oct-98		4,445.00			26.00		26.00	42
TOTAL ACUMULADO			2336.24	295.50	1390.58	7875.50	9561.58	
REND. PROMEDIO			70.80	8.44	34.76	225.01	239.04	
REND. MAXIMO			365.82	13.00	129.00	416.00	503.50	
REND. MINIMO			6.12	2.00	3.50	53.00	3.50	

RENDIMIENTO - CCR / PRESA PRINCIPAL





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

INFORME

Del : Laboratorio N°1-Ensayo de Materiales
A : **CONSORCIO ODEBRECHT C.B.P.O**
Obra : Proyecto Marcapomacocha - Marca III - Junin
Asunto : Ensayos en Concreto Endurecido
Expediente : 99-1392
Recibo : 38636
Fecha : 17 de Junio de 1999

MUESTRA : Testigos diamantinos de concreto proporcionados por el Peticionario.

ENSAYO DE TRACCION x COMPRESION DIAMETRAL (ITINTEC 339.084)

MUESTRA	MARCA IDENTIF.	DIMENSIONES (cm)		CARGA (kg)	ESFUERZO TRACCION (kg/cm ²)
		DIAMETRO	LONGITUD		
1	M1D1S	14.7	30.4	12800	18.23
2	M2VLS	14.7	30.4	14800	10.2

L.E.M.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE MODULO ELASTICO ESTATICO METODO : ESPEJOS MARTENS

MUESTRA : M1 VL-5

D = 15.0

AREA = 177 cm²

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	LECTURA PROM.	LECTURA CORREG.	DEFORMACION x 10 ⁻⁴	DEFORMACION Unlt. x 10 ⁻⁴
0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0	0.0
2000	11.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0	0.0
4000	22.6	0.3	0.1	0.2	0.1	2	0.1
6000	33.9	0.6	0.3	0.5	0.4	8	0.4
8000	45.2	1.1	2.0	1.6	1.5	30	1.5
10000	56.5	1.9	2.5	2.2	2.1	42	2.1
12000	67.8	2.5	3.0	2.8	2.7	54	2.7
14000	79.1	3.4	3.5	3.5	3.4	68	3.4
16000	90.4	4.4	4.0	4.2	4.1	82	4.1
18000	101.7	5.7	5.0	5.4	5.3	106	5.3
20000	113.0	7.3	6.5	6.9	6.8	136	6.8
22000	124.3	9.4	7.5	8.5	8.4	168	8.4
24000	135.6	11.9	8.7	10.3	10.2	204	10.2
26000	146.9	15.2	11.0	13.1	13.0	260	13.0
28000	158.2	19.4	14.0	16.7	16.6	332	16.6

F max = 29300 kg

f_c = 166 kg/cm²

E_s = 147,849 kg/cm²

L.E.M.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MUESTRA : M1 VL-6

D = 14.7

AREA = 170 cm²

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	LECTURA PROM.	LECTURA CORREG.	DEFORMACION x 10 ⁻⁴	DEFORMACION Unit. x 10 ⁻⁴
0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
2000	11.8	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
4000	23.5	0.5	0.2	0.4	0.3	6.0	0.3
6000	35.3	0.7	0.2	0.5	0.4	8.0	0.4
8000	47.1	0.9	0.3	0.6	0.5	10.0	0.5
10000	58.8	0.9	0.4	0.7	0.6	12.0	0.6
12000	70.6	1.0	0.5	0.8	0.7	14.0	0.7
14000	82.4	1.3	0.7	1.0	0.9	18.0	0.9
16000	94.1	1.9	1.4	1.7	1.6	32.0	1.6
18000	105.9	2.6	1.9	2.3	2.2	44.0	2.2
20000	117.6	3.6	2.5	3.1	3.0	60.0	3.0
22000	129.4	4.4	3.2	3.8	3.7	74.0	3.7
24000	141.2	5.2	3.9	4.6	4.5	90.0	4.5
26000	152.9	6.1	4.6	5.4	5.3	106.0	5.3
28000	164.7	7.5	5.5	6.5	6.4	128.0	6.4
30000	176.5	8.6	6.3	7.5	7.4	148.0	7.4
32000	188.2	9.7	7.3	8.5	8.4	168.0	8.4
34000	200.0	11.2	8.4	9.8	9.7	194.0	9.7
36000	211.8	12.6	9.7	11.2	11.1	222.0	11.1
38000	223.5	14.6	11.2	12.9	12.8	256.0	12.8
40000	235.3	16.7	12.8	14.8	14.7	294.0	14.7
42000	247.1	19.2	14.8	17.0	16.9	338.0	16.9
44000	258.8	23.2	17.6	20.4	20.3	406.0	20.3

F max = 45500 kg
 f_c = 268 kg/cm²
 E_s = 337,465 kg/cm² E.M.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MUESTRA : M1 - D 15

D = 14.9

AREA = 174 cm²

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	LECTURA PROM.	LECTURA CORREG.	DEFORMACION x 10 ⁻⁴	DEFORMACION Unif. x 10 ⁻⁴
0	0.0	0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
2000	11.5	0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
4000	23.0	0.3	0.6	0.5	0.4	8.0	0.4
6000	34.5	0.8	1.0	0.9	0.8	16.0	0.8
8000	46.0	1.4	1.3	1.5	1.4	28.0	1.4
10000	57.5	1.9	2.0	2.0	1.9	38.0	1.9
12000	69.0	2.5	2.6	2.6	2.5	50.0	2.5
14000	80.5	3.4	3.2	3.3	3.2	64.0	3.2
16000	92.0	3.9	3.9	3.9	3.7	74.0	3.7
18000	103.4	4.6	4.4	4.5	4.4	88.0	4.4
20000	114.9	5.7	5.2	5.5	5.4	108.0	5.4
22000	126.4	6.6	5.9	6.3	6.2	124.0	6.2
24000	137.9	6.7	6.7	6.7	6.6	132.0	6.6
26000	149.4	6.9	7.6	7.3	7.2	144.0	7.2
28000	160.9	10.4	8.8	9.6	9.5	190.0	9.5
30000	172.4	11.6	9.8	10.7	10.6	212.0	10.6
32000	183.9	13.6	11.4	12.5	12.4	248.0	12.4
34000	195.4	16.6	13.4	15.0	14.9	298.0	14.9

F max = 35800 kg

f_c = 206 kg/cm²

E_s = 203,114 kg/cm²

L.E.M.



Handwritten signature



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MUESTRA : PP M2 L

D = 14.9

AREA = 174 cm²

CARGA	ESFUERZO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	LECTURA PROM.	LECTURA CORREG.	DEFORMACION x 10 ⁻⁴	DEFORMACION Unit. x 10 ⁻⁴
0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2000	11.5	0	0.1	0.1	0.1	1.0	0.1
4000	23.0	0.1	0.2	0.2	0.2	3.0	0.2
6000	34.5	0.2	0.3	0.3	0.3	6.0	0.3
8000	46.0	0.3	0.5	0.4	0.4	8.0	0.4
10000	57.5	0.7	1.0	0.9	0.9	18.0	0.9
12000	69.0	1.2	1.6	1.4	1.4	28.0	1.4
14000	80.5	1.6	2.3	2.0	2.0	40.0	2.0
16000	92.0	2.2	3.0	2.6	2.6	52.0	2.6
18000	103.4	2.9	3.7	3.3	3.3	66.0	3.3
20000	114.9	3.6	4.5	4.1	4.1	82.0	4.1
22000	126.4	4.4	5.5	5.0	5.0	100.0	5.0
24000	137.9	5.3	6.3	5.8	5.8	116.0	5.8
26000	149.4	6.4	7.5	7.0	7.0	140.0	7.0
28000	160.9	7.5	8.5	8.0	8.0	160.0	8.0
30000	172.4	8.7	9.8	9.3	9.3	186.0	9.3
32000	183.9	10.1	11.3	10.7	10.7	214.0	10.7
34000	195.4	11.7	13.0	12.4	12.4	248.0	12.4
36000	206.9	13.3	15.0	14.2	14.2	284.0	14.2
38000	218.4	15.4	18.0	16.7	16.7	334.0	16.7
40000	229.9	18.8	22.0	20.4	20.4	408.0	20.4

F max = 41400 kg
 f_c = 238 kg/cm² E.M.
 E_s = 204,825 kg/cm²





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MUESTRA : PP M - 1L

D = 14.9

AREA = 174 cm²

CARGA	ESFUERZO	LECTURA	LECTURA	LECTURA	LECTURA	DEFORMACION x 10 ⁻⁴	DEFORMACION Unit. x 10 ⁻⁴
		IZQUIERDA	DERECHA	PROM.	CORREG.		
0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
2000	11.5	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0
4000	23.0	0.4	0.3	0.4	0.3	5.0	0.3
6000	34.5	0.6	0.3	0.5	0.4	7.0	0.4
10000	57.5	0.7	0.5	0.6	0.5	10.0	0.5
12000	69.0	0.9	1.8	1.4	1.3	25.0	1.3
14000	80.5	2.8	1.5	2.2	2.1	41.0	2.1
16000	92.0	3.8	2.2	3.0	2.9	58.0	2.9
18000	103.4	4.9	2.8	3.9	3.8	75.0	3.8
20000	114.9	6	3.6	4.8	4.7	94.0	4.7
22000	126.4	7.2	4.5	5.9	5.8	115.0	5.8
24000	137.9	7.6	5.5	6.6	6.5	129.0	6.5
26000	149.4	10.1	6.7	8.4	8.3	166.0	8.3
28000	160.9	12	7.9	10.0	9.9	197.0	9.9
30000	172.4	13.5	9.1	11.3	11.2	224.0	11.2
32000	183.9	15.5	16	15.8	15.7	313.0	15.7
34000	195.4	18	12.4	15.2	15.1	302.0	15.1
36000	206.9	19.9	14.7	17.3	17.2	344.0	17.2
38000	218.4	24.8	16.1	21.5	21.4	427.0	21.4

F max = 38500 kg

f_c = 221 kg/cm² 1876

E_s = 143,831 kg/cm²

L.E.M.

HECHO POR : Ing. A.T.C.

ING. CARLOS IRALA CANGHO
JEFE DEL LABORATORIO N° 1876
ENSAYO DE MATERIALES

