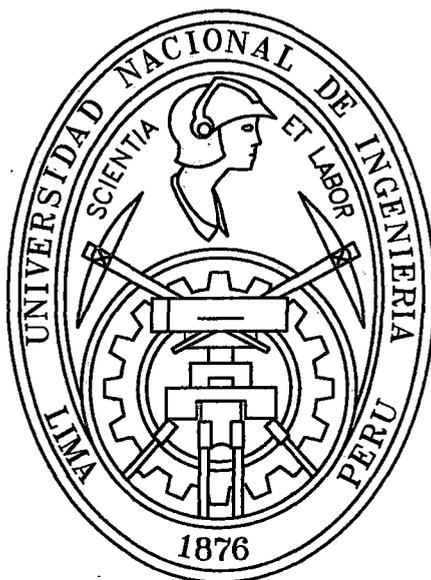


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



ESTUDIO SOBRE EL CONCRETO EXPUESTO EN EDIFICACIONES PEQUEÑAS Y MEDIANAS

TESIS

Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO CIVIL

YUET WA TANG TAM

Digitalizado por:

Lima – Perú

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

2007

INDICE

	Pag.
INDICE	2
INTRODUCCION	7
CAPITULO I EL CONCRETO EXPUESTO	11
1.1 GENERALIDADES	11
1.2 ANTECEDENTES	12
1.2.1 Anexo Fotográfico de Edificaciones con concreto expuesto en diversas partes del mundo	17
1.2.2 Anexo Fotográfico de Edificaciones con concreto expuesto en el Perú	22
1.3 REQUERIMIENTOS DEL CONCRETO EXPUESTO	32
1.4 ACABADOS EN CONCRETOS EXPUESTOS	33
1.4.1 Textura	34
1.4.2 Color	38
1.4.3 Anexo fotográfico de acabados especiales en concreto expuesto	41
1.5 APRECIACIÓN DE LOS DEFECTOS	49
1.6 PRINCIPALES APLICACIONES DEL CONCRETO EXPUESTO ..	51
1.6.1 Anexo Fotográfico de aplicaciones de concreto expuesto .	53
CAPITULO II EL CONCRETO Y LOS MATERIALES PARA SU ELABORACIÓN	60
2.1 EL CEMENTO	60
2.1.1 Mecanismos de Hidratación	62
2.1.2 Clasificación de los cementos	63
2.1.3 Tipos de cemento que se fabrican en el Perú	64
2.2 AGREGADOS	65
2.2.1 Características físicas	65
2.2.2 Características resistentes	68
2.2.3 Análisis granulométrico	68
2.3 EL AGUA EN EL CONCRETO	73
2.3.1 Aguas no recomendables	74
2.4 ADITIVOS PARA EL CONCRETO	75
2.4.1 Aditivos reductores de agua o plastificantes	76
2.4.2 Aditivos superplastificantes	77
2.4.3 Curadores químicos	78

	Pag.
2.5 ENCOFRADOS	79
2.5.1 Seguridad en los encofrados	80
2.5.2 Economía en los encofrados	81
2.5.3 Desencofrado	82
2.6 DISEÑO DE MEZCLAS	84
2.6.1 Información requerida para el diseño de mezclas	84
2.6.2 Secuencia de diseño	85
2.6.3 Métodos de diseño de mezclas	97
2.7 PROPIEDADES DEL CONCRETO	100
2.7.1 Propiedades principales del concreto fresco	100
2.7.2 Propiedades principales del concreto endurecido	103
2.8 ETAPAS CONSTRUCTIVAS DEL CONCRETO	108
2.8.1 Mezclado	108
2.8.2 Transporte	111
2.8.3 Colocación	112
2.8.4 Compactación	113
2.8.5 Curado	118
CAPITULO III EVALUACION DE LAS VISITAS A LAS OBRAS EDIFICADAS CON CONCRETO EXPUESTO	 122
3.1 RELACION DE LAS OBRAS VISITADAS	122
3.2 ESTUDIO DEL CONCRETO EXPUESTO DE LAS OBRAS VISITADAS	126
3.2.1 C.E. 2002 "Virgen del Rosario"	127
3.2.2 C.E. 3095 "Peru Kawasi"	132
3.2.3 C.E. "Casa Blanca de Jesús"	138
3.2.4 Centro Piloto Ocupacional Femenino de Lima	143
3.2.5 C.E. 3036 "José Antonio Rázuri"	148
3.2.6 C.E. 3060 "Alfonso Ugarte"	153
3.2.7 C.E. 52	158
3.2.8 C.E. 2255 "1ro. de Abril"	163
3.2.9 C.E. 1189 "Alberto Rivera y Piérola"	168
3.2.10 C.E. 2035	173
3.2.11 C.E. 1190 "Felipe Huamán Poma de Ayala"	178
3.2.12 C.E. 5184	183
3.2.13 SENCICO (sede del Cono Norte)	188

	Pag.
3.3 ASPECTOS RELEVANTES EN LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	191
3.3.1 En los encofrados	191
3.3.2 En el concreto	198
3.4 IDENTIFICACION DE LOS PRINCIPALES DEFECTOS ENCONTRADOS	205
3.4.1 Irregularidades superficiales	206
3.4.2 Variaciones en el color	211
3.4.3 Deficiencias de diseño	212
3.4.4 Omisiones durante el proceso constructivo	213
3.4.5 Anexo fotográfico de los principales defectos	214
CAPITULO IV ESTUDIO DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL LOGRO DE UN BUEN CONCRETO EXPUESTO DEL TIPO LISO	248
4.1 INFLUENCIA DEL CEMENTO	249
4.2 INFLUENCIA DEL AGUA	251
4.3 INFLUENCIA DE LOS AGREGADOS	252
4.3.1 Agregado fino	253
4.3.2 Agregado grueso	253
4.4 INFLUENCIA DEL ENCOFRADO	254
4.4.1 Desencofrado	262
4.5 CRITERIOS DE DISEÑO DE LOS PROYECTOS	264
4.6 LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS	267
4.6.1 Resanes	277
4.7 MANTENIMIENTO	278
CAPITULO V APLICACIÓN EXPERIMENTAL DE LOS PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN PARA EL LOGRO DE UN BUEN CONCRETO EXPUESTO DEL TIPO LISO ...	280
5.1 CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN EN RELACION AL CONCRETO A UTILIZAR	281
5.2 CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN EN RELACION AL ENCOFRADO A UTILIZAR	283
5.3 CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS A UTILIZAR	287
5.3.1 Características del agregado fino	287
5.3.2 Características del agregado grueso	288
5.4 DISEÑO DE MEZCLAS DE LAS DISTINTAS VARIANTES	290
5.5 ANEXO FOTOGRAFICO	294

	Pag.
CAPITULO VI ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN EXPERIMENTAL	299
6.1 FACTORES QUE INFLUYEN PATOLOGICAMENTE EN EL CONCRETO EXPUESTO DEL TIPO LISO	300
6.1.1 Influencia del Tamaño del agregado grueso	304
6.1.2 Influencia de la dosificación de los agregados en la mezcla	306
6.1.3 Influencia del uso de aditivo plastificante	308
6.1.4 Influencia del tiempo de desencofrado	310
6.1.5 Conclusiones	312
6.2 FACTORES RELATIVOS A LOS ENCOFRADOS QUE INFLUYEN EN EL CONCRETO EXPUESTO DEL TIPO LISO	313
6.2.1 Influencia del tratamiento de juntas en el acabado	313
6.2.2 Influencia de la laca desmoldante en el acabado	317
6.2.3 Conclusiones	323
CAPITULO VII ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS	325
7.1 COSTOS DE CONSTRUCCION DE COLUMNA	325
7.1.1 Análisis de costo unitario de encofrado y desencofrado de columna de concreto expuesto	326
7.1.2 Análisis de costo unitario de concreto de columna con aditivo plastificante	329
7.1.3 Análisis de costo unitario de encofrado y desencofrado de columna de concreto convencional	330
7.1.4 Análisis de costo unitario de concreto de columna	333
7.1.5 Análisis de costo unitario de tarrajeo de columna	334
7.1.6 Análisis de costo unitario de vestidura de aristas de columna	335
7.1.7 Análisis de costo unitario de pintura de columna	336
7.1.8 Análisis comparativo	337
7.2 COSTOS DE CONSTRUCCION DE VIGA	338
7.2.1 Análisis de costo unitario de encofrado y desencofrado de viga de concreto expuesto	338
7.2.2 Análisis de costo unitario de concreto de viga con aditivo plastificante	342
7.2.3 Análisis de costo unitario de encofrado y desencofrado de viga de concreto convencional	343

	Pag.
7.2.4 Análisis de costo unitario de concreto de viga	346
7.2.5 Análisis de costo unitario de tarrajeo de viga	347
7.2.6 Análisis de costo unitario de vestidura de aristas de viga .	348
7.2.7 Análisis de costo unitario de pintura de viga	349
7.2.8 Análisis comparativo	350
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	352
CONCLUSIONES	352
RECOMENDACIONES	356
BIBLIOGRAFIA	358

INTRODUCCION

Durante mucho tiempo, el concreto propiamente dicho, desde su descubrimiento a comienzos del siglo XIX, estuvo limitado en un principio a cumplir funciones no estructurales y posteriormente funciones tanto estructural como no estructural, y su aspecto superficial luego del retiro de los encofrados no se tomaba en cuenta.

Hoy, además de su capacidad de responder a las más exigentes condiciones estructurales y de su facilidad para adaptarse a los volúmenes más complejos y originales, puede poseer una gama infinita de superficies, de la textura más lisa a la más rugosa y de la más refinada a la más tosca, ganando un lugar privilegiado tanto en la arquitectura como en la ingeniería contemporánea. Pues, esta superficie expuesta del concreto es denominada comúnmente "concreto expuesto" o "concreto arquitectónico", incorporando de esta manera el arte del manejo del cemento y por ende del concreto, redescubriendo este material, para lograr que este material terminado considerado como "frío" y con la originalidad de sus formas pueda transmitir personalidad, estética y principalmente calidad, a través de su color y de su textura o de la combinación de ambas.

Si bien es cierto, el concreto en todas sus clasificaciones (simple, armado, reológico, con polímeros, con microsilíce, con cenizas, etc.) es un componente de gran plasticidad y versatilidad, que su forma final sólo depende del encofrado, y que una vez endurecido se convierte en un material muy rígido haciendo complicada cualquier aspecto no considerada originalmente. Por lo tanto, mayor dificultad se presenta en el concreto expuesto; pues, una vez culminada el proceso de colocación cuya operación debe ser casi perfecta, con una muy limitada tolerancia; su rectificación o reparación posterior será siempre delicada y visible afectando su apariencia final.

De todos los tipos de concreto expuesto, el acabado del tipo liso, ya sea como concreto natural o coloreado, es el tipo donde, luego del desencofrado, si hubiera defectos superficiales, esta se apreciará claramente y sin tener opción a poder ser disimulado, salvo que se aplique una pintura encima de ella,

desnaturalizando así el concepto de concreto expuesto. La presente tesis está íntegramente dedicada a la investigación de este tipo de acabado liso de concreto sin colorear y con la utilización de encofrados de madera, ya que es el material utilizado generalmente en edificaciones pequeñas y medianas.

En tal sentido, el tratamiento del encofrado en todas sus fases y los procesos para la obtención del concreto juegan un rol importantísimo para el logro de un buen concreto expuesto correspondiendo el manejo de estos aspectos al ámbito de la ingeniería civil; aplicando en forma correcta la tecnología del concreto, es decir, tener un conocimiento profundo la naturaleza íntima de este material, su diseño desde la selección de sus componentes, su comportamiento tanto en sus estados fresco y endurecido, su manejo antes y durante la construcción y, su correcto tratamiento y mecanismos de protección; siempre tomando en consideración las constantes innovaciones tecnológicas que surgen tanto en la fabricación del concreto como en los sistemas de encofrados, como consecuencia de la globalización del mundo actual.

Sin embargo, en la práctica, el concreto expuesto, no está libre de imperfecciones que afectan su apariencia final; la que entre otros factores, debido principalmente a la variabilidad de los diversos aspectos que pueden influir en una obra durante el proceso de fabricación, transporte, colocación y compactación del concreto, aún utilizando concreto premezclado; por lo que finalmente, es aceptado con mínimas cantidades de defectos superficiales y mínima variación tanto de textura como de color.

En el Perú, y principalmente en Lima, las primeras edificaciones urbanas con concreto expuesto se inician en la década del 60 y la que hasta el día de hoy ha tomado un lugar importante en las nuevas edificaciones públicas y privadas, resaltando las características finales de la superficie del concreto. El carácter visual de su superficie, así como las ventajas económicas que en ciertas construcciones se obtiene en el acabado final, han terminado por imponerlo en un buen número de especificaciones y planos arquitectónicos. En los últimos años, los colegios construidos por INFES y dos obras de envergadura: el Estadio Monumental del Club Universitario de Deportes y el Complejo del remodelado

Parque de la Reserva de Lima son realizados todos con concreto expuesto del tipo liso.

Dentro de este empleo frecuente del concreto expuesto se plantean una serie de temas que deben ser estudiados para dar relevancia a su utilización.

En este sentido, hay muchos aspectos que determinan la buena calidad del elemento terminado, dichos aspectos no han sido debidamente estudiados y tratados de manera tal que se pueda asegurar concretos expuestos con acabados de alta calidad.

Este trabajo de investigación, busca establecer especificaciones, recomendaciones y procedimientos constructivos a seguirse para el logro de óptimas superficies de concreto expuesto del tipo liso, principalmente para las estructuras construidas en sitio. Y como objetivo específico, y para fines eminentemente prácticos, se hará un análisis y comparación de precios reales tomando en consideración los materiales identificados como los más convenientes para la obtención del concreto expuesto, con respecto al uso del concreto con un concreto convencional.

Para tal fin, se ha efectuado una campaña de visitas y evaluaciones de diferentes obras previamente seleccionadas, donde se identificó y se clasificó los defectos encontrados y los principales procedimientos utilizado; las que a partir de este diagnóstico y teniendo certeza de sus causas, es que se ha realizado el estudio de los diversos factores que influyen en el logro de un buen concreto expuesto del tipo liso concluyendo con una serie de recomendaciones.

Luego, un programa de trabajo experimental realizado en el laboratorio la que simulará condiciones ideales, para comprobar así cuál es la influencia de los diversos factores que contribuyen al logro de un buen concreto expuesto del tipo liso.

La importancia de las conclusiones que arrojará esta investigación, nos permitirá proponer procedimientos constructivos y contribuir en la mejora de las especificaciones técnicas existentes para el aseguramiento en la obtención de

acabados arquitectónicos de alta calidad; y asimismo, permite la reducción o eliminación de partidas de obras referidas a tarrajeos y pintura obligando a una elaboración correcta de elementos estructurales, en la medida que los tarrajeos ocultan pequeñas deficiencias.

En resumen, el concreto, es un material que por su flexibilidad y bondades, permite cualquier inventiva arquitectónica y es a través de la buena práctica de la ingeniería y con una filosofía de calidad, darle al concreto expuesto el acabado y función para la cual ha sido concebido; con una relación armoniosa y coordinada entre proyectistas arquitectónicos y estructurales y constructores. Le Corbusier definía como la “sostenida, paciente y fructífera conversación entre arquitectos e ingenieros, hablando de igual a igual con iguales responsabilidades y prestigio, cada cual en su lugar y cada cual reconociendo sus deberes y derechos”.

Así como el objetivo principal de esta tesis de investigación ha sido establecer recomendaciones tanto de especificaciones técnicas como de procedimientos constructivos para obtener un buen concreto expuesto del tipo LISO, también contiene un mensaje de calidad en la construcción, ya que basta una deficiencia en uno de los procesos de la cadena constructiva para que se refleje los defectos en el acabado final; por lo que es de esperar también generar a partir de esta investigación la apertura de una conciencia y sensibilidad hacia la calidad en los procesos constructivos.

CAPITULO I

EL CONCRETO EXPUESTO

1.1 GENERALIDADES.-

El concreto expuesto, de acuerdo a la definición del ACI, es aquel concreto que luego del desencofrado, la superficie final tendrá una textura y un acabado aceptable y que permanecerá expuesto permanentemente.

Dada la necesidad de estos elementos desde la óptica estructural, también se ha introducido la posibilidad de su utilización arquitectónica, y es ésta una de las razones que complementada con los aspectos estéticos ha llevado al desarrollo de lo que en nuestro medio se denomina "Concreto Caravista" o "Concreto Arquitectónico" y para otros simplemente "Concreto Expuesto". El "Concreto Arquitectónico" forma parte de la lista de concretos especiales mencionadas en el comité ACI 116R-90 (Cement and Concrete Terminology) y es definido como aquel concreto que estará permanentemente expuesto a la vista y por tanto, requiere un especial cuidado en la selección de los materiales, en el encofrado y en la colocación del concreto para obtener la apariencia arquitectónica deseada.

En el presente trabajo de investigación, se abordará básicamente los problemas del Concreto Expuesto del tipo LISO construido en sitio y bajo condiciones ambientales normales, por lo que este concreto estará dentro de la definición de Concreto Arquitectónico.

1.2 ANTECEDENTES.-

Desde que el hombre empezó a construir ha buscado un material que combinara arena y piedras para formar una masa sólida. Los asirios y babilonios usaron la arcilla, los antiguos egipcios descubrieron la cal y el yeso como agente ligante. Los griegos hicieron avances mayores y los romanos un cemento mezclando cal con ceniza volcánica.

Los romanos utilizaron el agregado quebrado del ladrillo embutido en una mezcla de la masilla de la cal con polvo del ladrillo o la ceniza volcánica. Construyeron una variedad amplia de estructuras que incorporaron la piedra y concreto, incluyendo los caminos, puentes, los acueductos, los templos y los palacios, algunas de las cuales aún existen y están en un excelente de preservación. Los romanos utilizaron también muchas técnicas innovadoras para manejar el peso del concreto. Para aligerar el peso de estructuras enormes, encajonaron a menudo tarros de barro vacíos en las paredes. También utilizaron barras de metal como refuerzos en el concreto cuando fueron construidos los techos estrechos sobre callejones.

En 1,774 John Smeaton había encontrado que combinar la cal viva con otros materiales creaba un material extremadamente duro que se podría utilizar para unir otros materiales y utilizó este conocimiento para construir la primera estructura de concreto desde la Roma antigua: el faro de Eddystone en Inglaterra. Utilizó una mezcla de la cal viva, arcilla, arena y escoria de hierro machacada.

En alguna forma la cal se mantuvo como principal material ligante hasta el descubrimiento del cemento Portland en el año 1,824 por Joseph Apsdin, constructor inglés, quien patentó un proceso de calcinación de caliza arcillosa que producía, según él, un cemento que al hidratarse adquiría la misma resistencia que la piedra de la isla de Portland, Inglaterra; con lo que se marca el punto de partida para el nacimiento de la tecnología del concreto.

En 1,849 un jardinero llamado Joseph Monier, que trabajaba en los jardines del Palacio de Versalles ideó reemplazar los moldes existentes de madera utilizados como jardineras, por unas mallas metálicas revertidas de cemento; con esto nacía el hormigón armado o el concreto armado.

En 1,889, los ingenieros Coignet y Hennebique plantearon las primeras normas y principios técnicos para el concreto armado.

En 1,894, el Ing. Contamin y el Arq. Anatole de Baudot realizan el primer ejemplo de gran escala con estructura de concreto: la iglesia de San Juan de Montmartre.

Posteriormente, el análisis estructural aportó una contribución básica en el desarrollo del concreto. Sin los modelos matemáticos, analizando las fuerzas y los momentos flectores y/o torsionantes antes de la construcción de la obra, el concreto no hubiera progresado más allá de su uso inicial como sustituto de la albañilería de piedra.

En 1903, Panamá y Estados Unidos firmaron un tratado mediante el cual Estados Unidos emprendió la construcción de un canal interoceánico para barcos a través del Istmo de Panamá; al año siguiente, Estados Unidos comenzó la construcción. Este monumental proyecto fue terminado en 10 años a un costo aproximado de \$387 millones de aquel entonces. Los desafíos de ingeniería encontrados fueron enormes. Las condiciones geológicas difíciles, la obtención de las materias primas necesarias y mano de obra, más la enorme escala del equipo requirieron una innovación ilimitada.

Es en 1,906, donde Frank Lloyd Wright, considerado como uno de los utopistas modernos, en EEUU, realizaba una de las obras claves de la arquitectura moderna: la Unity Church en Oak Park; obra íntegramente realizada con concreto expuesto vaciados en sitio.

En 1,911 Max Berg proyecta la enorme cúpula con estructura reticulada de concreto del salón del centenario de Breslau en Polonia. Con un diámetro de

65 m., una altura de 42 m. y área techada de 5,000 m², es uno de los edificios de concreto más impresionantes del mundo.

Entre 1,905 y 1,930, en un campo diferente a la edificación urbana, el Ing. Suizo Maillart diseñó puentes de concreto que asombraron al mundo por su esbeltez y elegancia.

Luego fue en 1,920 que el Ing. Duff Abrams probó que la relación agua-cemento era el mayor determinante de su resistencia a la compresión; a él también se le atribuye la importancia del Módulo de Fineza, ya que es un parámetro fundamental en el diseño de mezclas en la actualidad; pero es en el "slump test" o en el ensayo de consistencia del concreto donde más se le conoce, por el famoso Cono de Abrams.

Recién en 1,930, Le Corbusier, suizo-francés, otro de los utopistas modernos, da un tratamiento del concreto expuesto con vigor y fuerza: el Pórtico del Pabellón Suizo de la Ciudad Universitaria de París, donde columnas masivas de concreto soportan una plataforma también en concreto, recibiendo una estructura ligera de acero.

A partir del término de la segunda Guerra Mundial, que representó un gran corte en la historia, Le Corbusier, protagoniza una serie de edificaciones con concreto expuesto:

- En 1,946 proyecta un gigantesco paralelepípedo de 135 m. de longitud, 24 m. de ancho y 18 pisos de altura colocado en una plataforma sobre columnas que lo separan del suelo, donde se emplea por primera vez la superficie texturizada del concreto, para luego realizar varias de estas edificaciones similares.
- En 1,955 la capilla de Ronchamp, con su gran techo curvo de concreto expuesto. (Ver Foto 1.8)
- En 1,957 realiza el majestuoso grupo del Capitolio de Chandigarh en la India y en 1,959 termina el Convento de la Tourette, en Francia, en

el cual el piso es de concreto pulido y los muros y techos vaciados con el acabado expuesto mostrando el encofrado.

Otros personajes entre ingenieros y arquitectos como: Paul Rudolph, Kenzo Tange, Kunio Maekawa, I. M. Pei, Eero Saarinen, Pier Luigi Nervi, Félix Candela, formulan una serie de obras en que se elaboran el acabado y la textura con una economía estructural.

Podemos citar algunas de las grandes obras de concreto expuesto en otras partes del mundo:

1. **First National Bank** en Lansing, Illinois, Estados Unidos.
2. **South Campus Center de la Universidad de Washington**, en Seattle, Estados Unidos.
3. **Athmospheric Environment Services**, North York, Ontario, Canadá.
4. **Sede del Ayuntamiento de Tokyo, Japon.** (Ver Foto 1.1)
5. **Grand Valley State College Library**, de Allendale, Michigan, Estados Unidos.

En el Perú, principalmente en Lima, los primeros trabajos con este material, el concreto expuesto, en edificación urbana se inician en la década del 60.

Del 60 al 63 el ex - Instituto de la Vivienda proyectó una serie de obras de vivienda social que muestran la estructura y algunos detalles con concreto expuesto y la albañilería vista: Ventanilla, Matute, Mirones y San Felipe (en algunos casos el concreto pintado).

Sin embargo, la influencia de las obras de Le Corbusier, entre otros, van acentuando cada vez más el uso del concreto expuesto en diferentes obras de nuestro país y empieza a ganar aceptación, ubicadas en su mayoría en la Costa, sobre todo en la ciudad de Lima. Existen muy pocas en la zona de la Sierra.

En nuestras edificaciones se observa claramente que los mejores logros desde el punto de vista de su ejecución, pertenecen al denominado concreto "bronco", y le sigue el concreto de superficie lisa con bruñas. Aquí algunas de las más importantes:

1. El Centro Cívico de Lima. (Ver Fotos N° 1.10 y 1.11)
2. SENATI. (Ver Foto N° 1.22)
3. Edificio PETROPERU. (Ver Foto N° 1.23)
4. Ministerio de Guerra.
5. Ministerio de Pesquería.
6. Banco de Crédito de Miraflores. (Ver Foto N° 1.13)
7. Edificio Diners. (Ver Foto N° 1.15)
8. Hospital del Cáncer (hoy Inst. Nac. de Enfermedades Neo-plásicas)
(Ver Foto N° 1.18)
9. Banco Minero (Hoy SUNAT)
10. Banco de la Vivienda (Hoy Banco Continental).

Ultimamente, dos obras de envergadura ejecutadas en Lima con concreto expuesto es el Estadio Monumental del Club Universitario de Deportes (ver Foto N° 1.28) y el anfiteatro "Nicomedes Santa Cruz" del remodelado Parque de Lima (ver Fotos N° 1.29a y 1.29b).

En los últimos diez años, el Ministerio de Educación a través de INFES (Instituto Nacional de Infraestructura Educativa y de Salud) ha estado construyendo colegios en forma masiva con concreto expuesto del tipo liso de 2 o 3 niveles, generalmente en zonas muy deprimidas. Precisamente, estas edificaciones se van a tomar como base de estudio para el presente trabajo de investigación.

En la página siguiente, se presenta un anexo fotográfico de algunas edificaciones con concreto expuesto en diversas partes del mundo y más adelante otro anexo fotográfico de edificaciones en Lima.

1.2.1 ANEXO FOTOGRÁFICO DE EDIFICACIONES CON CONCRETO EXPUESTO EN DIVERSAS PARTES DEL MUNDO.-

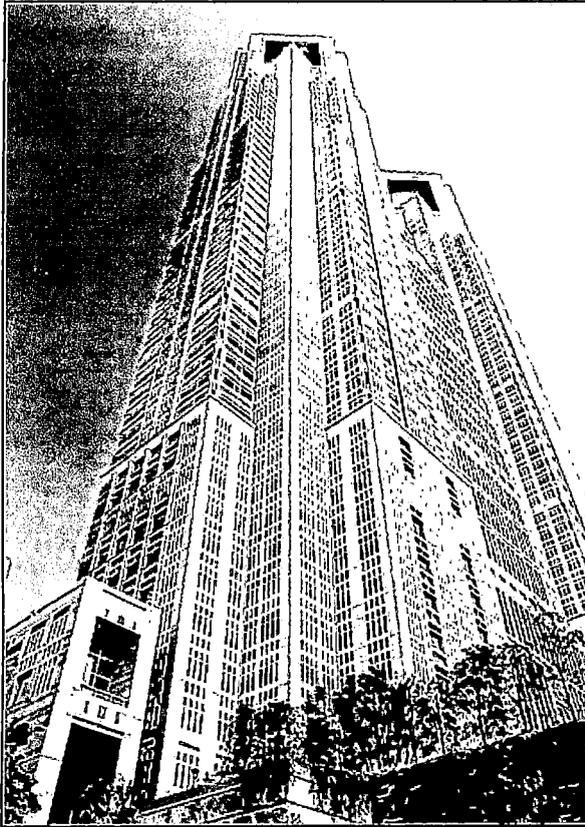


Foto N° 1.1
Sede del Ayuntamiento de
Tokyo.

Japón.

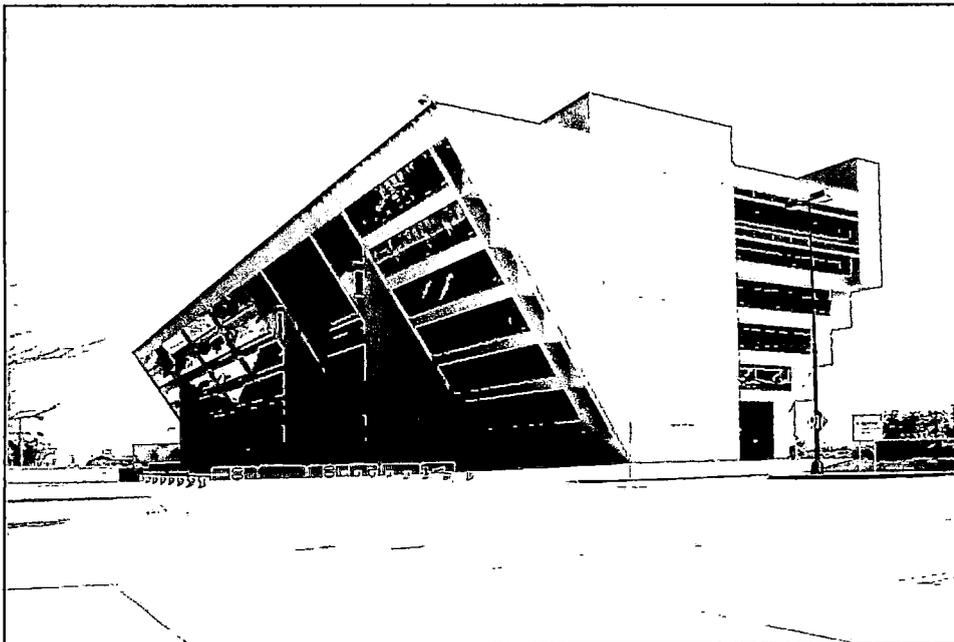


Foto N° 1.2 Dallas City Hall, Dallas.

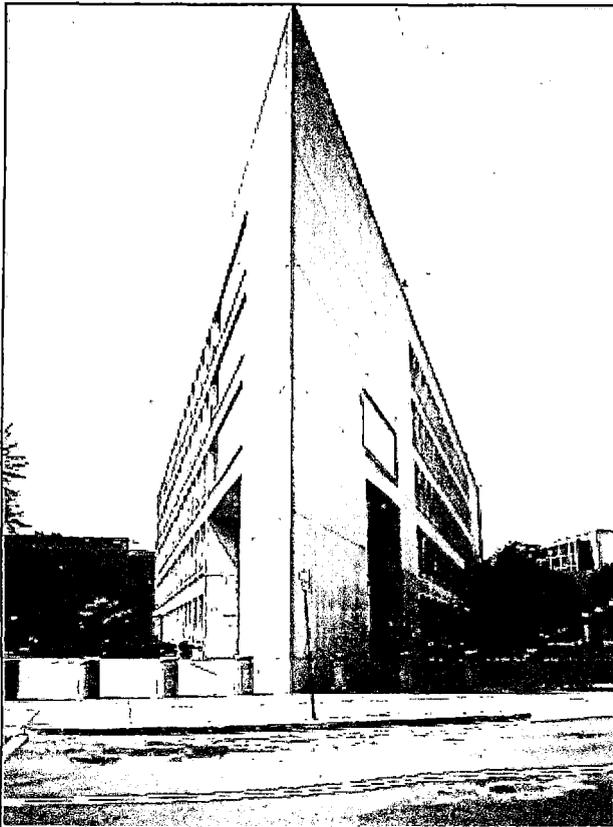


Foto N° 1.3
Landau Chemical Engineering
Building, MIT.

Massachusets.

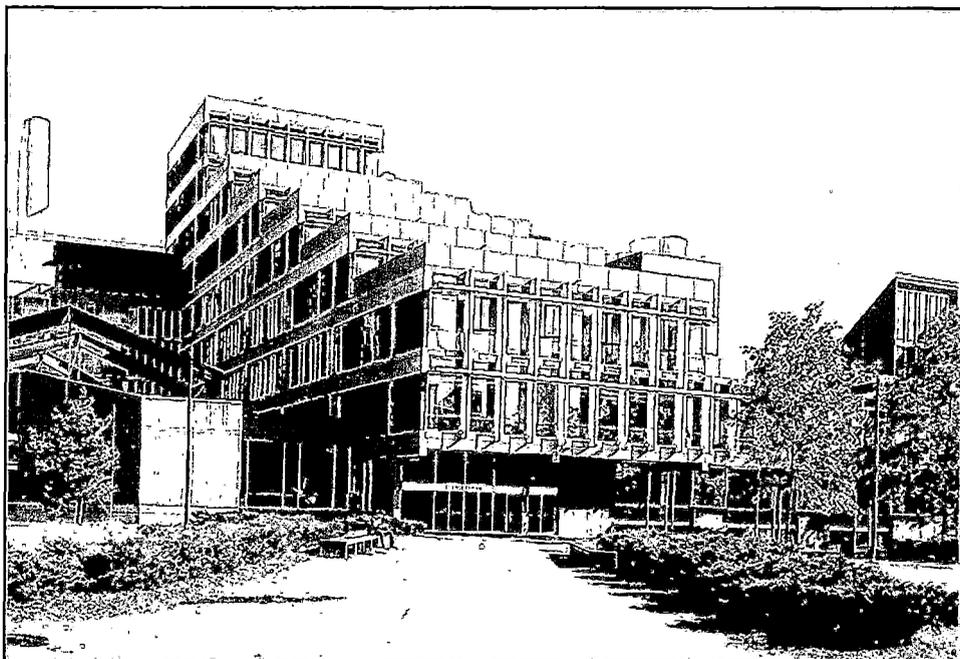


Foto N° 1.4 Health Center, Japón.

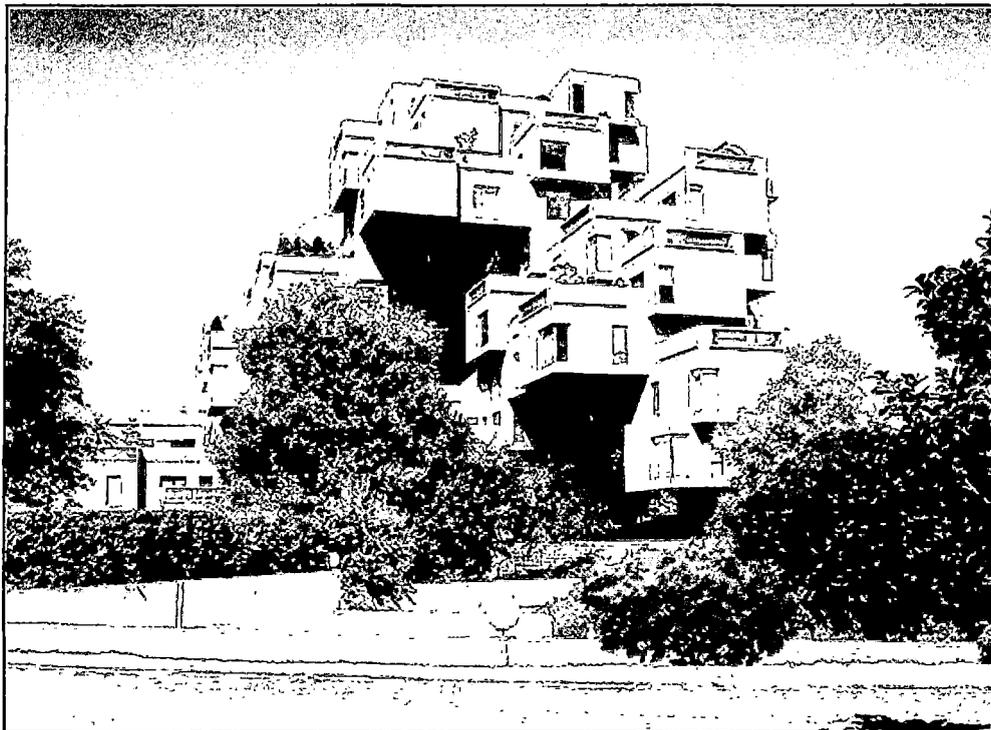


Foto N° 1.5 Hotel Habitat 67, Montreal Canadá.

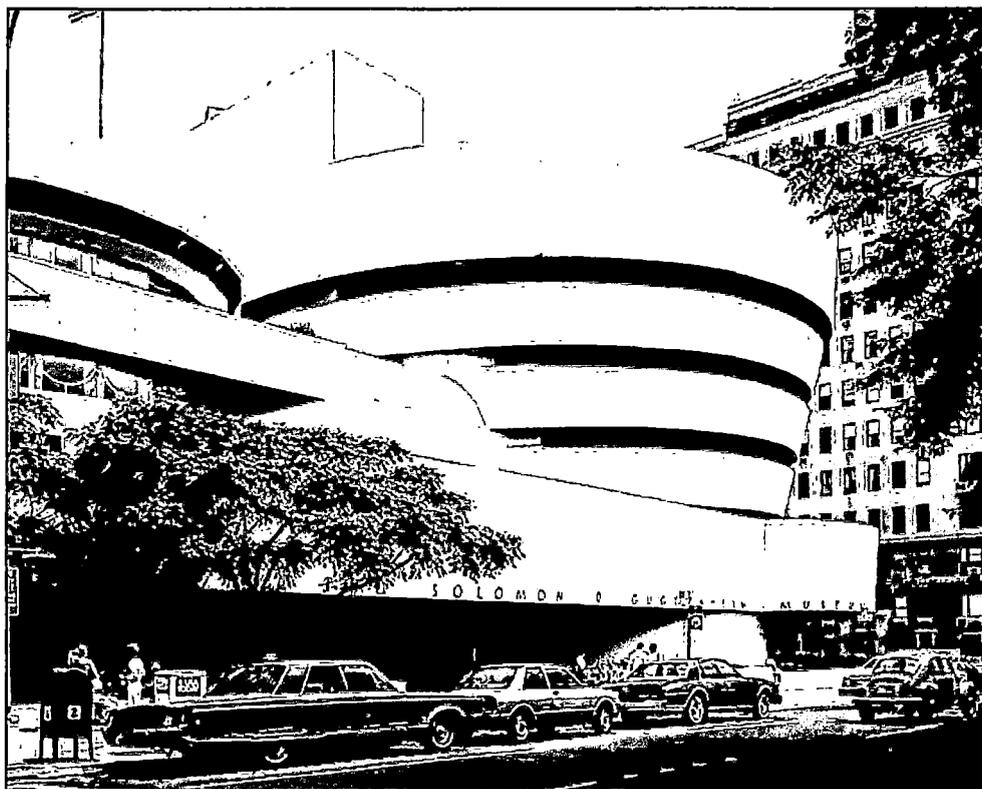


Foto N° 1.6 Museo Solomon Guggenheim, Nueva York.



Foto N° 1.7 Terminal TWA del Aeropuerto J.F.K., Nueva York.

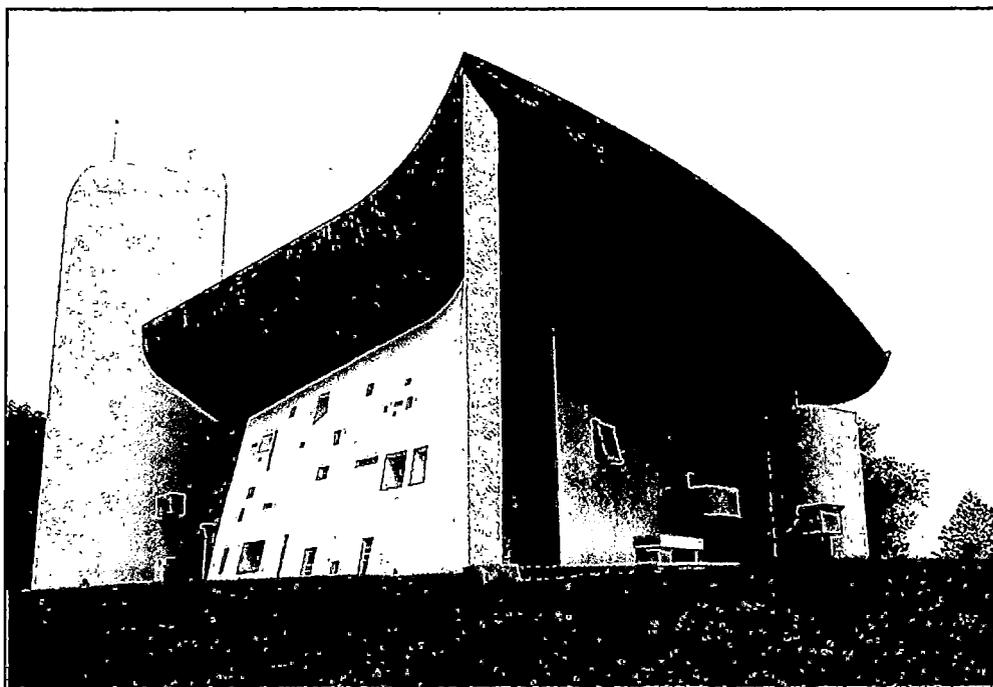


Foto N° 1.8 Convento Notre Dame du Haut, Ronchamp, Francia.

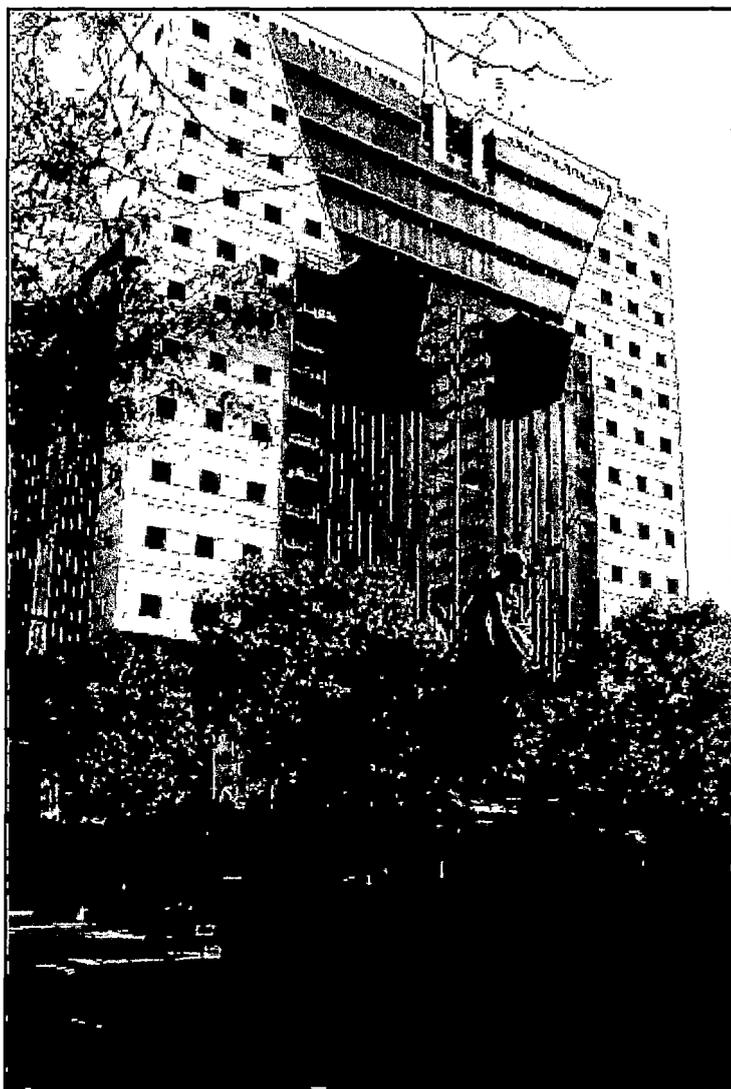


Foto N° 1.9 Edificio Pórtland, Oregon, Estados Unidos.

1.2.2 ANEXO FOTOGRÁFICO DE EDIFICACIONES CON CONCRETO EXPUESTO EN EL PERU.-

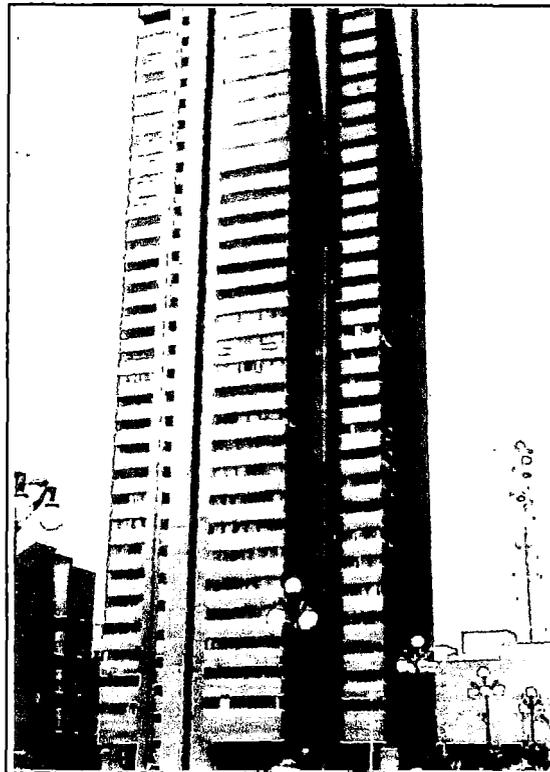


Foto N° 1.10 El Centro Cívico.

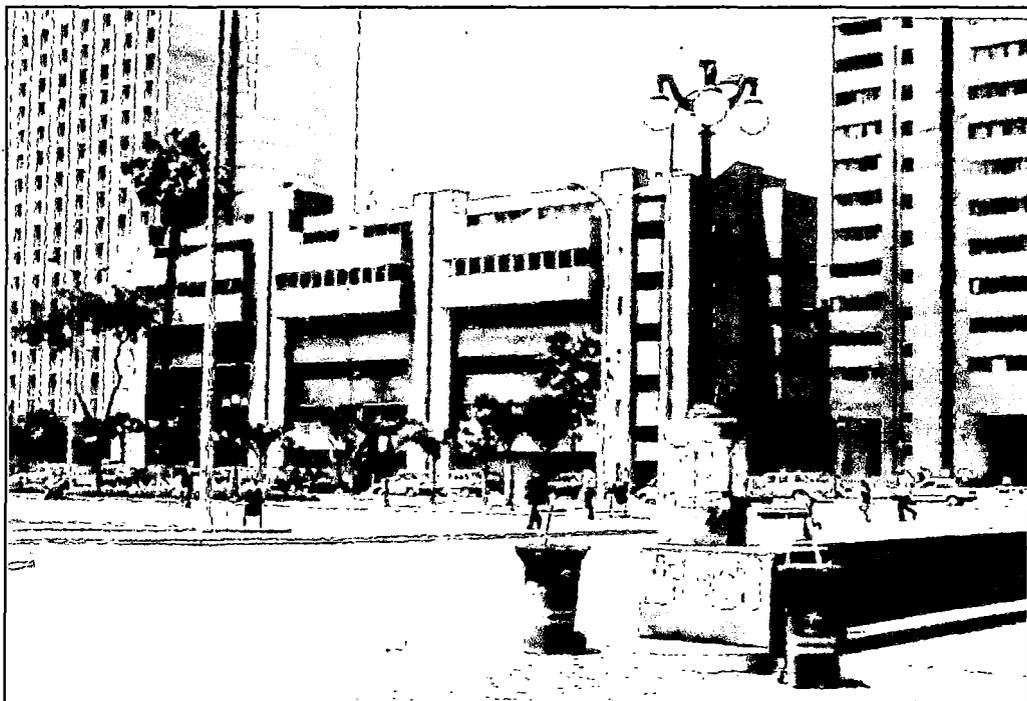


Foto N° 1.11 Pabellón adyacente al Centro Cívico.



Foto N° 1.12 Interior del Centro Comercial Chacarilla.



Foto N° 1.13

**Local del Banco de Crédito
de la Av. Larco, Miraflores.**



Foto N° 1.14

**Edificio de oficinas en la
esquina de la Av.
Emancipación y Jr.
Azángaro en el Cercado de
Lima.**

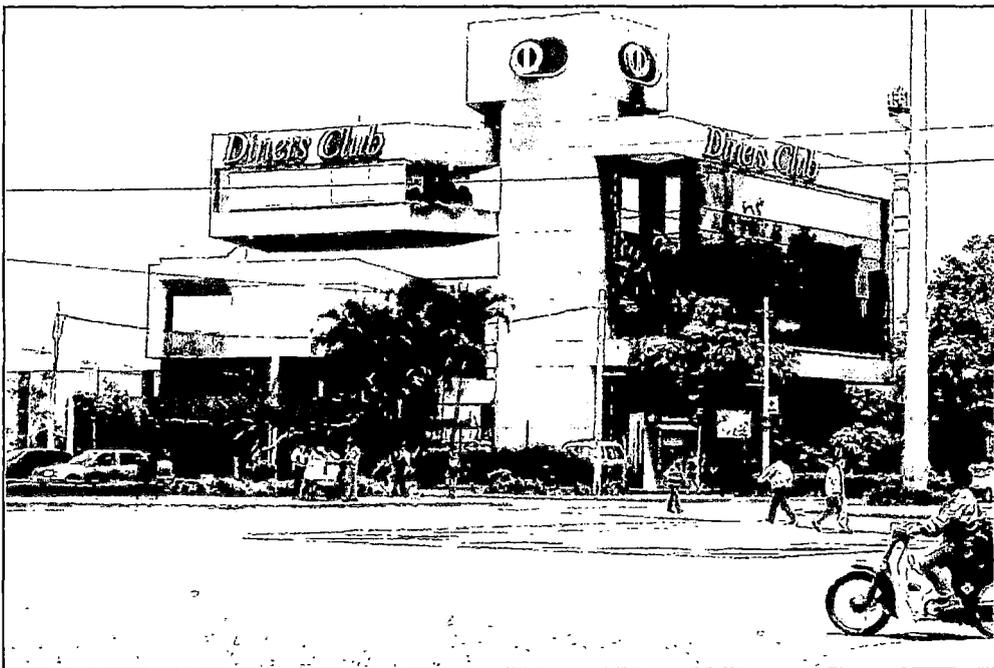


Foto N° 1.15 Edificio DINERS.



Foto N° 1.16 Museo de la Nación.

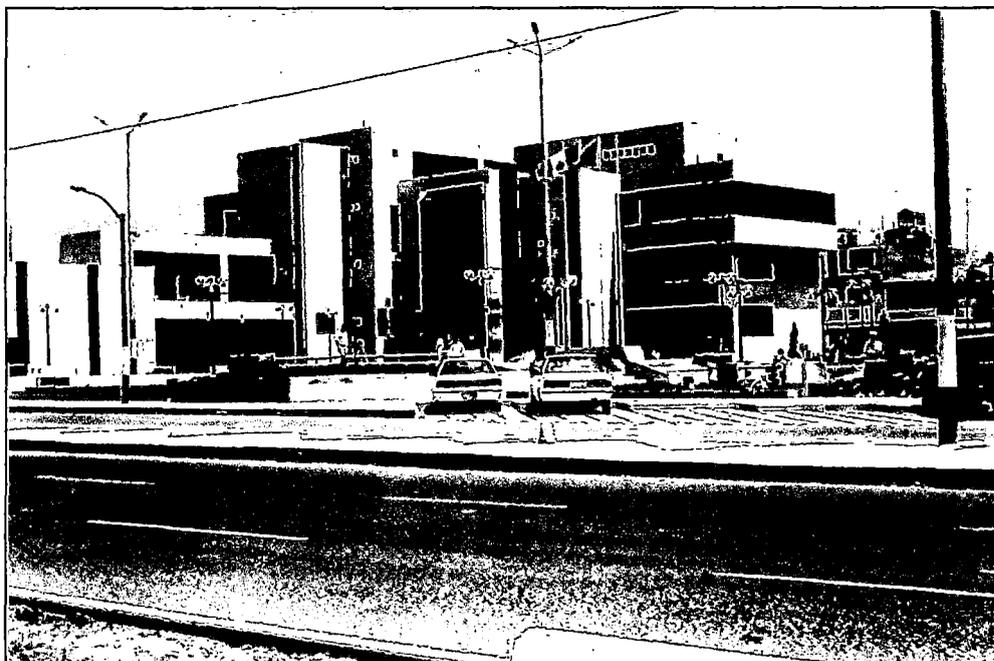


Foto N° 1.17 Municipalidad de Los Olivos.

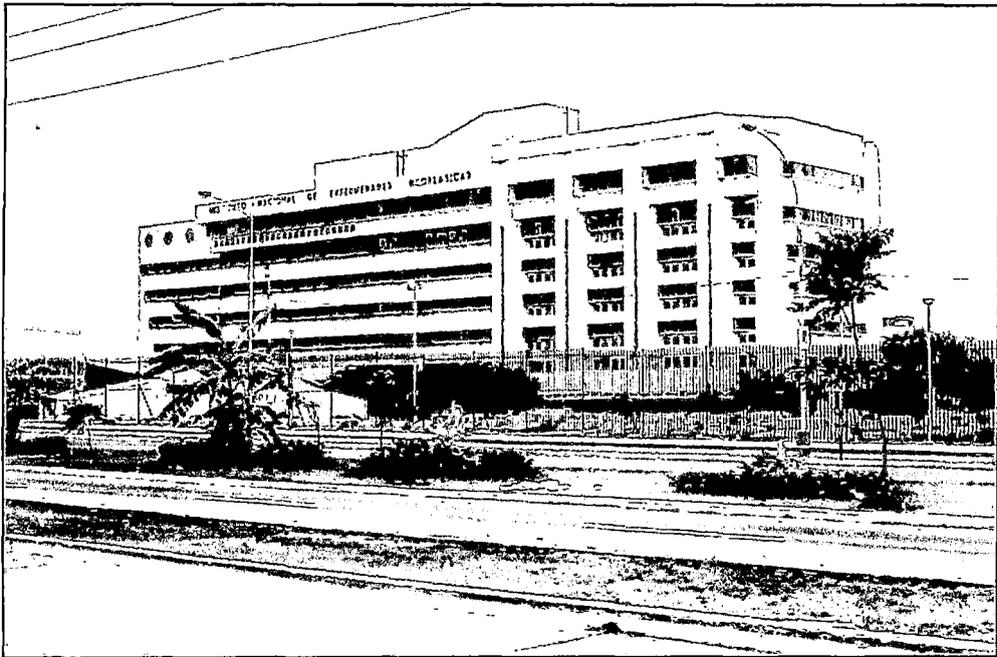


Foto N° 1.18 Hospital Nacional de Enfermedades Neoplásicas.



Foto N° 1.19 Edificio de oficinas de Congresistas, en la Av. Abancay.



Foto N° 1.20 Patronato Cultural de ESSALUD.



Foto N° 1.21 Pabellón Central de la Universidad Ricardo Palma.



Foto N° 1.22 Local central de SENATI.



Foto N° 1.23 Edificio del ex-local de PETROPERU.



Foto N° 1.24 Sede principal de la Southern Perú, en Chacarilla del Estanque.



Foto N° 1.25 Edificio "Superconcreto".

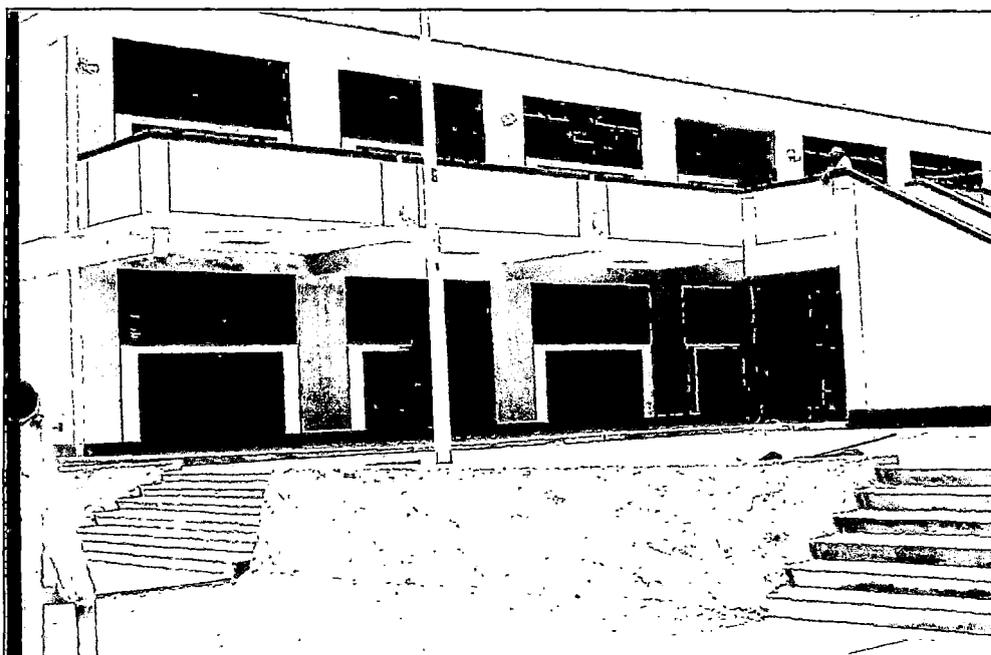


Foto N° 1.26 Colegio "Casa Blanca de Jesús", Cantogrande.



**Foto N° 1.27 Centro Piloto Ocupacional Femenino de Lima,
Lince.**

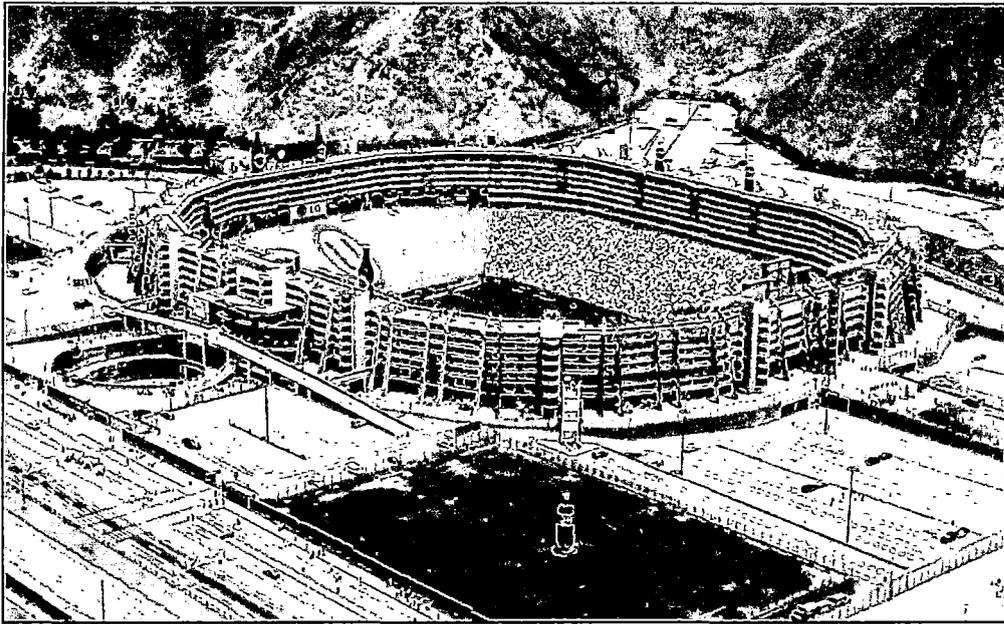


Foto N° 1.28 Vista del estadio Monumental del Club Universitario de Deportes.

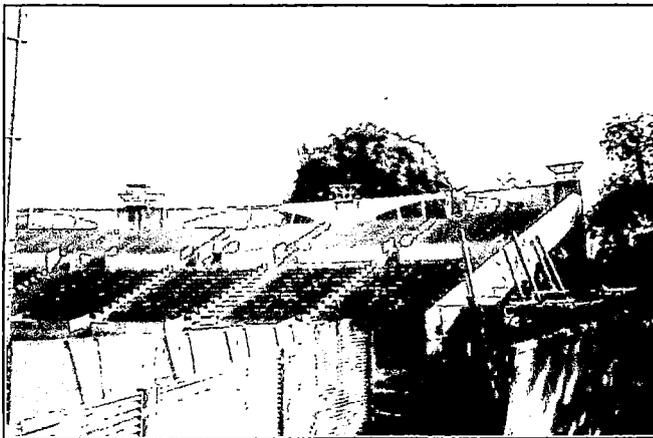


Foto N° 1.29a

Vista del anfiteatro "Nicomedes Santa Cruz" del remodelado Parque de Lima.

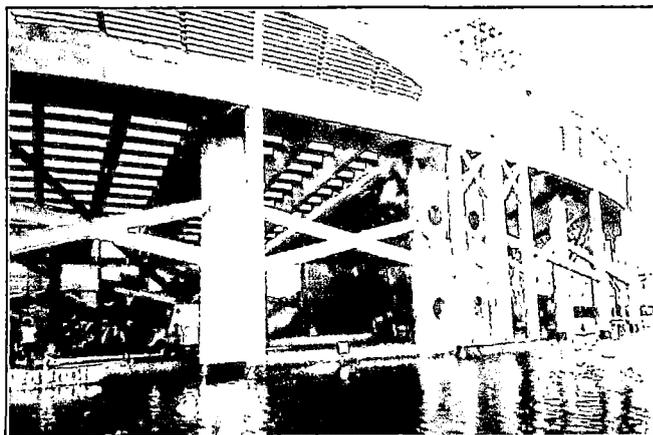


Foto N° 1.29b

Vista posterior del mismo anfiteatro "Nicomedes Santa Cruz".

1.3 REQUERIMIENTOS DEL CONCRETO EXPUESTO.-

Los requerimientos de un concreto expuesto deben estar asociados a la apariencia, textura, color, modulación, costos, etc. Pese a que con frecuencia estas características son aspectos subjetivos según el juicio y/o preferencia del proyectista, constructor o supervisor, se estima que un concreto de este tipo deberá cumplir los siguientes requerimientos:

1. Apariencia compatible con lo proyectado.
2. Mínima variación de textura y color.
3. Mínima cantidad de defectos superficiales.
4. Alineamiento y correcto plomo de los diferentes elementos: columnas, placas, tabiques, etc.
5. Modulación de elementos creando un efecto armonioso y ordenado, cubierto principalmente por consideraciones estéticas.
6. Resistencia del concreto, de modo que pueda soportar adecuadamente los esfuerzos para la que fue diseñada.
7. Durabilidad del concreto, de modo que pueda soportar adecuadamente las acciones del intemperismo.
8. Mínimos trabajos de reparación y resane de defectos.
9. Relación costos/beneficios aceptables.

1.4 ACABADOS EN CONCRETOS EXPUESTOS.-

Siendo el concreto un material adaptable a cualquier forma, el concreto expuesto ofrece una amplia gama de posibilidades plásticas o artísticas que conducen a lograr una serie de acabados en base a la TEXTURA y al COLOR. Los acabados en el concreto expuesto que se hacen mención pertenecen básicamente al ámbito de las edificaciones y están relacionados con los aspectos que a continuación se indican:

I. TEXTURA.-

1).- Acabados obtenidos directamente del tipo de encofrado.-

- a) Texturados de madera.
- b) Acabados lisos.
- c) Encofrados especiales.

2).- Acabados obtenidos por la exposición del agregado.-

- a) Escobillado y lavado.
- b) Terminado a chorro de arena.
- c) Terminado a chorro de agua.
- d) Acabado obtenido por traspaso del agregado.

3).- Acabados obtenidos por el uso de herramientas.-

- a) Martelinado.
- b) Labrado con punta.
- c) Fracturado.

II. COLOR.-

1).- Coloración con pigmentos.

2).- Coloración con cemento blanco.

3).- Coloración normal.

1.4.1 TEXTURA:

Con el concreto se puede obtener gran variedad de texturas tanto en su estado plástico, adoptando la textura del molde o encofrado, como en su estado endurecido, susceptible a ser sometido a diversos tratamientos.

1.4.1.1 Acabados obtenidos directamente del tipo de encofrado.-

a) Texturados de madera:

Reproducen la textura del encofrado utilizado, tienen mucho que ver con la creatividad del proyectista, posibilitando infinitas formas estéticas.

Los más usuales son:

- Encofrado rugoso con tablas sin cepillar machihembradas y sin juntas. (Ver Foto N° 1.30)
- Encofrado con listones trapezoidales y tablero de madera contraplacada, tipo "bronco". (Ver Foto N° 1.31)
- Encofrados texturados. (Ver Foto N° 1.32)

b) Acabados lisos:

Este tipo de acabado del concreto se consigue mediante el empleo de láminas a prueba de agua, como lacas desmoldantes y a la vez protectora para encofrados, generalmente estas lacas se diluyen con su respectivo disolvente en diferentes proporciones a criterio del constructor y de acuerdo a la ficha técnica del fabricante.

Las formas pueden ser:

- Tableros contrachapados o "triplays". (Ver Foto N° 1.33)

- Maderas duras.
- Encofrados metálicos.
- Placas de fibrocemento.

La presente tesis está íntegramente dedicada a la investigación de este tipo de acabado liso y con la utilización de encofrados de madera.

c) Encofrados especiales:

Generalmente son prefabricados: técnica muy eficaz para preparar formas para estructuras pre-moldeadas preferentemente relacionadas al ámbito arquitectónico. (Ver Fig. N° 1.1)

1.4.1.2 Acabados obtenidos por la exposicion del agregado.-

a) Terminado a chorro de arena:

Llamado también como terminado por chorro abrasivo y consiste en la proyección sobre la superficie del concreto un chorro continuo de arena.

Si se desea que el agregado tenga un alto grado de exposición, el sopleteado con chorro de arena deberá aplicarse durante los tres primeros días siguientes al desencofrado, pero no antes de que el concreto alcance una resistencia de 100 kg/cm^2 .

Como el equipo necesario a tales efectos es grande, raramente se lo usa en obras pequeñas a causa de su costo comparativamente elevado. Con este procedimiento, pulimentan ligeramente a los agregados dándole una mayor belleza a la apariencia del acabado.

b) Terminado a chorro de agua:

De igual manera que el terminado a chorro de arena. Obviamente, que el trabajo se puede realizar rápidamente si se lleva a cabo a una edad temprana, cuando el concreto no haya alcanzado la resistencia de 80 kg/cm^2 . Con el soplete para chorro de agua se puede lograr presiones hasta de 700 kg/cm^2 . (Ver Foto N° 1.35)

c) Acabado obtenido por traspaso del agregado:

La transferencia del agregado no es un método para revelar los agregados, sino una técnica para insertar agregados a la superficie acabada del concreto. Consiste en adherir el agregado manualmente sobre la superficie del encofrado por medio de algún cementante; después del desencofrado, el agregado permanece en el concreto. Como complemento de la adecuada adherencia entre la piedra y el concreto, es recubrir la cara posterior del agregado que puede ser de diferentes tamaños, con un adhesivo epóxico preparado especialmente para este fin. (Ver Foto N° 1.36)

Esta técnica es muy útil en aquellos casos en que el acabado decorativo deseado requiere el empleo de partículas de agregados de alto costo.

1.4.1.3 Acabados obtenidos por el uso de herramientas.-

a) Martelinado:

Existe diversas maneras de martelinar el concreto, básicamente, todas ellas tienen el objeto de eliminar de la superficie la capa superior de mortero de cemento endurecido, para dejar expuesto el agregado. La textura lograda varía según la herramienta utilizada y el modo de emplearla.

De una textura áspera general, la cubierta superficial se resquebraja y se descantilla mediante el uso de herramientas como cabeza de rodillo dentada, brocas cruciformes, bisel de peine. (Ver Fotos N° 1.37, 1.38 y 1.39)

b) Labrado con punta:

En este caso, todo el concreto es agujerado con una herramienta conocida con el nombre de "punta" o "punteador", también de operación mecánica. La textura producida por el punteado, generalmente es más áspera que la que se obtiene con el martelinado y se rige en gran parte por la forma de la cabeza de la herramienta. Esta puede ser de punta corta, cuando se requiere una textura ligera, o de punta larga cuando se desea una más gruesa. (Ver Fotos N° 1.40 y 1.41)

El tamaño y espaciamiento de las cavidades puede variar de acuerdo con el efecto requerido, pero deben estar lo suficientemente cerca unas de otras, para que toda la capa superficial del mortero de cemento endurecido sea removida. No deben quedar partes lisas de mortero entre las cavidades.

Para obtener un acabado uniforme, el martelinado y/o punteado debe llevarse a cabo cuando todas las áreas de concreto que se van a tratar sean, en lo posible, de la misma edad cuando el concreto no haya alcanzado la resistencia de 100 kg/cm^2 , determinándose el momento exacto de acuerdo con las condiciones de la obra para evitar daños a la superficie como manchas de óxido o salpicaduras de mortero.

c) Fracturado:

Con esta técnica se logra una textura rugosa; en la cual se martelina a las estrías resultante del acabado del concreto del tipo "BRONCO" (Ver sección 1.4.1.1) y el relieve resultante queda compuesto por superficies alternadas con acabado liso y áspero.

La herramienta para tal fin puede ser un martillo martelinador, una perforadora manual, un cincel o algún otro instrumento que quiebre la superficie. (Ver Foto N° 1.42)

1.4.2 COLOR:

Psicológicamente para la mayoría de las personas el concreto actúa como en material "frío", por lo que es preferible tratar de contrarrestar esta impresión utilizando, en las áreas vecinas, superficies de contraste tales como la madera, colores "cálidos", etc., que influenciarán en la determinación del grado de satisfacción estética que produce el color del concreto.

No es recomendable el uso de polvos colorantes por la dificultad de obtener uniformidad.

El color final del concreto no podrá ser juzgado hasta que éste haya secado completamente, ya que en su estado húmedo aparece siempre más oscuro que cuando está seco.

Una de las formas más comunes para colorear el concreto endurecido es la aplicación de un recubrimiento. En este se incluyen pinturas, yeso, resinas epóxicas, etc. La coloración en su masa del concreto es tan durable como la del mismo concreto, mientras que una pintura, por muy buena que esta sea, va a estar sujeta con el tiempo a cierta alteración.

La coloración del concreto en la masa se realiza por los siguientes métodos, que pueden ser utilizados individualmente o combinados:

1.4.2.1 Coloración con pigmentos.-

Los pigmentos son naturales o sintéticos, en ambos casos finamente molidos. Son incorporados en porcentajes de 5 al 8% del peso del cemento.

Los pigmentos más utilizados para obtener concretos de color son los siguientes:

COLOR	MATERIAL A USAR
Negro	Oxido de hierro
Café	Oxido de hierro café
Amarillo	Oxido de hierro amarillo
Verde	Oxido de cromo
Azul	Oxido de cobalto
Rojo	Oxido de hierro rojo
Crema	Oxido de hierro amarillo

En la mezcla del concreto es conveniente mantener la misma relación agua/cemento a fin de lograr un color homogéneo, pues el incremento de agua aclara el concreto, debido al incremento de porosidad que produce la dispersión de la luz incidente sobre la superficie del concreto. (Ver Fotos N° 1.43 y 1.44)

La norma ASTM-C979 especifica los requerimientos que deben cumplir los pigmentos en el concreto:

- (a) Humectabilidad en agua.
- (b) Resistencia a los álcalis.
- (c) Solubilidad en agua.
- (d) Resistencia a la luz: la porción expuesta de los especímenes no deben mostrar diferencias significativas de color de las porciones no expuestas.
- (e) Efecto mínimo sobre la resistencia del concreto.
- (f) No debe haber mucha incidencia sobre la fragua inicial ni final.

1.4.2.2 Coloración con cemento blanco.-

El tratamiento del concreto con el uso del cemento blanco en reemplazo del cemento de color gris, es más delicado. En las superficies lisas de concreto blanco serán más notorias las diferencias de texturas y color en este tipo de concreto que en el concreto gris normal o en el coloreado. (Ver Fotos 1.45 y 1.46)

Adicionalmente, con el agregado de pigmentos de color se puede obtener toda la gama de colores por su base blanca. La selección de los agregados debe ser muy cuidadoso, del tamaño adecuado, libres de arcilla o impurezas (grasa, aceites, azúcares, materia orgánica, etc.) y el uso de agua limpia (agua potable) para no perjudicar el color deseado en obra. La norma aplicable a los requerimientos del cemento blanco es la ASTM C-150.

CARACTERISTICAS:

- Resistencias a la compresión superiores al cemento gris.
- Acabado blanco y alta reflectividad.
- Gran plasticidad.

USOS:

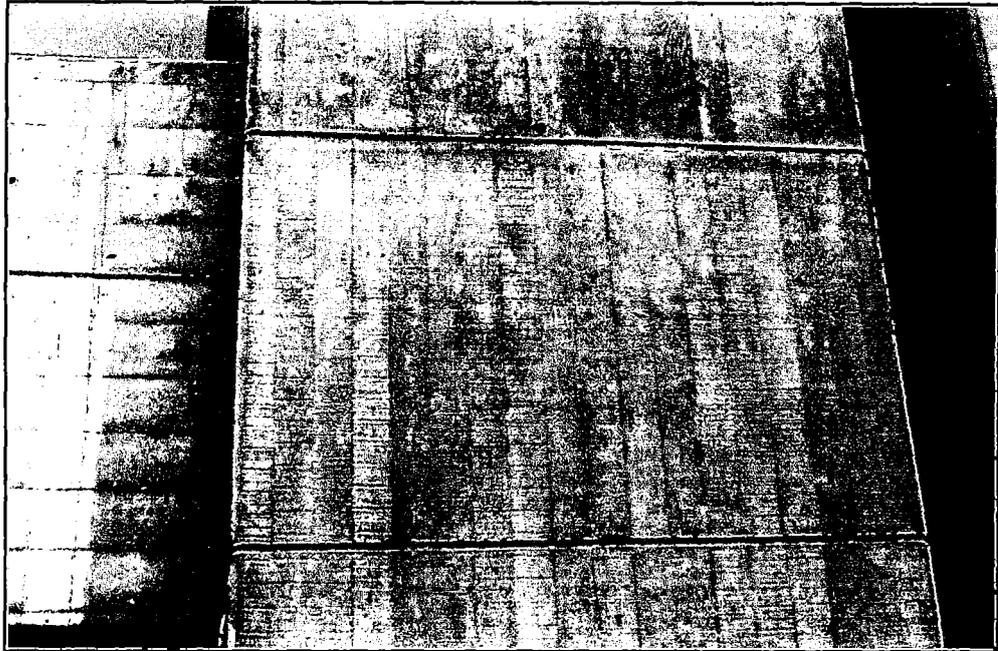
- Pisos.
- Estucos.
- Elementos pre-fabricados.
- Estructural.

1.4.2.3 Coloración normal.-

Es el color del concreto usando el cemento gris convencional, independientemente del acabado final, en los acabados lisos se obtienen tonalidades más claras que los demás acabados texturados.

1.4.3 ANEXO FOTOGRAFICO DE ACABADOS ESPECIALES EN CONCRETO EXPUESTO.-

1. ACABADOS OBTENIDOS DIRECTAMENTE DEL TIPO DE ENCOFRADO:



**Foto N° 1.30 Acabado texturado de madera.
Esta vista corresponde al Centro Cívico de Lima.**



Foto N° 1.31 Acabado texturado tipo "bronco".

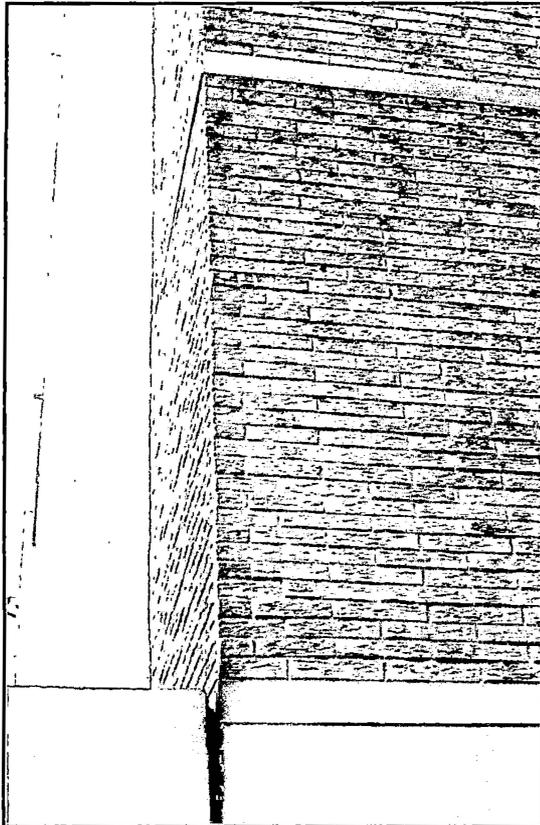


Foto N° 1.32

**Acabado texturado en
base a encofrados
especiales.**

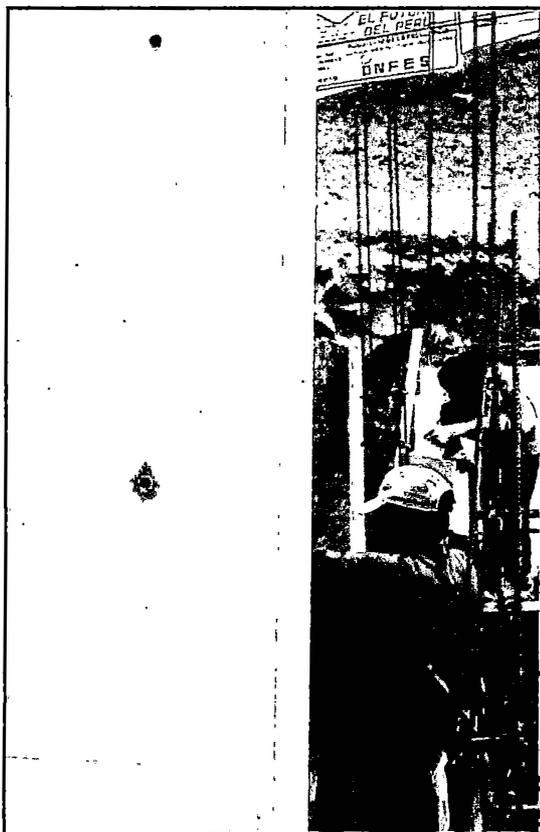


Foto N° 1.33

Acabado liso.

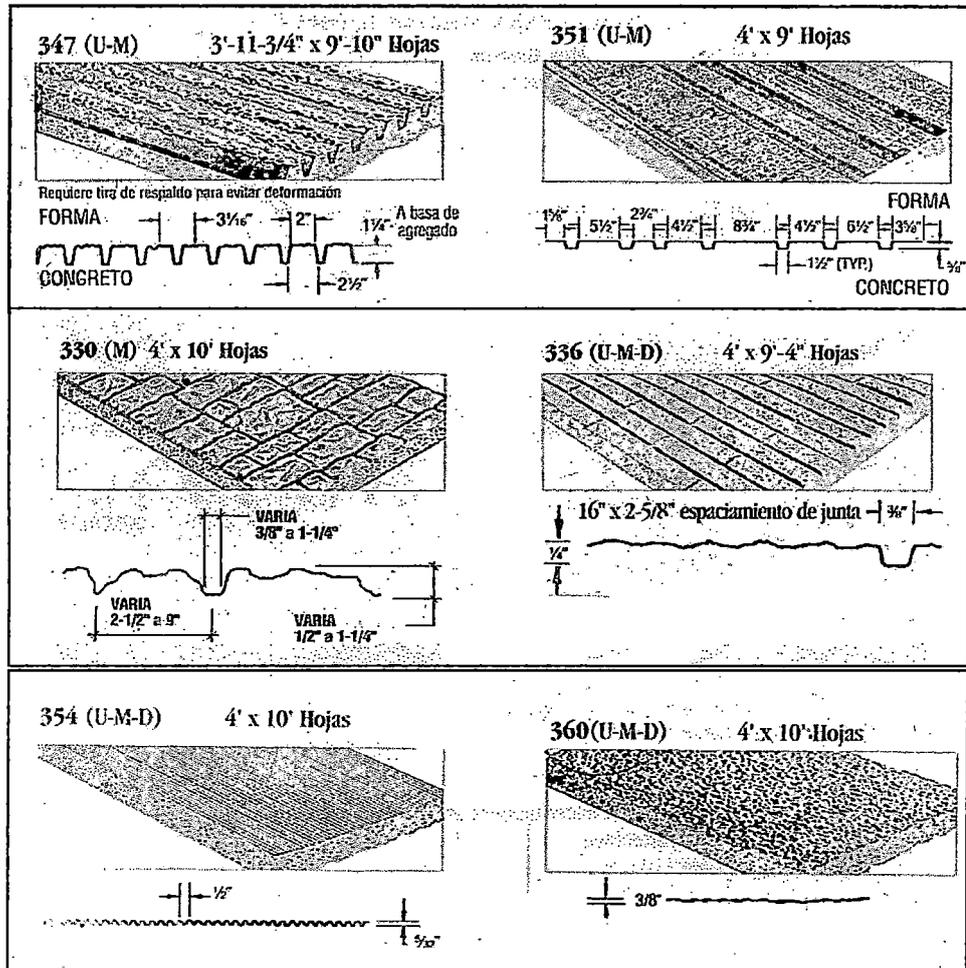


Fig. N° 1.1 Diversos acabados de encofrado texturado.

El material de estos moldes es de fibra de vidrio.

2. ACABADOS OBTENIDOS POR LA EXPOSICION DEL AGREGADO:

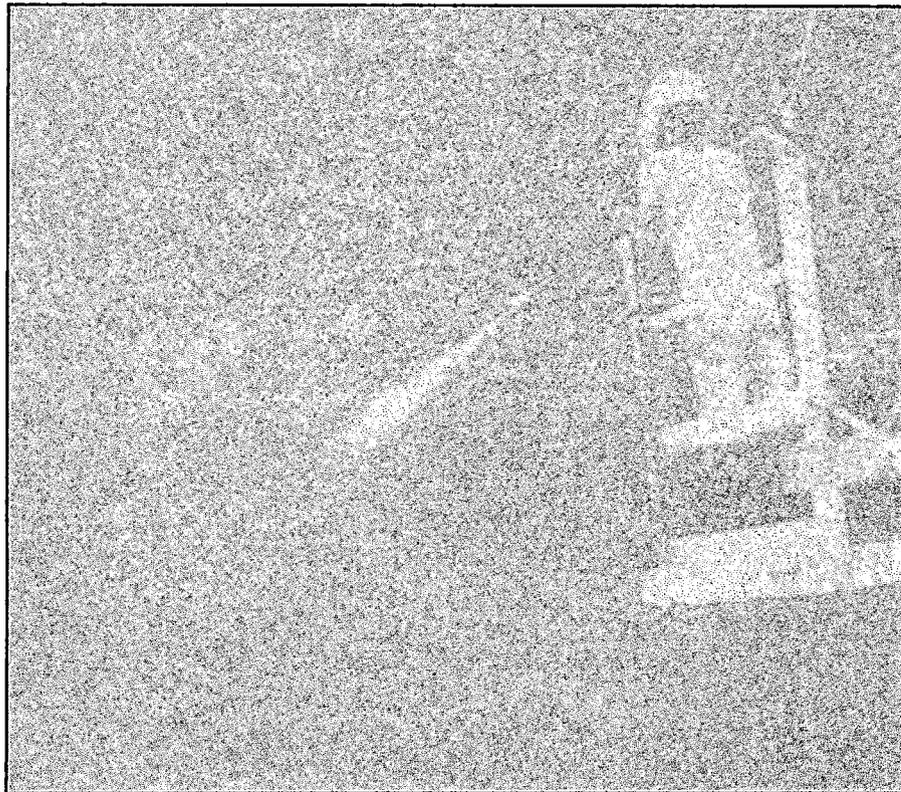


Foto N° 1.35 Procedimiento del chorro de arena.

Vista del procedimiento para lograr el acabado terminado a chorro de arena. El procedimiento para el acabado terminado a chorro de agua es similar.

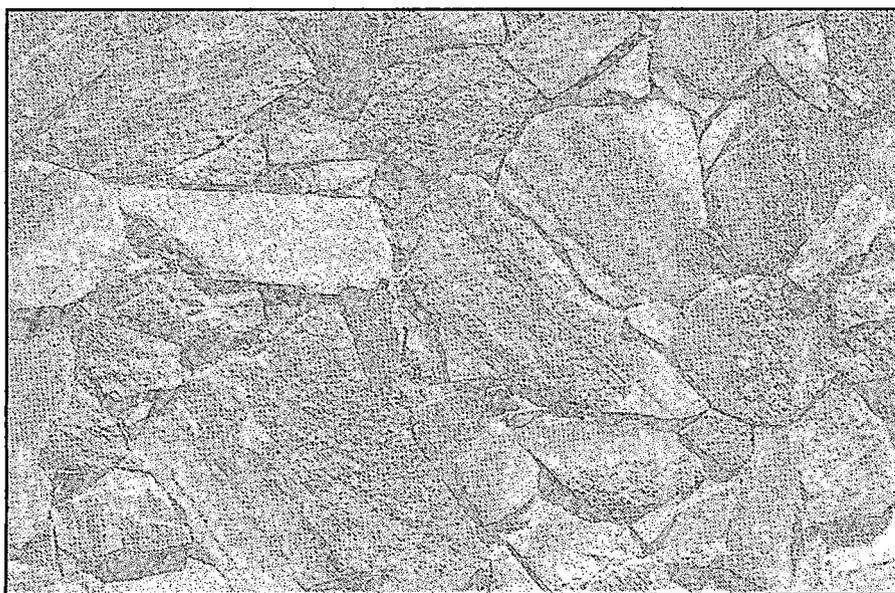


Foto N° 1.36 Acabado obtenido por traspaso del agregado.

3. ACABADOS OBTENIDOS POR EL USO DE HERRAMIENTAS:

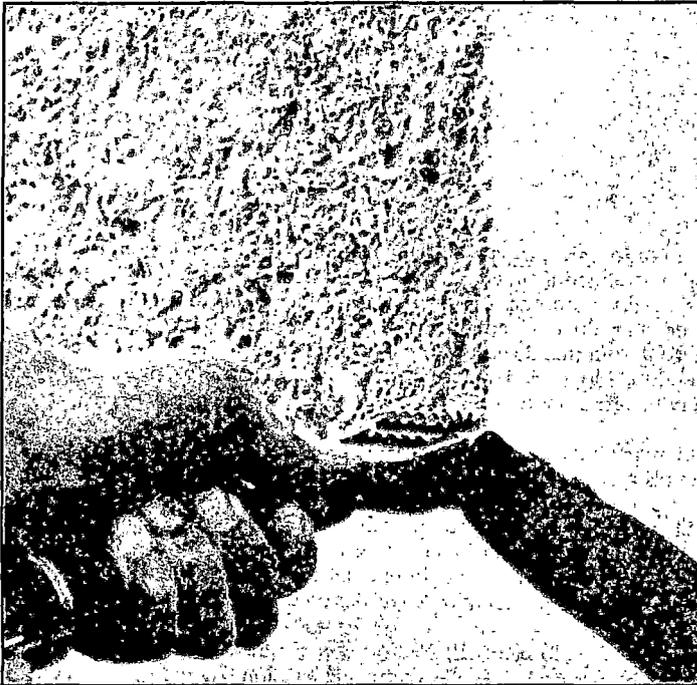


Foto 1.37 Martelinado de la superficie.

Martelinado de un muro de concreto, con una cabeza rodante.

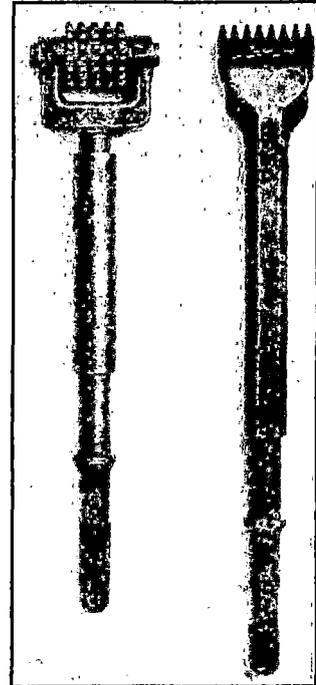


Foto 1.38

Cabeza rodante y bisel de peine.



Foto N° 1.39 Acabado martelinado con cabeza rodante.

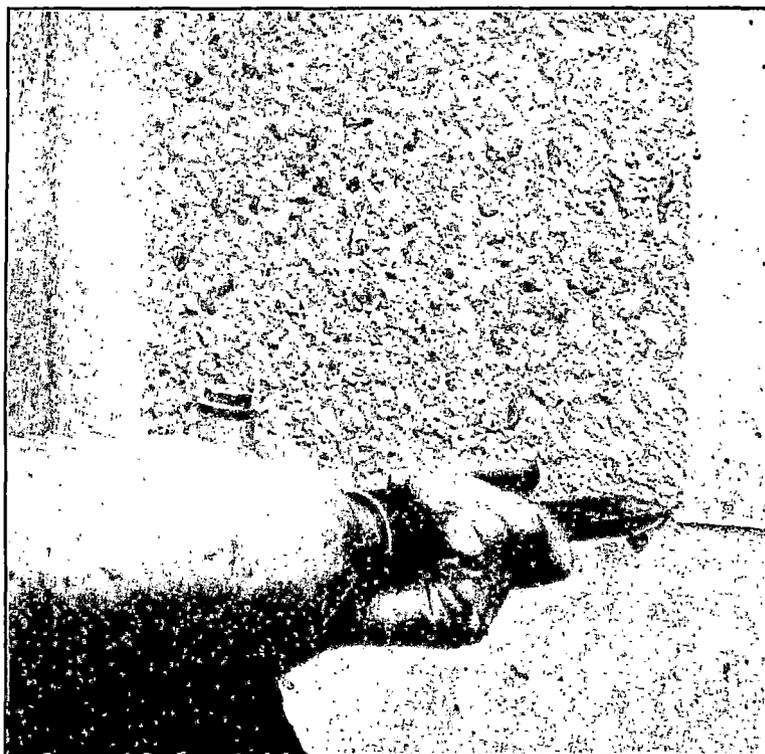


Foto N° 1.40
Punteado de un muro de concreto.

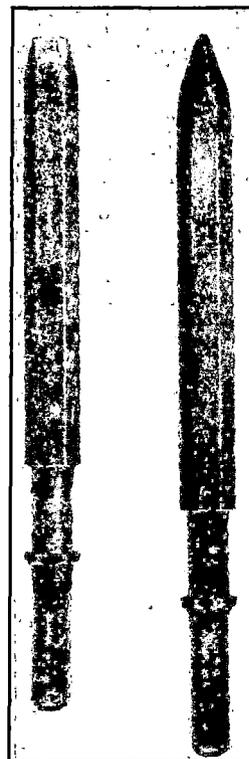


Foto N° 1.41
Punta corta y punta
larga.

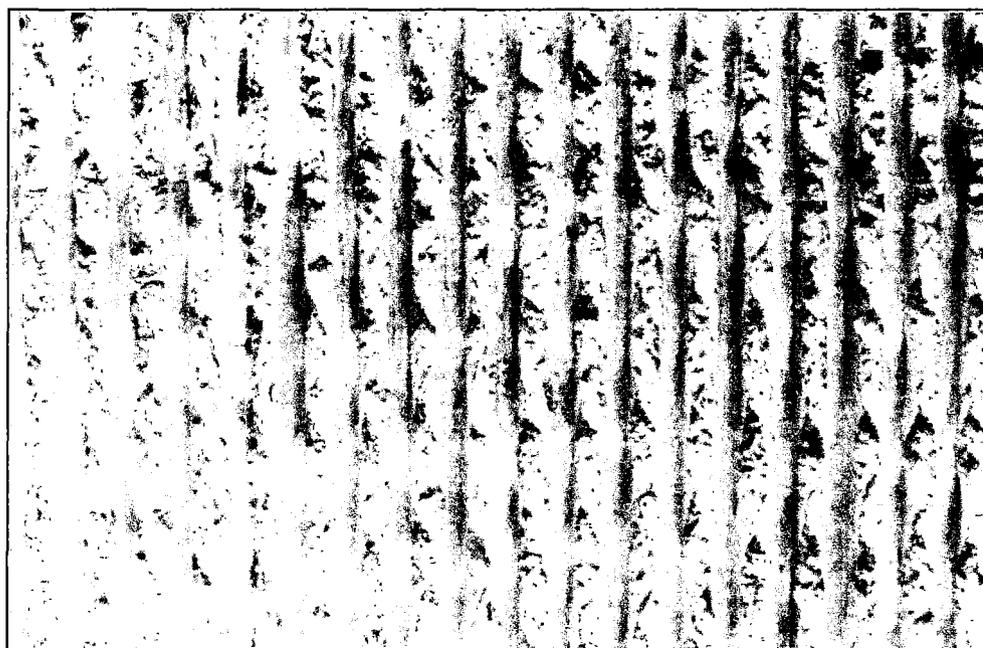


Foto N° 1.42 Vista del acabado tipo "bronco" fracturado.

4. COLORACION CON PIGMENTOS:



Foto N° 1.43 Vista de un piso de concreto coloreado.

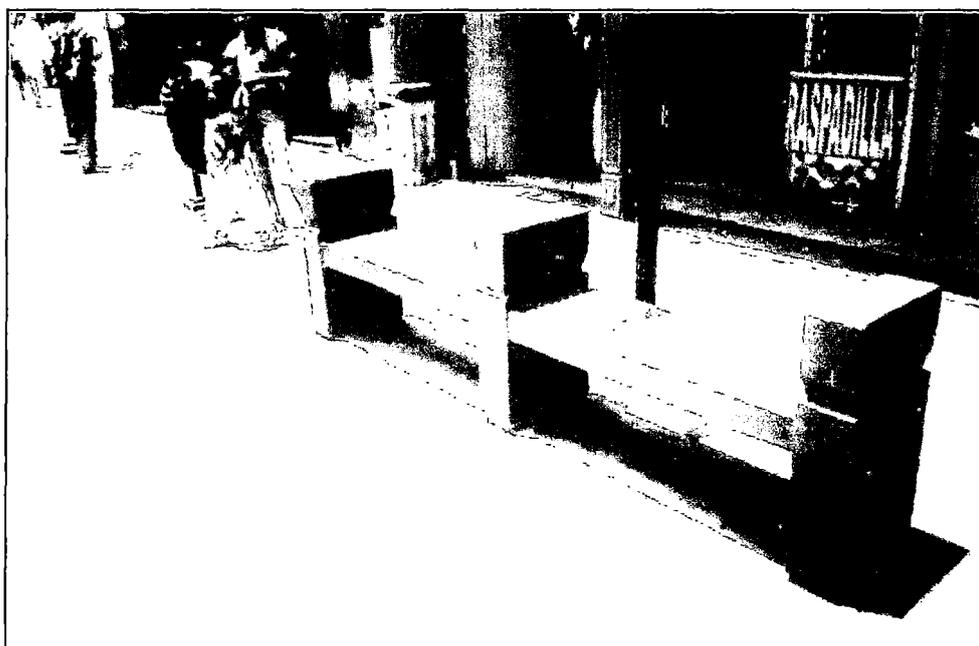


Foto N° 1.44 Vista de una banca de concreto realizada con adición de pigmento color negro.

5. COLORACION CON CEMENTO BLANCO:



Foto N° 1.45

Elementos pre-fabricados.

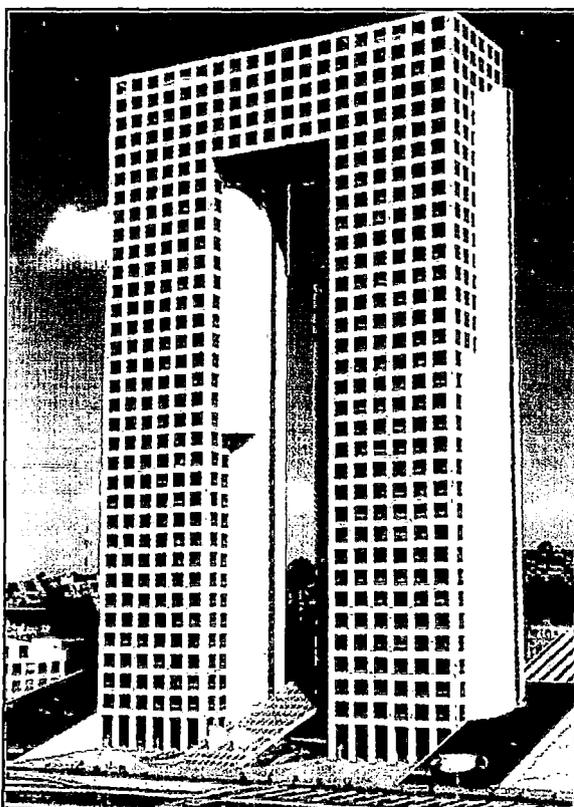


Foto N° 1.46

Edificaciones.

1.5 APRECIACION DE LOS DEFECTOS.-

Por su propia naturaleza de material moldeable y heterogéneo, es difícil alcanzar la perfección de la superficie expuesta del concreto, como se ha mencionado en el acápite referente a los requerimientos del concreto expuesto:

- Uniformidad de textura y de color.
- Porosidades superficiales.
- Acabado de las aristas.
- Resalte indeseado de juntas.
- Alineamiento y aplomado de los elementos, etc.

Así, es necesario establecer un sistema que permita definir niveles de calidad.

Habría que tener en consideración que como la apreciación del efecto estético de una superficie es definida por un observador, es razonable establecer diferentes exigencias de calidad, de acuerdo a la lejanía en que se encuentra el parámetro.

De esta manera, la primera planta de una edificación será generalmente calificada de manera más exigente que los niveles superiores; en estos será posible distinguir los efectos que puedan ser apreciados desde el interior por las aberturas naturales, de aquellos que únicamente son observados desde afuera. Esta norma se puede exceptuar a las edificaciones donde en los niveles superiores existen graderías de circulación, cuyo nivel de exigencia es uniforme en todos los aspectos. Asimismo, en ambientes cerrados donde hay exposición del concreto expuesto, la apariencia externa también es apreciada.

El mejor efecto visual de una superficie de concreto expuesto se da entre 2 m. y 3 m., distancia en la cual el contraste de los defectos con la buena apariencia en el acabado es muy visible, y a partir de los 20 a 25 m. tiende a desaparecer la calidad estética de la misma y, finalmente, por encima de los 60 m. la percepción de la textura ya es irrelevante.

Uno de los problemas principales es que con el paso de los años el concreto expuesto pierde su viveza original, formándose unas extensas superficies de color gris, sin ningún atractivo debido a la suciedad, y es debido a que las partículas en suspensión en el aire se depositan sobre las fachadas. Eventualmente, la lluvia produce una acción de lavado sobre la superficie, que no es uniforme en toda ella, limpiando la suciedad con modificaciones de color, marcando en otras ocasiones un reguero.

Generalmente, para la calificación y evaluación de los defectos, además de la observación visual, se requiere de una amplia documentación fotográfica.

1.6 PRINCIPALES APLICACIONES DEL CONCRETO EXPUESTO.-

Como ya se ha definido en 1.1, el concreto expuesto es aquel concreto que, luego del vaciado y desencofrado no tendrá un tratamiento o acabado posterior y que permanecerá expuesto permanentemente; ya sea concreto armado, concreto simple, concreto pre o postensado, concreto centrifugado, etc.

En base a este concepto y excluyendo a las veredas y a los pavimentos de concreto (que merece un tratamiento aparte) podemos mencionar las siguientes aplicaciones muchas de las cuales el factor durabilidad del concreto es fundamental:

Construcciones varias:

- Postes de alumbrado público o telefónico.
- Cercos perimétricos prefabricados.
- Cercos perimétricos construidos "in situ".
- Casetas de guardianía.
- Elementos ornamentales.
- Parapetos.
- Aleros.
- Paneles.
- Adoquines.
- Jardineras.
- Pisos.
- Graderías, etc.

En infraestructura vial:

- Puentes peatonales.
- Puentes vehiculares.
- Estribos.
- Muros de contención.
- Sardineles, etc.

En infraestructura hidráulica:

- Revestimiento de canales.
- Acueductos.
- Cunetas de drenaje.
- Prensas de concreto.
- Tuberías forzadas (En centrales hidroeléctricas).
- Bocatomas, desarenadores, etc.

En infraestructura sanitaria:

- Reservorios.
- Tanques elevados.
- Cisternas.
- Cuarto de máquinas, etc.

En edificaciones:

- Columnas.
- Vigas.
- Placas (muros de corte)
- Losas.
- Muros de sostenimiento.
- Parapetos, etc.

En instalaciones industriales:

- Silos de almacenamiento.
- Pisos industriales, etc.

1.6.1 ANEXO FOTOGRAFICO DE APLICACIONES DE CONCRETO EXPUESTO.-

1. EN CONSTRUCCIONES VARIAS:

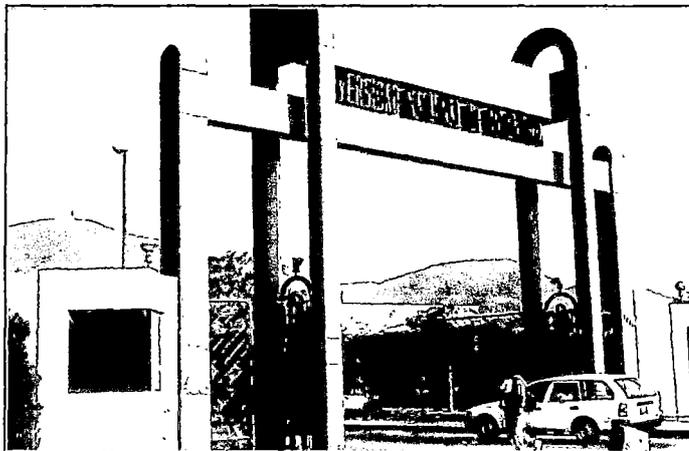


Foto N° 1.47 Elementos ornamentales.

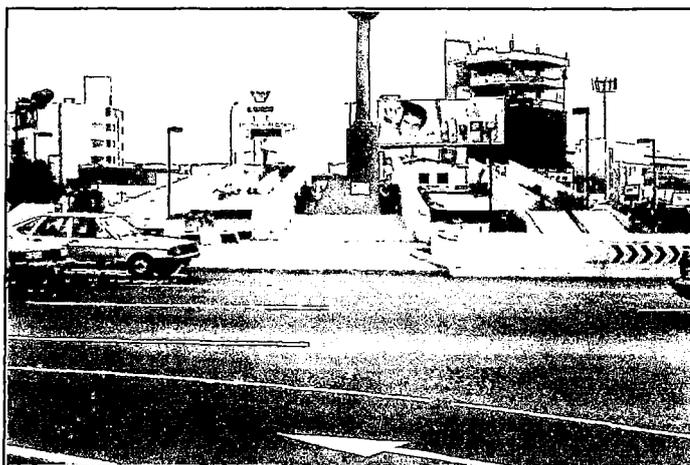


Foto N° 1.48 Plazuela.

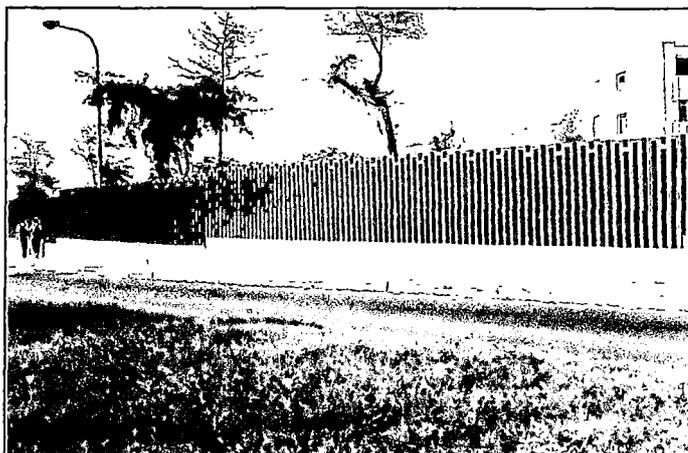


Foto N° 1.49 Cerco perimétrico.

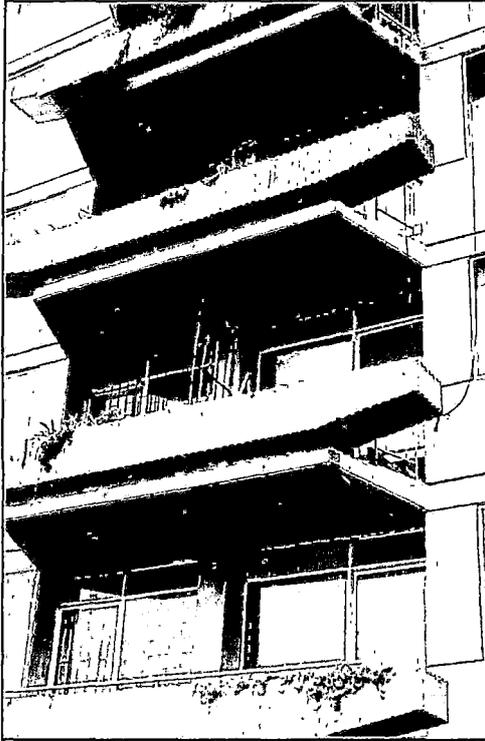


Foto N° 1.50
Jardineras.

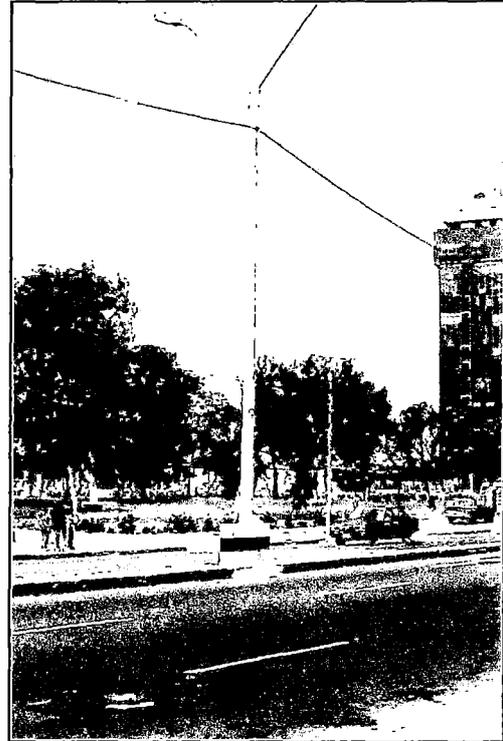


Foto N° 1.51
Postes de alumbrado.

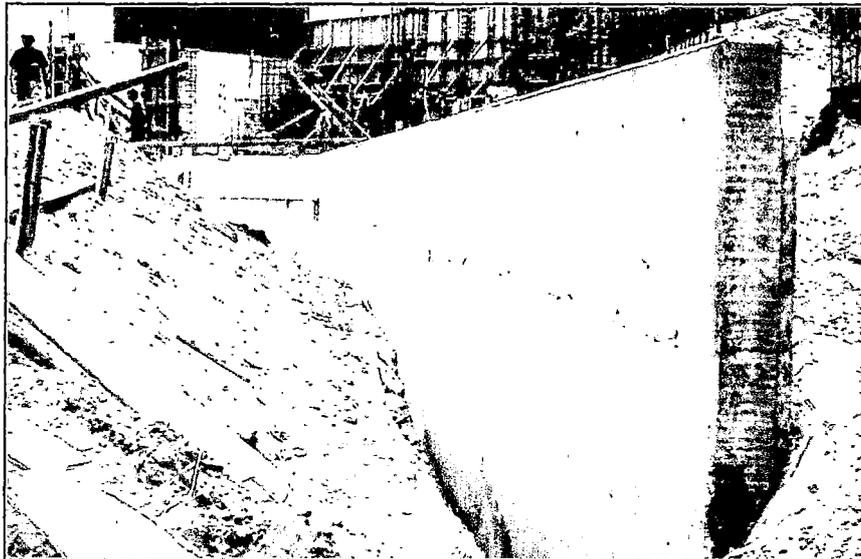


Foto N° 1.52
Muros de contención.

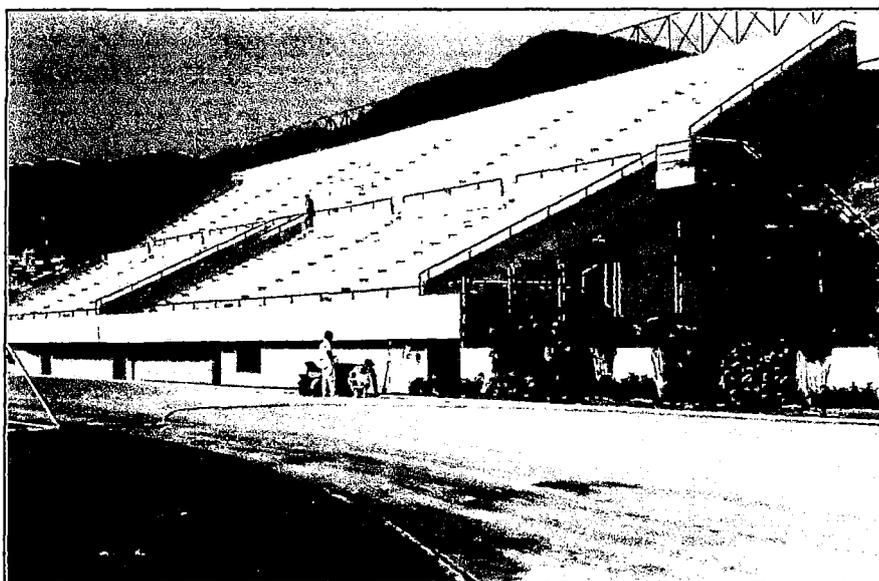


Foto N° 1.53 Tribuna.

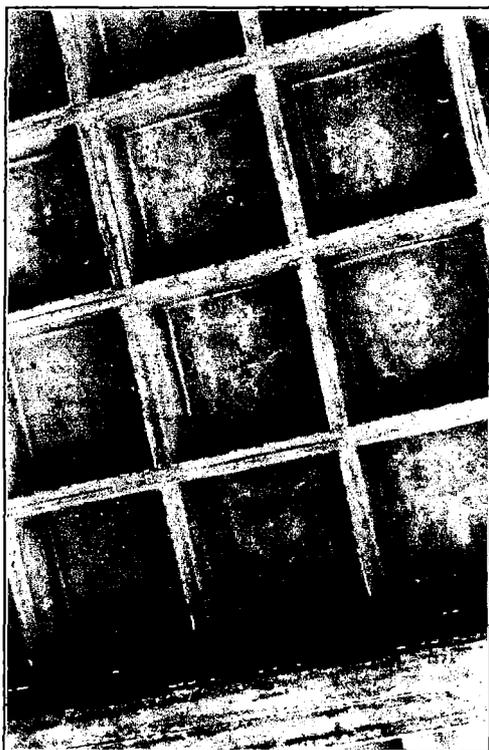


Foto N° 1.54
Losa Nervada.

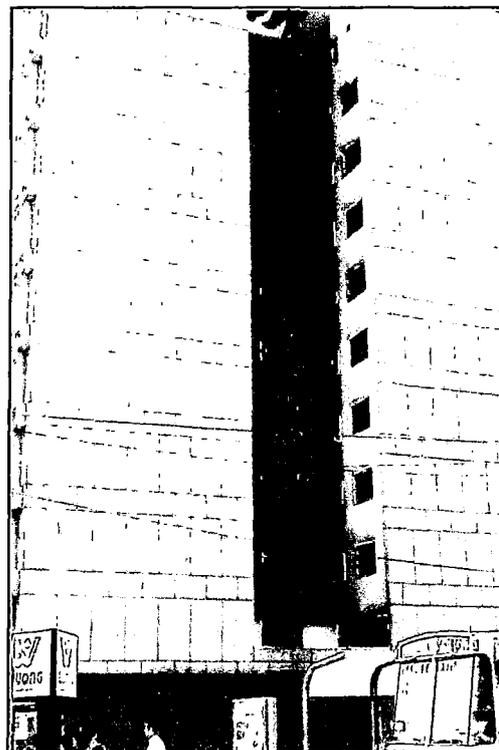


Foto N° 1.55
Placas.

2. EN INFRAESTRUCTURA VIAL:



Foto N° 1.56
Puente Peatonal.

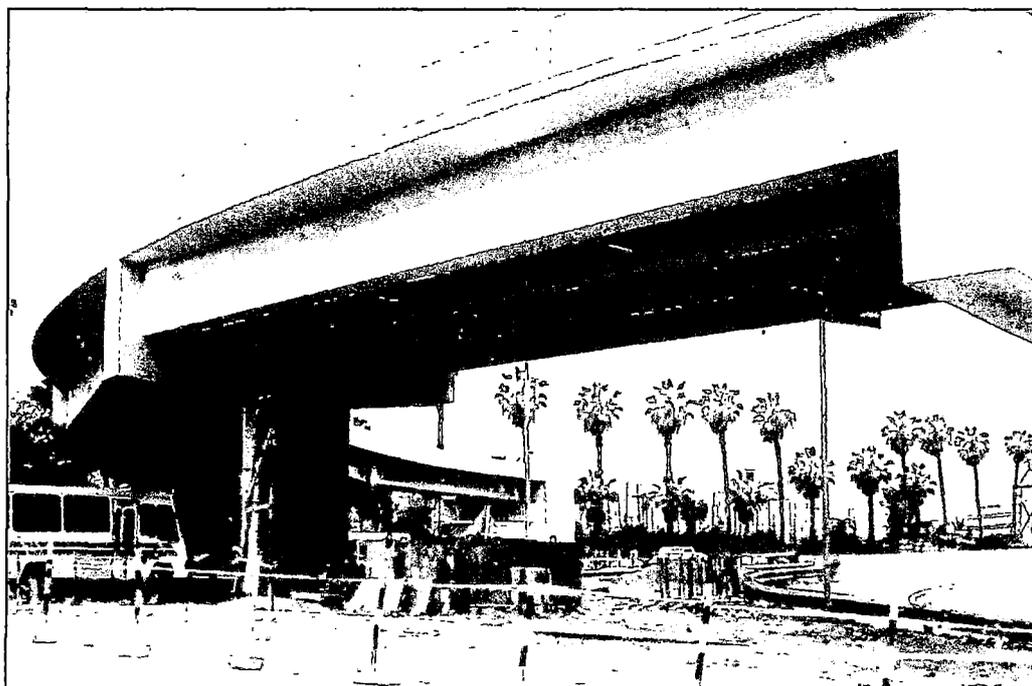


Foto N° 1.57
Puente Vehicular.

3. EN INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA:

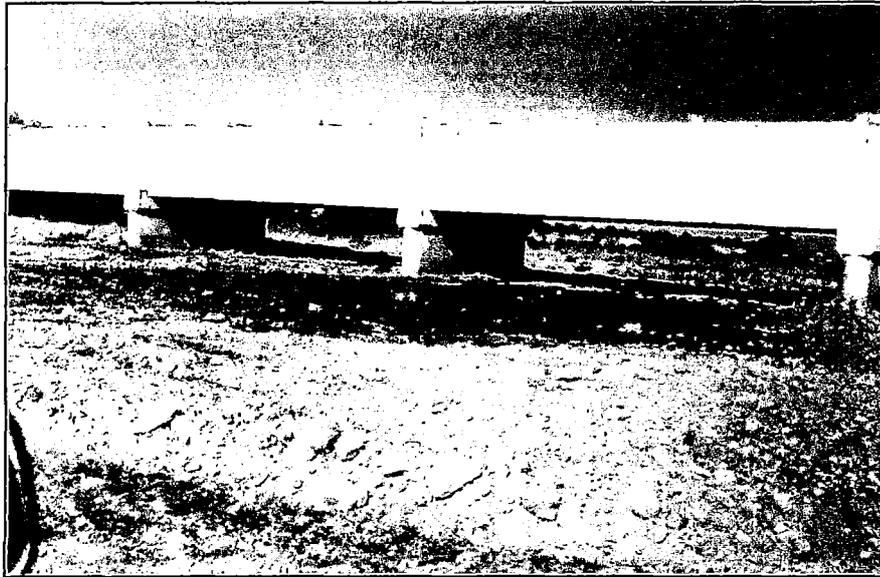


Foto N° 1.58 Acueducto.

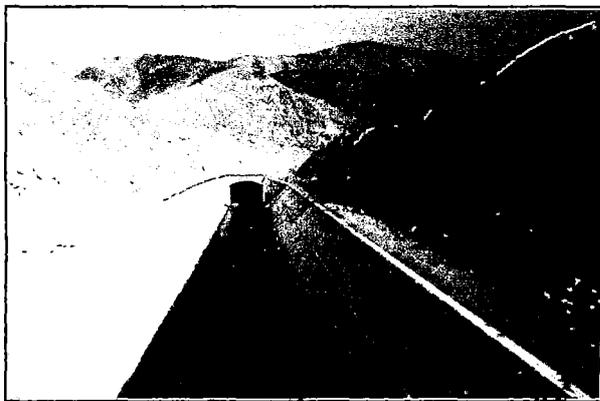


Foto N° 1.59 Canal abierto.



Foto N° 1.60
Rápida.

4. EN INFRAESTRUCTURA SANITARIA:

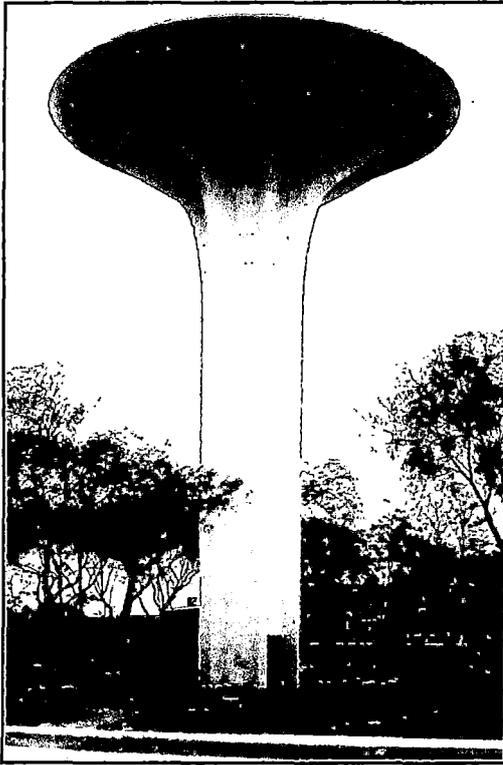


Foto N° 1.61

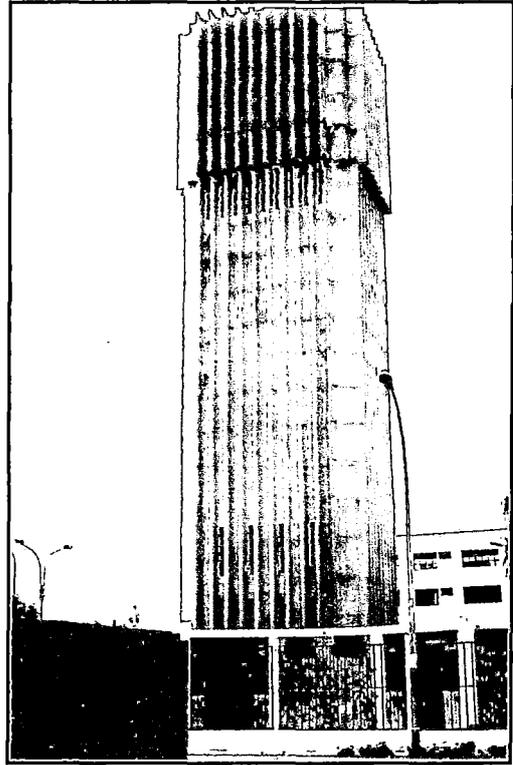


Foto N° 1.62

Fotos 1.61 y 1.62

Vistas de dos modelos de tanques elevados.

5. EN INFRAESTRUCTURA INDUSTRIAL:

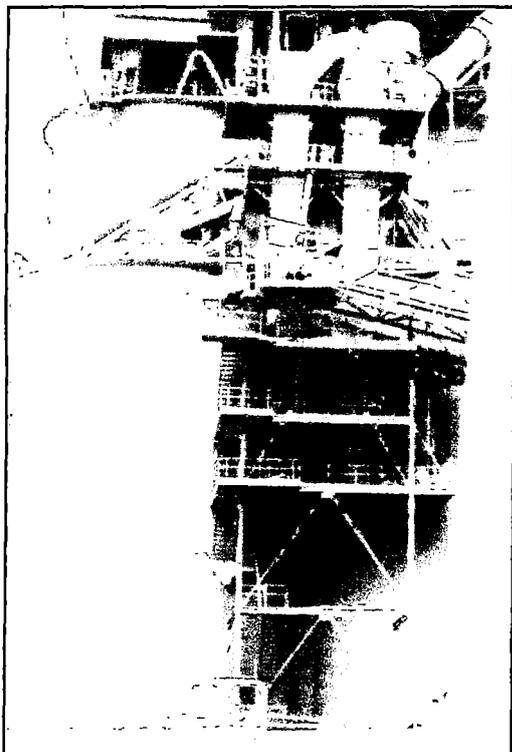


Foto N° 1.63
Silo de almacenamiento.

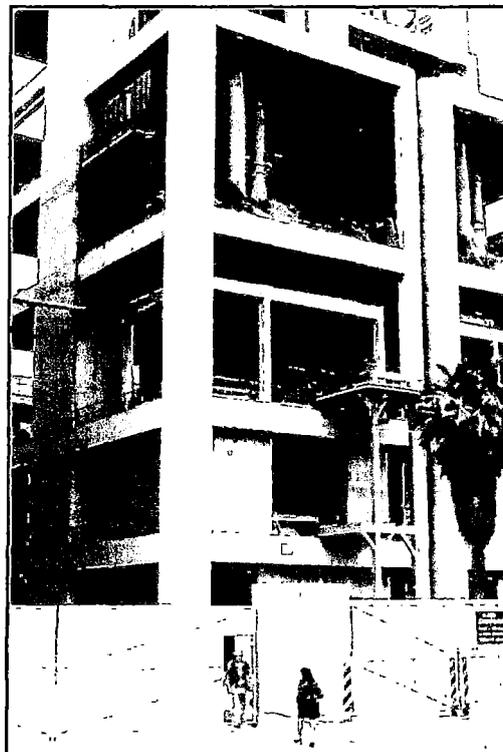


Foto N° 1.64
Instalaciones de fábrica.

CAPITULO II

EL CONCRETO Y LOS MATERIALES PARA SU ELABORACION

El concreto es el material constituido por la mezcla en proporciones predeterminadas de cemento, agua, agregados, y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades especificados, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

2.1 EL CEMENTO.-

El cemento es un producto artificial, que se obtiene de la transformación de una materia prima, que puede estar compuesta de una mezcla de calizas, arcillas y otros minerales. Esta materia finamente molida y homogeneizada, es llevada a altas temperaturas, a través de un horno, de donde se obtiene un producto intermedio denominado **CLINKER**, del cual al molerse finamente con alrededor de 5% en peso de yeso, se obtiene el **CEMENTO**.

Los elementos minerales principales que debe contener la materia prima son: el CALCIO, LA SILICE, el ALUMINIO y el FIERRO. Ellos se encuentran en forma de óxidos y tienen que estar relacionados entre sí en proporciones preestablecidas, con el objeto de dar determinadas características al CLINKER que de ellos se obtiene.

Como se ha indicado anteriormente, la materia pasa por el horno en donde, al elevarse su temperatura a 1,400 – 1,450 grados centígrados, se recombinan los cuatro elementos antes indicados: calcio, sílice, aluminio y fierro, produciéndose el CLINKER, que es el producto intermedio entre la materia prima y el cemento.

Si el CLIKER fuera molida finamente para ser utilizado como cemento, en el momento de su mezcla con el agua fraguaría casi de inmediato, no

permitiendo tanto su manipuleo como su colocación. Por esta razón, en el momento de la molienda se le adiciona YESO natural, con el objeto de retardar el tiempo de fraguado.

Al combinarse durante el proceso de sinterización en el horno los cuatro elementos, (calcio, sílice, aluminio y fierro), se producen cuatro nuevos compuestos mineralógicos principales en el CLINKER, que son:

COMPUESTO	FORMULA QUIMICA	ABREV.
Silicato Tricálcico	3 Ca O. Si O_2	C3S
Silicato Bicálcico	2 Ca O. Si O_2	C2S
Aluminato Tricálcico	$3 \text{ Ca O. Al}_2 \text{ O}_3$	C3A
Ferro – Aluminato Tetracálcico	$4 \text{ Ca O. Al}_2 \text{ O}_3. \text{ Fe}_2 \text{ O}_3$	C4AF

Tabla 2.1 Compuestos del cemento.

Ellos son los que le dan las características de comportamiento al CLINKER obtenido de las materias primas que se utilizan en cada fábrica de cemento. Por su importancia, se describirá brevemente sus características individuales.

En menor proporción tenemos los siguientes compuestos:

- a) Oxido de Magnesio (Mg O).
- b) Oxido de Potasio y de Sodio ($\text{K}_2 \text{ O}, \text{Na}_2 \text{ O}$).
- c) Oxido de Magnesio yTitanio ($\text{Mn O}_3, \text{Ti O}_2$).

2.1.1 MECANISMOS DE HIDRATACION.-

Se denomina hidratación al conjunto de reacciones del cemento que entran en contacto con el agua, y que llevan consigo el cambio del estado plástico al endurecido, con las propiedades inherentes a los nuevos productos formados. Como muchas reacciones químicas, la hidratación de los compuestos del cemento es exotérmica, es decir, generan calor, y el resultado de esta reacción es una aglomeración porosa de partículas sólidamente entrelazadas, las cuales poseen alta cohesividad; desempeñándose el papel más importante en el comportamiento del concreto.

Dependiendo de la temperatura, el tiempo y la relación entre la cantidad de agua y cemento que reaccionan, se puede definir los siguientes estados:

1. **PLASTICO:** La unión del agua y el polvo de cemento formando una pasta moldeable.
2. **FRAGUADO INICIAL:** Es la condición de la pasta de cemento en que se aceleran las reacciones químicas, empieza el endurecimiento y la pérdida de plasticidad, midiéndose en términos de la resistencia de deformarse.
3. **FRAGUADO FINAL:** Comienza al término de la etapa del fraguado inicial, caracterizándose por el endurecimiento significativo y deformaciones permanentes. La estructura está constituido por el ensamble definitivo de sus partículas endurecidas. El procedimiento para la determinación de la fragua inicial y de la fragua final a través del aparato de Vicat se especifica en la norma ASTM C 191-82.
4. **ENDURECIDO:** Se produce a partir del fraguado final y es el estado en que se mantienen e incrementan con el tiempo las características resistentes.

2.1.2 CLASIFICACION DE LOS CEMENTOS.-

De acuerdo a las normas nacionales NTP y a las internacionales ASTM, los cementos están clasificados en dos grandes grupos:

- I. CEMENTOS PORTLAND COMUNES
- II. CEMENTOS PORTLAND ADICIONADOS

Existen además otros tipos de cementos, pero debido a que no son de uso común, sino para trabajos muy específicos, no entraremos en detalles

2.1.2.1 Cemento Portland comunes.-

Son aquellos cementos que consisten esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos, (alrededor del 75%), y usualmente contienen una o más formas de sulfato de calcio, yeso, como una adición en la molienda. Las normas aplicables están contenidas en la Tabla 2.2. Ellos son:

TIPO	NORMA NTP	NORMA ASTM
Tipo I	334.009	C-150
Tipo II	334.038	C-150
Tipo III	334.039	C-150
Tipo IV	334.054	C-150
Tipo V	334.040	C-150

Tabla 2.2 Normas aplicables a cementos Portland comunes.

2.1.2.2 Cementos Portland adicionados.-

Son cementos hidráulicos, que consisten de una mezcla íntima y uniforme producida por la molienda conjunta del CLINKER con los materiales de adición y yeso, o por la mezcla separada del cemento Portland con dichas adiciones, dentro de los límites especificados por las normas.

Ellos se dividen en dos tipos principales, cuyos nombres provienen del material de adición:

- Cementos Portland de escorias.
- Cementos Portland Puzolánicos.

Las normas aplicables están contenidas en la Tabla 2.3

TIPO	NORMA NTP	NORMA ASTM
Tipo IS	334.044	C-595
Tipo ISM	334.044	C-595
Tipo IP	334.049	C-595
Tipo IPM	334.049	C-595

Tabla 2.3 Normas aplicables a cementos Portland adicionados.

2.1.3 TIPOS DE CEMENTO QUE SE FABRICAN EN EL PERU.-

En la actualidad se fabrican en el Perú los cementos Tipo I, II, V, IP y IPM.

TIPO I	:	Sol, Andino; Pacasmayo.
TIPO II	:	Andino.
TIPO V	:	Andino, Pacasmayo.
TIPO IP	:	Yura, Atlas
TIPO IPM	:	Yura, Rumi.

2.2 AGREGADOS.-

Se definen a los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan hasta alrededor de las $\frac{3}{4}$ partes del volumen total; la calidad de estas tienen una importancia primordial en el producto final.

La denominación de inerte es relativa, porque si bien es cierto que no intervienen en las reacciones químicas del cemento y el agua, sus características afectan el producto resultante para el logro de ciertas propiedades de resistencia, conductibilidad, durabilidad, etc.

2.2.1 CARACTERISTICAS FISICAS.-

2.2.2.1 Condiciones de saturación:

- Completamente saturado pero con humedad superficial.
- Parcialmente saturado pero superficialmente seco.
- Completamente saturado pero suficientemente seco.

2.2.2.2 Peso específico:

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas, distinguiéndose 3 maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación:

Peso específico de masa (P.e.)	$A / (B - C)$
Peso específico saturado superficialmente seco (P.s.s.s.)	$B / (B - C)$
Peso específico aparente (P.e.a.)	$A / (A - C)$

Donde:

A = Peso de los sólidos.

B = Peso en el aire saturado superficialmente seco.

C = Peso saturado superficialmente seco sumergido en agua.

Las normas ASTM C-127 y C-128 establecen el procedimiento estandarizado para determinación en el laboratorio.

2.2.2.3 Peso unitario.-

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas, está influenciado por la manera en que se acomodan estas.

Peso Unitario Suelto: Es el peso del agregado suelto en un volumen unitario.

Peso Unitario Compactado: Es el peso del agregado compactado en un volumen unitario.

Las Normas NTP 400.017 y ASTM C-29 define el método estándar para evaluarlo.

2.2.2.4 Absorción.-

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos internos en las partículas; este fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado.

Tiene importancia, pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad.

Las Normas NTP 400.021 y 400.022 y ASTM C-127 y C-128 establecen la metodología para su determinación y está expresada en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Absorción} = \frac{\text{Peso s.s.s.} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

2.2.2.5 Contenido de humedad.-

Es la cantidad de agua superficial que retienen en un momento determinado las partículas de agregado. Es una característica importante porque contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas. La humedad se expresa de la siguiente manera según ASTM C-566:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso original de la muestra} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

2.2.3 CARACTERISTICAS RESISTENTES.-

Las principales son:

2.2.3.1 Resistencia.-

Es la capacidad de resistir la aplicación de fuerzas de compresión, corte, tracción y flexión. Normalmente se mide por medio de la resistencia en compresión. La resistencia del agregado condiciona en gran parte a la resistencia del concreto.

2.2.3.2 Dureza.-

Es la resistencia al desgaste por la acción de unas partículas sobre otras o por agentes externos. En los agregados para concreto se cuantifica por medio de la resistencia a la abrasión en la Máquina de Los Angeles.

Las normas NTP 400.019 y ASTM C-131 y C-535 son aplicables a esta prueba. Agregados con altos valores de desgaste a la abrasión (> 50%) producen concretos con características resistentes inadecuadas en la mayoría de los casos.

2.2.4 ANALISIS GRANULOMETRICO.-

Es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños; consiste en tamizarlas por una serie de mallas de aberturas conocidas y pesar los materiales retenidos refiriéndoles en % con respecto al peso total. Las normas NTP 400.037 y ASTM C-33 son aplicables al análisis granulométrico.

2.2.4.1 Granulometría del agregado fino.-

Comúnmente llamada ARENA, es el conjunto de partículas o granos de rocas, reducidos por fenómenos mecánicos o químicos, naturales acumulados por los ríos y corrientes acuíferas en estratos aluviales y médanos.

La granulometría se refiere a la distribución de las partículas de la arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones, de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados.

Los requisitos se dan en la Tabla 2.5 normadas por la ASTM C 33-84 y según los tamices contenida en la Tabla 2.4 por la ASTM C 136-84.

DENOMINACION DEL TAMIZ	ABERTURA (pulgadas)	ABERTURA (milímetros)
3"	3.00	75.00
1 1/2"	1.50	37.50
3/4"	0.75	19.00
3/8"	0.375	9.50
N° 4	0.187	4.75
N° 8	0.0937	2.36
N° 16	0.0469	1.18
N° 30	0.0234	0.59
N° 50	0.0117	0.295
N° 100	0.0059	0.1475
N° 200	0.0029	0.0737

Tabla 2.4 Tamices Standard ASTM.

MALLA	Porcentaje que pasa
3/8"	100
N° 4	95 a 100
N° 8	80 a 100
N° 16	50 a 85
N° 30	25 a 60
N° 50	10 a 30
N° 100	2 a 10

Tabla 2.5 Requerimientos de clasificación del agregado fino.

Se denomina **Módulo de finura** o **de fineza** a la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie Standard (hasta el tamiz N° 100) y esta cantidad se divide entre 100.

En la apreciación del **Módulo de finura**, se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son los más favorables para los concretos de alta resistencia.

2.2.4.2 Granulometría del agregado grueso.-

Comúnmente llamada GRAVA y/o PIEDRA CHANCADA. Se le llama grava al agregado proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos proviniendo generalmente de canteras y lechos de ríos, depositado en forma natural. Y se llaman piedra triturada o chancada al agregado grueso obtenido por trituración artificial.

Están dadas en 13 series granulométricas que no constituyen curvas rigurosas, sino que definen zonas o franjas granulométricas, con límites amplios.

Este tipo de especificación es admisible tomando en cuenta que los agregados no deben tener un costo excesivo en su manejo; siendo prudente utilizar aquellos que se encuentran en el lugar de la obra o en su vecindad.

Los requerimientos granulométricos normados por la ASTM C 33-84 están dadas en la Tabla 2.7.

Un concepto importante es del **Tamaño Máximo**, se utiliza para seleccionar el agregado según las condiciones de geometría del encofrado y el esfuerzo de acero; corresponde a la malla más pequeña por la que pasa toda muestra de agregado.

El **Tamaño Nominal Máximo** se da generalmente como referencia de la granulometría y corresponde a la malla más pequeña que produce el primer retenido.

A continuación, se presenta la Tabla 2.6 como cuadro resumen de los principales ensayos que se realizan sobre los agregados:

ENSAYO	NORMA NTP	NORMA ASTM
Análisis granulométrico.	400.037	C 33
Determinación del peso unitario de los agregados.	400.017	C 29
Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso.	400.021	C 127
Determinación del peso específico y absorción del agregado fino.	400.022	C 128
Resistencia al desgaste en agregados gruesos. (Máquina de Los Angeles)	400.019	C 131
Determinación de impurezas orgánicas en agregados finos.	400.013	C 40

Tabla 2.6 Principales ensayos a los agregados del concreto.

N° ASTM	Tamaño Nominal	Porcentaje que pasa por los Tamices Normalizados												
		4"	3 ½"	3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	N°4	N°8	N°16
1	3 ½" a 1 ½"	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
2	2 ½" a 1 ½"	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
3	2" a 1"	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
357	2" a N° 4	-	-	-	100	90 a 100	-	35 a 70	-	0 a 30	-	0 a 5	-	-
4	1 ½" a ¾"	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-
467	1 ½" a N° 4	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-
5	1" a ½"	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-
56	1" a ⅝"	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-
57	1" a N° 4	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-
6	¾" a ⅝"	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-
67	¾" a N° 4	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-
7	½" a N° 4	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-
8	⅝" a N° 8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Tabla 2.7 Requerimientos de clasificación del agregado grueso.

2.3 EL AGUA EN EL CONCRETO.-

El papel del agua de mezclado dentro del concreto reviste vital importancia; es el elemento imprescindible para la transformación química del cemento (hidratación) y actúa además como agente de lubricación de las mezclas facilitando su colocación y compactación.

Todas las especificaciones coinciden en recomendar que el agua de mezclado sea razonablemente limpia y libre de cantidades peligrosas de materias orgánicas (debido a que incorporan y disminuyen la resistencia del concreto endurecido), así como sales, sulfatos, etc.

Las normas generalmente recomiendan que el agua a utilizarse en el concreto sea adecuada para beber, con lo que se asegura que está libre de materias orgánicas y otras impurezas.

Según la norma NTP 339.088 en la cual fija los límites permisibles para agua de mezcla y curado que a continuación se presenta en la Tabla 2.8.

SUSTANCIA	Limite Máximo (p.p.m.)
Sólido en suspensión	5,000
Materia orgánica	3
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1,000
Sulfato (Ión SO ₄)	600
Cloruros (Ión Cl)	1,000
pH	5 a 8

Tabla 2.8 Límites máximo de sustancias disueltas en el agua para el concreto.

2.3.1 AGUAS NO RECOMENDABLES.-

Basándose en la relación de resistencia mínima del 85% se ha establecido que las siguientes aguas son inadecuadas para ser empleadas en la preparación del concreto:

1. **Aguas calcáreas**, tales como las provenientes de desagües de curtiembres.
2. **Aguas minerales carbonatadas**, tales como las provenientes de galvanización.
3. Aguas que contienen más de **3% de cloruro de sodio** o más del **3.5% de sulfatos**.
4. **Aguas que contienen algas**, que producen una notable incorporación de aire con la correspondiente reducción en la resistencia del concreto.
5. Aguas cuyo **límite de turbidez** sea mayor de 2,000 p.p.m.
6. Aguas que contengan **citratos o azúcares** en disolución.
7. El **agua pura** y el **agua de lluvia** tienden a deslavar la cal del cemento y no deben ser empleadas en la elaboración del concreto.

2.4 ADITIVOS PARA EL CONCRETO.-

Se denomina aditivo a las sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades. Son utilizados principalmente para mejorar una o varias de las siguientes características del concreto:

- Aumentar la trabajabilidad, sin modificar el contenido de agua.
- Acelerar el desarrollo de la resistencia en la primera edad.
- Modificar el tiempo de fragua inicial.
- Modificar la velocidad de producción de calor de hidratación.
- Reducir la exudación.
- Aumentar la durabilidad.
- Reducir la permeabilidad.
- Disminuir la segregación.
- Mejorar la adherencia del concreto al acero.
- Incrementar la durabilidad o resistencia a condiciones severas de exposición, incluyendo la aplicación de sales descongelantes.
- Reducir el flujo capilar del agua.
- Producir concreto celular.
- Incrementar la adherencia entre el concreto viejo y nuevo.
- Mejorar la resistencia al impacto y a la abrasión.
- Producir concreto o mortero coloreado.

Las normas que regulan el uso de los aditivos son:

- NTP 339.086
- ASTM C 494
- ACI 212 1R.81
- ACI 212 2R.81

2.4.1 ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA O PLASTIFICANTES.-

Son compuestos orgánicos que permiten emplear menor agua de la que se usaría en condiciones normales de concreto, mejorando la trabajabilidad y también de resistencia al reducirse la relación agua/cemento.

Efectos sobre las propiedades del concreto:

- **Reducción de agua;** requieren de 5 a 10% menos de agua que concretos sin aditivo, con lo cual reduce la relación agua/cemento para un contenido dado de cemento.
- **Incremento de la resistencia;** aparte del debido a la reducción en la relación agua/cemento debida a la modificación de la reacción de hidratación.
- **Trabajabilidad;** mejora y facilita el vibrado del concreto al haber mayor plasticidad, esto se traduce en un mayor "slump" en el cono de Abrams; también mejora la posibilidad de bombear mezclas a mayores distancias sin problemas de atoros, ya que actúa como lubricantes.
- **Durabilidad;** al haber reducción de la relación agua/cemento, por lo tanto reducción de agua o aumento de cemento; hay incremento de resistencia, también de impermeabilidad, resulta un pequeño incremento de resistencias en aguas y terrenos agresivos.

Al mejorar la trabajabilidad del concreto con el uso del aditivo plastificante, este es muy usado para la fabricación de concreto expuesto.

2.4.2 ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES.-

Llamados también aditivos reductores de agua de alto rango o superfluidificantes, su aplicación permite obtener una alta fluidez en concretos secos sin asentamiento, evitando además la segregación y exudación. La gran trabajabilidad que se obtiene con este tipo de aditivos puede ser usada para efectuar importantes reducciones de la relación agua/cemento, de forma que se puede alcanzar resistencias elevadas.

La aplicación de estos superplastificantes se da principalmente en el siguiente tipo de obras:

- Elementos congestionados de refuerzo de acero, de difícil acceso y reducida posibilidad de vibración.
- Concreto colocado en baldes por medio de grúas.
- Concreto bombeado.
- Concreto en climas cálidos.

Para una mezcla convencional con un "slump" del orden de 2" a 3", el añadirle superplastificantes puede producir asentamientos del orden de 6" a 8" sin alterar la relación a/c.

2.4.3 CURADORES QUÍMICOS.-

A pesar de que no encajan dentro de la definición clásica de aditivos, pues no reaccionan con el cemento, constituyen productos que añaden en la superficie del concreto vaciado para evitar la pérdida de agua y asegurar que exista la humedad necesaria para el proceso de hidratación.

Existen básicamente dos tipos de curadores químicos:

- **Emulsiones de cera**, normalmente son pigmentadas con color blanco para reflejar los rayos solares y reducir la concentración local de temperatura. Estos tipos de curadores tienen la particularidad que en climas cálidos, la película de cera permanece en estado semisólido, debido a las temperaturas del concreto y a la acción solar, permitiendo la fuga de agua, y en otros constituye una ventaja pues se vuelve menos viscosa la cera y penetra en los poros capilares de la superficie sellándola.
- **Soluciones de resinas sintéticas**, que crean el mismo efecto de una capa de laca o pintura sobre el concreto, sellándola. A diferencia de los anteriores, a mayor temperatura, el solvente se volatiza más rápido y la película protectora se vuelve más rígida, dependiendo su eficacia del contenido de sólidos en la solución. En la práctica su uso ofrece mejores resultados que con las emulsiones de cera.

2.5 ENCOFRADOS.-

Los encofrados son los que moldean el concreto dándole las formas y dimensiones deseadas, así como establecen el control de su posición y alineamientos adecuados. Los encofrados que originan las formas deberán ser minuciosamente contruidos, bien ajustados y siguiendo estrictamente las medidas de los planos, de tal manera que una vez desencofrados los elementos, estos responden en todas sus dimensiones a las del proyecto; o es más, se consignan elementos que no necesiten revestimiento o tarrajeo, ya que además es creciente día a día la utilización de obras "caravista".

Los materiales que se usan en los encofrados son:

- a. **Las maderas**, principalmente "tornillo" o "triplay", especialmente en nuestro país.
- b. **Los metálicos.**

Otros tipos de encofrados son:

- c. **De concreto:** Se usan mucho en la prefabricación de elementos de concreto armado.
- d. **De fibra de vidrio:** Para conseguir acabados finales de diversas texturas. También los llamados "encasetonados" para losas nervadas.
- e. **De yeso:** Para detalles arquitectónicos muy complicados; estos no son reutilizados, debido que al retirarlos una vez cumplida su función se destruyen.

Se establece la gran importancia que tiene el obtenerse un buen y minucioso diseño de los encofrados, con sólo ver que aproximadamente al 25 al 40% del costo total del concreto lo absorbe el costo de encofrados.

Las características esenciales de un buen encofrado son:

- 1.- **Resistencia:** Para soportar con seguridad el peso y la presión lateral del concreto y las cargas de construcción.
- 2.- **Rigidez:** Para asegurar que las secciones y alineamientos del concreto terminado se mantenga dentro de tolerancias admisibles.
- 3.- **Estabilidad:** Está asociado al arriostramiento; hay que tener en cuenta que el peso del concreto es mucho mayor que el del encofrado y está ubicado en la parte alta del mismo, creando condiciones severas de carga lateral, ante la ubicación o movimiento del equipo o inevitable asimetría en la colocación del concreto.
- 4.- **Facilidad de desencofrado:** Los clavos no deben clavarse a fondo y debe tenerse cuidado de asegurar que el concreto no atrape al encofrado y que el orden de desencofrado libere aquellas partes que pueden retirarse antes.
- 5.- **Economía:** El costo del encofrado puede ser de 1/5 a 1/3 del costo de la estructura; consecuentemente, se requiere cuidado en el corte y mantenimiento de la madera, así como una sistematización que permita el uso repetido de las formas.

2.5.1 SEGURIDAD EN LOS ENCOFRADOS.-

Además de las características de un buen encofrado, se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones, en aspectos de seguridad:

- 1.- **Arriostramiento inadecuado:** El inadecuado arriostramiento cruzado en los pies derechos, es uno de los muchos motivos de accidentes de un mal encofrado.

- 2.- **Vibración:** Se debe evitar que estos fallen cuando sus puntales de apoyo, pies derechos, etc. son desplazados por vibración causada por el tráfico o movimiento de hombres y equipos, así como por el efecto del vibrado del concreto para su consolidación.
- 3.- **Suelo inestable:** Los puntales deberán estar colocados a plomo y el terreno con suficiente aptitud para contener las cargas sin hundimientos. Se deberá evitar terrenos helados, ya que la humedad o los cambios de temperatura ambiental, pueden deshelar el suelo y permitir el asentado de la sobrecarga.
- 4.- **Control inadecuado en el vaciado del concreto:** La temperatura y la velocidad de vaciado vertical del concreto, son factores que influyen en el desarrollo de las presiones laterales que actúan sobre los encofrados.

2.5.2 ECONOMIA EN LOS ENCOFRADOS.-

Aspectos a tenerse en cuenta para conseguir la reducción del costo de los encofrados:

- 1.- En el momento del diseño estructural, considerar los materiales y métodos que se necesitarán para la erección y retiro de los encofrados.
- 2.- Usar las mismas dimensiones de columnas desde su base hasta el techo, si esto es impracticable tratar de conservar por lo menos las mismas medidas para algunos pisos.
- 3.- Espaciar columnas uniformes por toda la edificación hasta donde sea factible.
- 4.- Determinar los mismos anchos para columnas y vigas en donde éstas estén apoyadas sobre las otras, a fin de eliminar o reducir los cortes de ajuste de los encofrados de las vigas dentro de las columnas.

2.5.3 DESENCOFRADO.-

El desencofrado rápido permite rehusar las formas en un lapso menor de tiempo y además permite curar mejor el concreto y resanarlo oportunamente, cuando el concreto está fresco permite conseguir una mejor adherencia del resane.

Los fondos de encofrado y puntales no deben removerse hasta que el concreto haya adquirido la resistencia necesaria. Para medir la resistencia del concreto se pueden hacer pruebas de los cilindros, mantenidos en las mismas condiciones que el concreto en obra o usar métodos no destructivos como esclerómetros debidamente calibrados.

En general los encofrados de columnas, muros y costados de vigas o losas, se requieren sólo hasta que el concreto haya endurecido y sea capaz de resistir la ocurrencia de daños mecánicos, es decir, golpes de objetos contundentes.

El encofrado o un apuntalamiento adecuado de fondos de losas o vigas requiere permanecer en sitio hasta que el concreto tenga una resistencia adecuada para portar su propio peso y la sobrecarga de construcción que le será aplicada. En el caso de grandes luces o voladizos, en ciertos casos el tiempo de permanencia deberá ser ampliado para evitar deflexiones excesivas, en cuyo caso deberá ser especificado por el proyectista.

2.5.3.1 Plazos de Desencofrado.-

El siguiente cuadro (Tabla 2.9) puede tomarse como guía para determinar los plazos de desencofrado cuando no se dispone de resultados de ensayos de resistencia en compresión del concreto:

ELEMENTO	Plazo mínimo (días)
Laterales de vigas y muros	1 a 3
Columnas y pilares	1 a 7
Muros de contención con relleno	7
Fondo de losas, dejando puntales de seguridad convenientemente distribuidos	7 a 14
Fondo de vigas, viguetas, dejando puntales de seguridad convenientemente distribuidos	14
Remoción de todos los puntales de seguridad de losas, vigas, viguetas, etc.	21

Fuente: "Recomendaciones para el Proceso de puesta en Obra de Estructuras de Concreto" por Enrique Rivva Lopez

Tabla 2.9 Plazos mínimos de desencofrado.

Los plazos indicados son aplicables en condiciones atmosféricas normales; sin embargo estos deben ser aumentados por lo menos en un número de días igual al de aquellos en que la temperatura del aire en contacto con el concreto descendió por debajo de los 5°C.

En aquellos casos en que se emplee en la mezcla un aditivo acelerante de fragua, los plazos establecidos pueden reducirse siempre que exista la garantía de que la estructura tiene condiciones de seguridad que cumplen con los requisitos exigidos a mezclas similares sin el aditivo.

2.6 DISEÑO DE MEZCLAS.-

El diseño de mezclas es la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, para lograr un material resultante que satisfaga de la manera más eficiente los requerimientos particulares del proyecto constructivo.

2.6.1 INFORMACION REQUERIDA PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS.-

La información requerida para empezar el diseño de mezclas se puede catalogar de dos tipos:

- 1.- Datos de laboratorio, y
- 2.- Especificaciones para el diseño.

2.6.1.1 Datos de laboratorio.-

Datos obtenidos luego de los ensayos a los agregados que se utilizarán en la obra:

- a. Análisis granulométricos de los agregados:
 - Módulo de fineza de la arena: MF_A
 - Módulo de fineza de la piedra: MF_P

- b. Pesos Unitario y pesos específicos de los agregados:
 - Pesos específicos de la arena y de la piedra: PE_A, PE_P
 - Pesos Unit. sueltos de la arena y de la piedra: PUS_A, PUS_P
 - Pesos Unit. compactados de la arena y de la piedra: PUC_A, PUC_P

- c. Contenido de humedad y Absorción de los agregados:
 - Contenido de humedad de la arena y de la piedra: CH_A, CH_P
 - Porcentaje de absorción de la arena y de la piedra: ABS_A, ABS_P

2.6.1.2 Especificaciones para el diseño.-

Datos en función a los requerimientos del proyecto o a las condiciones de la obra:

- a. Resistencia a la comprensión: $f'c$.
- b. Expectativa que exista valores menores de $f'c$.
- c. Tamaño máximo nominal del agregado: T. M. N.
- d. Asentamiento o "Slump"
- e. Opcionalmente:
 - Relación máxima a/c.
 - Contenido de cemento mínima.
 - Contenido de aire.

2.6.2 SECUENCIA DE DISEÑO.-

Los siguientes pasos son considerados en el proceso de selección de las proporciones de la mezcla para alcanzar las propiedades deseadas en el concreto. Estos son efectuados independientemente del procedimiento del diseño seleccionado.

- 1.- Selección de la resistencia promedio ($f'cr$) requerida para obtener en obra la resistencia de diseño especificada en planos. El ACI recomienda el método siguiente:

$$f'cr = f'c + 1.34 s \quad (I)$$

$$f'cr = f'c + 2.33 s - 35 \quad (II)$$

Donde:

s = Desviación standard del registro de resultados de la empresa.

La resistencia escogida será el mayor de los valores obtenidos a partir de las fórmulas (I) y (II).

El Comité Europeo del Concreto (C.E.C.) ha desarrollado igualmente la siguiente ecuación:

$$f'_{cr} = \frac{f_c}{1 - t.v}$$

Donde:

t = 1.28, cuando se acepta que la posibilidad de caer debajo de f_c es de 1 en 10 pruebas.

t = 1.33, cuando se acepta que la posibilidad de caer debajo de f_c es de 1 de 100 pruebas, donde cada prueba es el promedio de 3 pruebas correlativas.

v = Coeficiente de variación en fracción decimal según Tabla 2.10

Obtenido en laboratorio	5 %
En obra: Excelente	10 % - 12 %
Bueno	15 %
Regular	18 %
Inferior	20 %
Malo	25 %

Tabla 2.10 Coeficientes de variación según el C.E.C.

Un método simplificado para obtener el f'_{cr} es aplicado:

$$f'_{cr} = K f_c$$

Donde los factores K se pueden establecer conservadoramente de la tabla siguiente:

CONDICIONES	K
▪ Materiales de calidad muy controlada, dosificación por peso y supervisión especializada constante.	1.15
▪ Materiales de calidad controlada, dosificación por volumen y supervisión especializada esporádica.	1.25
▪ Materiales de calidad controlada, dosificación por volumen, sin supervisión especializada.	1.35
▪ Materiales variables, dosificación por volumen y sin supervisión especializada.	1.50

Tabla 2.11 Factores K para f'_{cr} simplificado.

2.- Selección del Tamaño Máximo (T.M.N.) del agregado grueso;
en general no debe excederse de:

- a) 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados.
- b) 1/3 del peralte de las losas.
- c) ¾ del espacio libre mínimo entre barras, paquetes de refuerzo, cables de pretensores o recubrimiento del concreto.

El valor final debe ser tomado del menor de los tres números obtenidos.

3.- Selección del asentamiento o “Slump”, si las especificaciones de obra no indican el asentamiento se podrá tomar como referencia la Tabla 2.12, valores recomendados por el ACI.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
▪ Zapatas y muros de cimentación de concreto armado.	3"	1"
▪ Cimentación simples, calzaduras	3"	1"
▪ Vigas y muros armados	4"	1"
▪ Columnas	4"	1"
▪ Pavimentos y losas	3"	1"
▪ Concreto masivo	2"	1"

Tabla 2.12 Asentamientos recomendados por el ACI.

NOTA:

- Estos valores pueden incrementarse de acuerdo a las condiciones de obra o cuando se usan aditivos.
- El "slump" puede incrementarse en más de 1" si se emplea un método de consolidación diferente a la vibración.

- 4.- Estimación del volumen de agua de mezclado por m³ y el contenido de aire, en función del asentamiento y tamaño máximo del agregado grueso.** El valor obtenido de la Tabla 2.13 (tabla confeccionada por el Comité 211 del ACI) será posteriormente corregida por el porcentaje de absorción y contenido de humedad del agregado, debido a que éste no se presenta generalmente en estado seco.

La Tabla 2.14 nos permite calcular el volumen unitario de agua tomando en consideración, además del asentamiento y el tamaño nominal máximo del agregado (T.M.N.), el perfil del mismo. Estos valores corresponden a mezclas sin aire incorporado y ha sido preparado por el Lab. de Ensayo de Materiales de la U.N.I.

Slump	Agua en Lt/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y asentamientos indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
% de aire atrapado	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	--

Tabla 2.13 Volumen unitario de agua de acuerdo al T.M.N. del agregado grueso y asentamientos.

T.M.N.	Agua en Lt/m ³ , para los perfiles de agregado grueso y asentamientos indicados					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado redond.	Agregado angular	Agregado redond.	Agregado angular	Agregado redond.	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Tabla 2.14 Volumen unitario de agua, de acuerdo a los perfiles del agregado grueso y asentamientos.

La Tabla 2.15 da tres niveles de aire total, los cuales dependen de los propósitos de empleo del aire incorporado y de la severidad de las condiciones del clima.

T.M.N.	Contenido de aire total en %		
	Exposición suave	Exposición moderada	Exposición severa
3/8"	4.5	6.0	7.5
1/2"	4.0	5.5	7.0
3/4"	3.5	5.0	6.0
1"	3.0	4.5	6.0
1 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2.0	4.0	5.0
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1.0	3.0	4.0

Tabla 2.15 Contenido de aire de acuerdo al T.M.N.

Exposición suave: El concreto no ha de estar expuesto a congelación.

Exposición moderada: El concreto no está expuesto a elementos químicos.

Exposición severa: El concreto ha de estar expuesto a climas agresivos.

5.- Selección de la relación agua – cemento, esta relación está dada en pesos y es en base a la resistencia a la compresión solicitada, (Tabla 2.16), o requisitos de durabilidad (Tabla 2.17)

f'cr (28 días)	Relación agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incluido	Concretos con aire incluidos
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	--
450	0.38	--

Tabla 2.16 Relación agua – cemento por resistencia.

CONDICIONES DE EXPOSICION	Relación a/c
Concretos de baja permeabilidad:	
▪ Expuesto a agua dulce.	0.50
▪ Expuesto a agua de mar o aguas solubles.	0.45
▪ Expuesto a aguas locales.	0.45
Concreto frecuentemente húmeda expuesta a la congelación y deshielo:	
▪ Sardineles, secciones delgadas, cunetas.	0.45
▪ Otros elementos.	0.50
▪ Estructura expuesta al agua de mar o a sulfatos.	0.40
▪ Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 1.5	0.45

Tabla 2.17 Relación agua – cemento por durabilidad.

En aquellos casos en que la durabilidad del concreto no es un factor determinante, la relación agua – cemento por resistencia será seleccionada a partir de la Tabla 2.16, sin embargo, esta tabla está dada para tamaños máximos nominales (T.M.N.) del agregado grueso comprendidos entre $\frac{3}{4}$ " y 1". La relación agua – cemento se incrementa conforme el T.M.N. disminuye.

En la Tabla 2.18 confeccionada por la National Ready Mixed Concrete Association relaciona la resistencia con el T.M.N. del agregado grueso.

f'cr (28 días)	Relación a/c en peso para T.M.N. indicados del agregado grueso.		
	3/8"	3/4"	1 1/2"
140	0.87	0.85	0.80
175	0.79	0.76	0.71
210	0.72	0.69	0.64
245	0.66	0.62	0.58
280	0.61	0.58	0.53
315	0.57	0.53	0.49
350	0.53	0.49	0.45

**Tabla 2.18 Relación a/c de acuerdo al T.M.N.
del agregado grueso.**

Conocidas las relaciones agua - cemento por resistencia y por durabilidad, se elegirá, para el cálculo de las proporciones de la mezcla, el menor de los dos valores, lo cual garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones.

Si se emplea aditivos en solución, el agua de la solución deberá ser considerada como el agua de la mezcla, a fin de no alterar la relación agua-cemento.

- 6.- Determinación de la cantidad de cemento por metro cúbico, en función de volumen unitario de agua y de la relación agua - cemento seleccionada.**

$$C = \frac{A}{(a/c)}$$

Donde:

C = Contenido de cemento por m³ en kg.

A = Agua seleccionada de Tablas 2.13 o 2.14 en litros.

a/c = Relación escogida en el Paso (5)

Convirtiendo el peso del cemento **C** dividiendo entre su Peso Específico (3,150 kg/m³) obtenemos el volumen absoluto de cemento por m³.

$$V_c = \text{Volumen de Cemento} = \frac{C}{3,150} \text{ en m}^3$$

- 7.- Determinación de las proporciones relativas de los agregados grueso y fino:** La selección de la cantidad de cada uno de ellos por metro cúbico de concreto está condicionada al procedimiento del diseño seleccionado. Los siguientes métodos prácticos son los más utilizados que serán abordados más adelante:

- a) El método tradicional del ACI.
- b) Método del Módulo de Finura del agregado global.

La descripción de estos dos métodos se detallan en la sección 2.6.3

- 8.- **Determinación de las proporciones en peso de la mezcla en el concreto**, dependiendo del método de diseño seleccionado, considerando a los agregados en **estado seco** y que el volumen por m³ de agua no ha sido corregido por humedad.
- 9.- **Ajustes de humedad de los agregados**; generalmente los agregados utilizados en obra para la preparación del concreto están húmedos y que no son visibles, por lo cual sus pesos secos se incrementan en el porcentaje de agua que contengan, tanto absorbida como superficial, por lo que el agua de mezclado deber ser reducida en una cantidad igual a la humedad que aportan los agregados. Si los agregados son semi-secos, estos toman agua de la mezcla por lo que se obliga a incrementarla para mantener la relación a/c.

$$P_O = P_S \left(1 + \frac{CH_P}{100} \right)$$

$$A_O = A_S \left(1 + \frac{CH_A}{100} \right)$$

$$C_P = P_S \left(1 + \frac{CH_P - AB_P}{100} \right)$$

$$C_A = A_S \left(1 + \frac{CH_A - AB_A}{100} \right)$$

Donde:

CH_P = Contenido de humedad de la piedra (%)

CH_A = Contenido de humedad de la arena (%)

AB_P = Absorción de la piedra (%)

AB_A = Absorción de la arena (%)

P_S = Peso seco de la piedra (kg)

A_S = Peso seco de la arena (kg)

P_O = Peso en obra de la piedra (kg)

A_O = Peso en obra de la arena (kg)

C_P = Corrección de agua debido a la piedra

C_A = Corrección de agua debido a la arena

$$\text{Agua}_{\text{(efectiva)}} = \text{Agua}_{\text{(diseño)}} - (C_P + C_A)$$

Finalmente : **Cemento:** C , obtenida en el paso (6)

Agua: $\text{Agua}_{\text{(efectiva)}}$

Arena: A_0

Piedra: P_0

10.- Determinación de las proporciones en peso de la mezcla ya corregidas por humedad; que quedaría establecida de la siguiente manera:

$$C_p : A_p : P_p \quad \Rightarrow \quad 1 : \frac{A_0}{C} : \frac{P_0}{C}$$

$$\text{Agua} = \text{Agua}_{\text{(efectiva)}} / (C/42.5) \text{ en (Lt./bolsa de cemento)}$$

11.- Determinación de las proporciones en volumen de la mezcla; están referidos por motivos prácticos a tandas de una bolsa de cemento.

$$N = \text{N}^\circ \text{ de bolsas de cemento} = \frac{C}{42.5}$$

$$V_A = \text{Volumen de arena por bolsa de cemento} = \frac{35.3 A_0}{(\text{PUS}_A) (N)}$$

$$V_P = \text{Volumen de arena por bolsa de cemento} = \frac{35.3 P_0}{(\text{PUS}_P) (N)}$$

Donde:

PUS_A = Peso Unitario Suelto de la Arena (Kg/m^3)

PUS_P = Peso Unitario Suelto de la Piedra (Kg/m^3)

Proporción en volumen:

$C_V : A_V : P_V \quad \Rightarrow \quad 1 : V_A : V_P$

Agua = Agua (efectiva) / N en (Lt/bolsa de cemento)

2.6.3 METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS.-

De los distintos métodos de diseño de la mezcla, se comentará en esta sección sólo los siguientes métodos:

- a) Método del ACI.
- b) Método del Módulo de Finura del agregado global.

2.6.3.1 MÉTODO DEL ACI.-

El método de selección de los agregados recomendada por el ACI relaciona el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso y el Módulo de Finura del agregado fino en la Tabla 2.19 para obtener un coeficiente, generalmente denominado (b/b_0) , que es el volumen del agregado grueso compactado por m^3 de concreto.

Tamaño Máximo del Agregado	Volumen de agregado grueso compactado en seco por m^3 para diversos M.F. de arena.			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.79	0.78	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Tabla 2.19 Volumen de agregado grueso por m^3 según el M.F. de la arena.

$$P_s = \text{Peso seco del agregado grueso} = (b/b_0) (PUC_P)$$

$$\text{Volumen}_{(\text{piedra})} = V_P = \frac{P_s}{P.e.(\text{piedra})} \quad (m^3)$$

Cálculo del volumen del agregado fino:

$$\text{Vol.}_{(\text{arena})} = 1 - [\text{Vol.}_{(\text{piedra})} + \text{Vol.}_{(\text{cemento})} + \text{Vol.}_{(\text{aire})}]$$

$$A_s = \text{Peso de arena} = \text{Vol.}_{(\text{arena})} \times P.e._{(\text{arena})}$$

2.6.3.2 MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO GLOBAL.-

Este método toma el módulo de finura del agregado global (arena y piedra) en su conjunto para evaluar las características del concreto fresco, y es función del tamaño Máximo Nominal del agregado grueso y del contenido de cemento por m^3 .

Tam. Máx. del Agregado grueso	Módulo de Finura del agregado global para los contenidos de cemento en B/m^3			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.26	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Tabla 2.20 Módulo de Finura del agregado global para los contenidos de cemento por m^3 .

Los valores de la Tabla 2.20 están referidos a agregado grueso de perfil angular y corresponden a concretos sin aire incorporado.

El empleo de dos ecuaciones gobierna el uso de este método:

$$MF_{(A+B)} = P_A MF_A + P_P MF_P$$

$$P_A = \frac{MF_P - MF_{(A+P)}}{MF_P - MF_{(A)}}$$

Donde:

MF_(A+P) : Módulo de Finura del Agregado Global.

MF_A : Módulo de Finura de la Arena.

MF_P : Módulo de Finura de la Piedra.

P_A : Fracción de la arena respecto al volumen absoluto total del agregado.

P_P : Fracción de la piedra respecto al volumen absoluto total del agregado.

Cálculo del volumen absoluto de la pasta:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Cemento} : V_C \text{ del paso (6)} \\ \text{Agua} : V_A \text{ del paso (4)} \\ \text{Aire} : V_a \text{ del paso (4)} \end{array} \right\} \text{Volumen}_{(pasta)} = V_P = V_C + V_A + V_a$$

Volumen absoluto del agregado:

$$V_{AG} = 1 - V_P$$

Volumen absoluto de los agregados:

$$\text{Vol.}_{(arena)} = V_{AG} \cdot P_A$$

$$\text{Vol.}_{(piedra)} = V_{AG} \cdot (1 - P_A)$$

$$A_s = \text{Peso de arena} = \text{Vol.}_{(arena)} \times P.e._{(arena)}$$

$$P_s = \text{Peso de piedra} = \text{Vol.}_{(piedra)} \times P.e._{(piedra)}$$

Obtenidos A_s y P_s , se procede con el paso (8) de la secuencia del diseño de mezclas.

2.7 PROPIEDADES DEL CONCRETO.-

Las características del concreto deben estar en función de la finalidad para la cual está destinado, para ello, la dosificación de los elementos que lo componen debe permitir obtener un concreto con la facilidad de colocación, densidad, resistencia, durabilidad u otras propiedades que se consideran necesarias para el caso particular para el cual la mezcla está siendo diseñada.

La mayoría de las propiedades del concreto, tanto del concreto fresco como del concreto endurecido que se tratarán a continuación están definidas por las normas, sea estadounidenses (ASTM), británicas (BS) y su par las peruanas (NTP).

2.7.1 PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO FRESCO.-

Dado que las principales propiedades en el largo plazo del concreto, tales como la resistencia y la durabilidad, son afectadas por el grado de compactación, es importante que la consistencia o trabajabilidad del concreto fresco sean tales que el concreto pueda ser adecuadamente tratado.

2.7.1.1 Trabajabilidad.-

Está definida por su mayor o menor capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente. Esto involucra conceptos tales como capacidad de moldeo, cohesividad, capacidad de compactación y fluidez. Sin embargo, para facilidad de trabajo y de selección de las proporciones de la mezcla, se reconoce que la trabajabilidad tiene relación con el contenido de cemento en la mezcla, con las características, granulometría, relación de los agregados fino-grueso, y proporción del agregado en la mezcla con la cantidad de agua y aire en la mezcla, con la presencia de aditivos, y finalmente con las condiciones ambientales.

En la actualidad no existe una prueba válida para caracterizar la trabajabilidad, definida con rigor como la cantidad de trabajo interno útil requerido para realizar la completa consolidación del concreto. El ensayo del asentamiento (cono de Abrams) indica uno de los factores de la trabajabilidad, como es la consistencia.

La trabajabilidad del concreto fresco es uno de los principales factores que influyen para el logro de un buen acabado del concreto expuesto.

2.7.1.2 Consistencia.-

La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. La consistencia, del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma. Se puede clasificar en tres grupos:

- Concretos consistentes o secos.
- Concretos plásticos.
- Concretos fluidos.

Las normas que regulan el procedimiento del ensayo de consistencia son: ASTM C 143-78 y la NTP 339.035.

La consistencia del concreto juega un papel muy importante para el logro de un buen acabado del concreto expuesto; el uso de aditivos plastificantes en la mezcla al traducirse en un mayor "slump", mejora y facilita la consolidación del concreto al haber mayor plasticidad.

2.7.1.3 Segregación.-

Es la diferencia de densidades entre los componentes del concreto provocados por una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan. Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente

concentración de la pasta o granulometría deficiente, las partículas gruesas se separan del mortero y se produce lo que se conoce como segregación.

La segregación produce los llamados "cangrejas" en el concreto endurecido y causa una apariencia muy desagradable en el acabado del concreto expuesto.

2.7.1.4 Exudación.-

Es la propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina es la molienda de este y mayor es el porcentaje de material menor que la malla N° 100, la exudación será menor pues se retiene el agua de la mezcla.

2.7.2 PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO ENDURECIDO.-

Las principales propiedades del concreto endurecido son:

- a) Resistencia a la compresión.
- b) Resistencia a la tracción
- c) Contracción por fragua.
- d) Durabilidad.

2.7.2.1 Resistencia a la compresión.-

La resistencia a la compresión del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Esta propiedad es considerada como una de las más importantes del concreto endurecido, siendo lo que generalmente se emplea para aceptación o rechazo del mismo.

La resistencia está en función de cuatro factores:

- Relación agua – cemento.
- Relación cemento – agregado.
- Granulometría, perfil, textura superficial, resistencia y dureza del agregado.
- Tamaño máximo del agregado.

Un factor indirecto pero no menos importante lo constituye el curado, ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegan a desarrollar completamente las características resistentes del concreto.

La manera tradicional y práctica de evaluar la resistencia y uniformidad del concreto, consiste en moldear probetas con el concreto empleado en obra, que luego son llevadas a roturas en una prensa, bajo cargas de compresión. Las normas que regulan los procedimientos desde las operaciones previas del llenado de probetas hasta la rotura misma son NTP 339.033 y ASTM C-31.

Según la norma ASTM C-192-90a y C-39-93a, la resistencia a la compresión (f'_c) se define como el promedio de resistencias de, como mínimo, dos probetas tomadas de la misma muestra probadas a los 28 días. En ocasiones, un período de 28 días para determinar la resistencia del concreto puede resultar muy largo, por lo que se suele efectuar ensayos a los 7 días. La relación entre la resistencia obtenida a los 7 días y la resistencia a los 28 días, es aproximadamente:

$$f'_{C_7} = 0.67 f'_{C_{28}}$$

En la siguiente tabla 2.21 se muestra la relación entre la resistencia del concreto a una determinada edad y su resistencia a los 28 días.

Tiempo	7 días	14 días	28 días	90 días	6 meses	1 año	2 años	5 años
$f'_{C(t)}/f'_{C_{28}}$	0.67	0.86	1	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

Tabla 2.21 Relación de la resistencia del concreto de una determinada edad respecto de su resistencia a los 28 días.

Independientemente del acabado final del concreto expuesto, la resistencia final de la misma no debe ser sacrificada. Un adecuado diseño de mezcla y una adecuada ejecución en el proceso constructivo garantizará que el concreto alcance la resistencia requerida con un acabado uniforme.

2.7.2.2 Resistencia a la tracción.-

La resistencia a la tracción es mucho menor que su resistencia a la compresión constituyendo aproximadamente un 8% a 15% de ésta. Para la determinación de este parámetro no se suele usar ensayos directos debido a las dificultades que se presentan sobretodo por los efectos secundarios que generan los dispositivos de carga.

La Norma ASTM C-496-90 especifica el procedimiento llamada **split-test**, que consiste en cargar lateralmente el cilindro estándar a lo largo de uno de sus diámetros hasta que se rompa (ver Fig. 2.1). La resistencia a la tensión es igual a:

$$f_{ct} = \frac{2 P}{\pi h d}$$

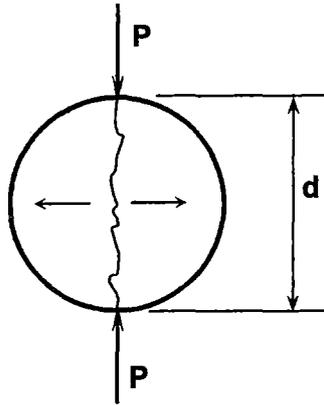


Fig. 2.1
Esquema del ensayo a la tracción.

Donde:

f_{ct} = Resistencia a la tracción del concreto.

P = Carga de rotura.

h = Longitud del cilindro.

d = Diámetro del cilindro.

En general, para el diseño la resistencia a la tracción del concreto es despreciada, excepto en el diseño de algunas estructuras de concreto simple, como cimientos o zapatas sin armar.

2.7.2.3 Contracción por fragua.-

La contracción por fragua se debe a la pérdida de humedad durante el endurecimiento y secado del concreto. El agua que se añade a la mezcla de concreto es casi el doble de la necesaria el cemento, pero se incluye para mejorar la trabajabilidad del material. Después del curado, el agua en exceso comienza a evaporar. Si éste puede deformarse libremente, disminuye su volumen, pero si contiene armadura o está fijo en algunos de sus extremos se raja. En concretos expuestos de acabado liso, estas fisuras son muy notorias (ver Foto 3.26).

A la contracción originada por la pérdida de agua se suma la debida al enfriamiento del concreto después de la fragua, ya que este proceso es exotérmico. Estos cambios de temperatura afectan también el volumen del concreto.

Otro factor que afecta la contracción del concreto es la relación volumen/superficie del elemento de concreto. El agua evapora a través de la superficie y por lo tanto mientras ésta sea mayor, las deformaciones por contracción se incrementarán.

2.7.2.4 Durabilidad.-

Un concreto es durable cuando este puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio a las cuales está sometido.

Algunas de las principales causas de la deterioro del concreto:

- a) Ciclos de congelamiento y deshielo.
- b) Exposición a sustancias químicas agresivas:
 - Ataque por sulfatos.
 - Ataque por ácidos.

- c) Resistencia a la abrasión.
- d) Corrosión del acero y de otros materiales ahogados en el concreto.
- e) Reacciones químicas de los agregados:
 - Reacción álcali – sílice.
 - Reactividad expansiva álcali – carbonato.
 - Reacción cemento – agregado.

La durabilidad puede ser mejorada mediante el empleo de relaciones agua-cemento bajas (ver Tabla 2.17), que reduce la permeabilidad y absorción, disminuyendo por tanto la posibilidad de penetración de líquidos agresivos. La incorporación de aire a la mezcla incrementa la resistencia del concreto a la acción desintegrante de heladas y deshielo.

Un buen diseño y buenos materiales no garantizan por sí mismos que se obtengan un concreto durable, un buen control de calidad y buenas prácticas constructivas son esenciales para producir concreto durable.

2.8 ETAPAS CONSTRUCTIVAS DEL CONCRETO.-

La secuencia de operaciones es la siguiente: una vez definidas las cantidades correctas de cemento, agregado, agua y eventualmente aditivo, se introducen y se revuelven en la mezcladora de concreto. Se produce así el concreto fresco, que se traslada de la mezcladora al lugar de su colocación final; se coloca en las formas y se compacta para lograr la masa densa a la que luego del fraguado final, finalmente llegará a ser el concreto endurecido.

2.8.1 MEZCLADO.-

El mezclado del concreto tiene por finalidad cubrir la superficie de los agregados con la pasta de cemento, produciendo una pasta homogénea.

El mezclado a máquina, asegura concretos uniformes de manera económica. Las mezcladoras están constituidas, fundamentalmente, por un recipiente metálico llamado tambor o cuba, provisto de paletas en su interior.

2.8.1.1 Tipos de mezcladoras.-

Las mezcladoras se clasifican en función de la posición del eje de rotación de la cuba, siendo de cuatro tipos:

- a) Mezcladora de eje inclinado, de cuba basculante.
- b) Mezcladora de eje horizontal.
- c) Mezcladora de eje vertical.
- d) El concreto pre-mezclado.

a) Las mezcladoras de eje **inclinado** puede adoptar diferentes inclinaciones del eje para cada etapa del trabajo: sea llenado, amasado o

descarga. Estas son adecuadas para pequeños volúmenes de concreto y en especial para mezclas plásticas o con agregado grueso de tamaño apreciable y en todos los casos, la descarga es buena, pues realiza de manera inmediata y sin segregación.

b) Las mezcladoras de eje **horizontal** se caracterizan porque disponen de dos aberturas, una para cargar el material y la otra para descargar el concreto y son favorables para grandes volúmenes de concreto.

c) Las amasadoras de eje **vertical** son utilizadas especialmente para mezcla de concreto secas, especialmente en pre-fabricados. Estas permiten una alta productividad y calidad, siendo de gran versatilidad y aplicables a cualquier tipo de mezcla.

d) El término de "**concreto pre-mezclado**", se aplica al concreto preparado en planta, en instalaciones fijas y transportado hasta el lugar de utilización por camiones especiales, denominados camiones mezcladoras o "mixers". Entre las ventajas que posee el concreto pre-mezclado, sobre aquel que se fabrica en obra, podemos señalar lo siguiente:

- La capacidad de producción de una central de concreto pre-mezclado es muy superior a cualquier instalación de producción en obra, incrementando la colocación diaria de concreto y disminuye los plazos de ejecución.
- Precisión en la dosificación de mezcla y regularidad de control de las materias primas y el concreto.
- Limpieza de la zona de trabajo.

2.8.1.2 Introducción de materiales a la mezcladora.-

Según ASOCEM en su Boletín Técnico N° 6, recomienda que se coloque inicialmente, una pequeña proporción del agua de mezcla, aproximadamente un 10%, añadiendo luego los materiales sólidos conjuntamente con el 80% del

agua. El 10% restante se termina de introducir cuando todos los materiales se encuentran en la mezcladora.

Sin embargo, en la práctica diaria, los concretos hechos en obra, generalmente se ingresa a la mezcladora inicialmente 17 o 18 lt. de agua (volumen de una lata metálica), luego se añade los sólidos, y el restante de agua se termina de introducir, entre 0.4 a 0.6 de lata.

2.8.1.3 Tiempo de mezclado.-

El tiempo de mezclado debe medirse a partir del momento en que todos los ingredientes estén dentro de la mezcladora.

El tiempo óptimo de mezclado depende del tipo y tamaño de la mezcladora. En la Tabla 2.22 (recomendadas por el ACI 304 y ASTM C-94-83), se proporcionan los valores típicos de tiempos de mezclado para mezcladoras de distintas capacidades.

Capacidad de la mezcladora		Tiempo de mezclado (min.)
m ³	yd ³	
0.8	1	1
1.5	2	1 ¼
2.3	3	1 ½
3.1	4	1 ¾

Tabla 2.22 Recomendaciones de tiempos mínimos de mezclado.

2.8.2 TRANSPORTE.-

El concreto puede ser transportado desde la mezcladora hasta el punto de colocación empleando una variedad de procedimientos y equipos: latas, carretillas, buggys, chutes, elevadoras, baldes, fajas, mixers (camiones mezcladores), dumpers, winches, grúas. Las bombas tienen como principal función la colocación del concreto y no para el traslado de grandes distancias. La decisión de qué método a emplear depende sobre todo de la cantidad de concreto por transportar, de la distancia y dirección (vertical u horizontal) del transporte, de condiciones de la obra y de consideraciones económicas.

El procedimiento de transporte seleccionado deberá permitir que el concreto sea entregado en el punto de colocación sin alteración significativa en las propiedades deseadas y/o en la relación agua-cemento, asentamiento y contenido de aire del concreto. Igualmente, deberá garantizar que se han de mantener la plasticidad, cohesividad, homogeneidad, uniformidad y calidad del concreto, así como que no se ha de producir segregación, evaporación del agua de mezclado o pérdida de materiales integrantes del concreto.

La capacidad de transporte debe estar coordinada con la cantidad de concreto a colocar, debiendo ser suficiente para impedir la ocurrencia de juntas frías.

El **bombeo** es un método muy eficiente y seguro de transportar concreto, pero debe de tenerse en cuenta que el bloqueo de la tubería puede ocurrir por: concreto muy seco o muy fluido, concreto mal mezclado, falta de arena en el concreto, concreto demasiado tiempo en la tubería y escape de lechada en las uniones.

El mezclado y transporte en **camiones de tambor giratorio** (mixers), ésta debe girarse a la velocidad designada por el fabricante. En general, el volumen absoluto total de todos los ingredientes no debe excederse del 63% de la capacidad del tambor. Si el concreto es premezclado en planta y transportado,

el camión sólo sirve de unidad agitadora de transporte, en este caso, el volumen transportado puede aumentar hasta el 80 % de la capacidad del tambor.

2.8.3 COLOCACION.-

El objetivo principal es depositar el concreto lo más cerca posible de su posición final, de la manera más rápida y eficaz, para evitar la segregación y lograr una compactación total.

Antes de la colocación del concreto se tiene que verificar la correcta ubicación de las varillas de refuerzo, encofrados alineados y correctamente arriostrados, entre otras consideraciones y recomendaciones generales:

- 1.- El concreto debe ser depositado en capas uniformes; en muros y columnas ninguna capa debe tener más de 45 cm. de espesor.
- 2.- El concreto debe colocarse lo más rápido posible, pero no más rápido de lo que pueden resistir el método de compactación y el equipo, las velocidades deben ser iguales.
- 3.- Es necesario asegurarse de que cada capa de concreto haya sido bien compactada, antes de la colocación de la siguiente capa. Además, cada capa debe ser colocada mientras la anterior aún responde a la vibración.
- 4.- Se debe evitar la formación de juntas frías.
- 5.- En columnas y muros, la colocación debe hacerse de manera que el concreto no se estrelle contra la cara de los encofrados; así mismo, debe evitarse el impacto fuerte sobre el acero de refuerzo, ya que este golpe podría removerlo.

Para el logro de buenos acabados en concretos expuestos, la etapa de colocación, como se verá más adelante, juega uno de los papeles más importantes durante el proceso constructivo.

2.8.4 COMPACTACION.-

Después de que el concreto ha sido mezclado, transportado y colocado, contiene aire atrapado en forma de vacíos. El objeto de la compactación es eliminar la mayor cantidad posible de este indeseable aire; esto no procede cuando hay inclusión deliberada de aire, que en este caso, es estable y distribuido uniformemente.

En términos simples la compactación o vibración consiste en someter al concreto fresco a impulsos vibratorios rápidos, los que "licuefactan" el mortero reduciendo drásticamente la fricción interna. En esta condición el concreto se asienta, como un líquido, por acción de la gravedad y asegura un contacto íntimo entre el concreto y las superficies de acero de refuerzo y partes ahogadas. Al discontinuarse la vibración, la fricción interna se restablece.

Un concreto completamente compacto será denso, resistente, durable e impermeable; y tendrá un buen acabado superficial. El concreto mal compactado será débil, poco durable, alveolado y poroso; bastante ineficaz y tendrá un deficiente acabado superficial.

2.8.4.1 Vibradores externos.-

La vibración externa consiste en fijar el vibrador en las paredes de los encofrados o a una plataforma sobre la cual se colocan los elementos que se van a vibrar. El número de vibradores a utilizar depende del tamaño y, la forma del molde, el emplazamiento debe hacerse en lugares convenientes.

Los vibradores externos deben montarse rígidamente en los encofrados, y colocarse con espaciamiento para brindar suficiente fuerza de vibrado al panel.

Las juntas de los encofrados deben ser herméticas para que la vibración pesada no produzca fugas del mortero y bolsas de agregado. La vibración externa no es recomendable ser usados en encofrados de madera, debido a que este material absorbe las fuerzas vibratorias. Los encofrados deben estar correctamente realizados para absorber las cargas a recibir.

Estos vibradores se emplean para elementos prefabricados o secciones delgadas vaciados "in situ", con forma o espesor inadecuados para el uso de vibradores internos.

2.8.4.2 VIBRADORES INTERNOS.-

La mayoría de los concretos se compactan por inmersión y se considera el método más satisfactorio, ya que el cabezal trabaja directamente sobre el concreto y puede cambiarse rápida y fácilmente de una posición a otra.

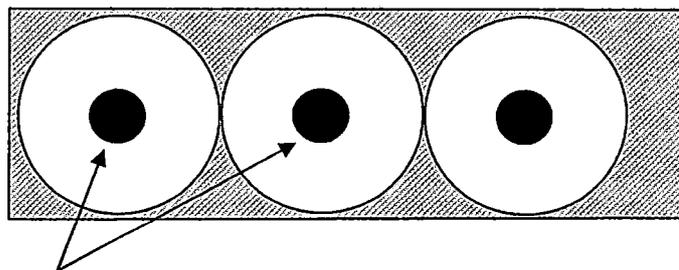
Para obtener máxima compactación y eficiencia, los vibradores deben ser insertados en una posición casi vertical. El tiempo promedio de inserción es de aproximadamente 10 segundos, luego se extrae el vibrador lentamente, permitiendo que el vacío que va dejando el cabezal se llene por completo.

Para la mayoría de los trabajos de concreto reforzado, pueden obtenerse cabezales con los diámetros siguientes:

$\frac{3}{4}$ " 1" $1\frac{3}{8}$ " $1\frac{3}{4}$ " 2" $2\frac{3}{8}$ " $2\frac{1}{2}$ " 3"

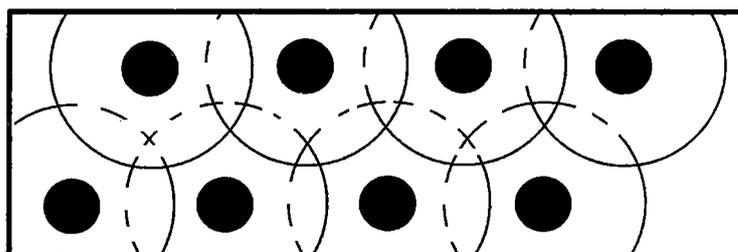
La selección del diámetro del cabezal de un vibrador es determinada por: (a) la complejidad de los encofrados y el acero de refuerzo y (b) el asentamiento del concreto y la masa del área que tiene que hacerse vibrar. El sentido común y un buen juicio son fundamentales.

El **radio de acción** define el espaciamiento y el patrón de inserción. Por ejemplo, si el radio de acción es de 20 cm. aproximadamente, las inserciones deben hacerse a unos 30 cm. una de otra y con un patrón previamente establecido, a fin de que todo el concreto quede totalmente compactado. (Ver Fig. 2.3)



Las posiciones de inserción situadas en el centro y a grandes distancias, dejan áreas no compactadas.

INCORRECTO



Traslapar el radio de acción asegura una compactación total.

CORRECTO

Fig. 2.3 La inserción del vibrador en un patrón alternado asegura la compactación de todo el concreto.

En la Tabla 2.33 se indican los radios de acción de los cabezales de diversos diámetros, la efectividad real de un determinado cabezal en una situación particular, depende de la trabajabilidad del concreto y de las características del propio cabezal; en la práctica es mejor juzgar visualmente el radio real de acción de un determinado cabezal.

CARACTERISTICAS Y APLICACIONES DE LOS VIBRADORES INTERNOS			
Diámetros del Cabezal (pulg.)	Radio de Acción (cm.)	Veloc. Aprox. de Compactación (m3 / h)	Aplicación
¾" – 1"	8 – 15	0.8 – 2	Slump de 2" o de mayor, en secciones muy delgadas y áreas difíciles.
1 3/8" – 1 ½"	13 – 25	2 – 4	Slump de 2" o mayor, en columnas y muros delgados y áreas difíciles.
2" – 3"	18 - 35	3 - 8	Slump de 1" o mayor; en construcción general libre de restricciones y obstrucciones

Fuente: "El Concreto en Obra" Tomo II, Editorial LIMUSA, México, 1990; pág. 36

Tabla 2.23 Características y aplicaciones de los vibradores internos.

2.8.4.3 Revibrado.-

El revibrado puede definirse como una vibración retardada de un concreto que ya está colocado y compactado, se efectúa antes del fraguado inicial, se puede emplear el revibrado para darle mas densidad al concreto y reducir las bolsas de aire y de agua que se encuentren pegadas al encofrado.

La revibración permite beneficios como la mejoría en la resistencia a la compresión, mayor impermeabilidad, aumento de la adherencia, reducción de las bolsas de grava, desprendimiento del agua atrapada y la eliminación del aire. El revibrado no debe aplicarse cuando se empleen mezclas ásperas, con granulometría abierta para producir superficies de agregados expuestos.

La revibración requiere de un cuidado y control estrictamente riguroso, ya que una revibración tardía puede dañar irreparablemente el concreto. Y asimismo, implica un paso adicional en la producción del concreto y, por tanto un incremento en el costo.

La diferencia del revibrado con la sobrevibración del concreto es que esta última puede generar segregación del agregado grueso, cuando se observa un exceso de lechada en la superficie del concreto deberá ser interrumpida. El resultado de segregación por sobrevibración se da en concretos que carecen de cohesión o las que tienen una alta relación a/c, es decir, en concretos mal diseñadas.

2.8.5 CURADO.-

El curado es el proceso por el cual se busca mantener saturado de agua el concreto, de manera tal que se pueda lograr la hidratación del cemento (Ver 2.1.1) en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia deseada. Busca, también, evitar la contracción por fragua hasta que el concreto alcance una resistencia mínima que le permita soportar los esfuerzos inducidos por ésta.

Esta etapa del proceso constructivo es decisiva para la obtención de un buen concreto. El concreto no curado o pobremente curado empieza su vida con un defecto que puede ser fatal. Los vacíos llenos de agua, en vez de llenarse con cemento hidratado, permanecerán vacíos después de evaporada el agua de la mezcla. El concreto superficial resulta débil y poroso, y menos durable, es decir, más propenso a ser dañados por el uso, la corrosión del acero, los compuestos químicos y la congelación y deshielo.

El curado puede efectuarse mediante la aplicación de diversos métodos y materiales que conviene considerar en tres grupos:

- a. Curado húmedo.
- b. Curado con materiales selladores.
- c. Curado químico.

La evaluación de la eficiencia de los materiales para el curado están prescritas en la ASTM C 156-80a.

La duración del curado, en concretos normales y para temperaturas de ambiente mayores a 10 °C, el período mínimo de conservación de humedad y temperatura es de 7 días, o el tiempo necesario para alcanzar el 70% de la resistencia especificada. El ACI 308-81 especifica un mínimo de 7 días para cemento Portland normal.

Para concretos de alta resistencia (mayor de 420 Kg/cm^2), el período de curado debe ampliarse, aún más de 28 días, para permitir el desarrollo de la resistencia.

Los métodos y el período de curado deben ser consistentes para producir un color uniforme en el acabado del concreto expuesto. Estos deben ensayarse en un modelo en obra para determinar con antelación cualquier efecto negativo.

2.8.5.1 Curado húmedo.-

Es el sistema en el cual se mantiene el agua o la humedad en contacto estrecho con la superficie del concreto. Este método tiene la ventaja de permitir el incremento de humedad interna.

Para garantizar un curado efectivo; a continuación se presenta una breve síntesis de los más utilizados:

- a) **Inundación**, o inmersión, teóricamente el más eficiente, sólo se emplea en determinadas estructuras aparente para ello, por ejemplo: pavimentos, losas, donde es factible formar un estanque de agua mediante un pequeño dique de tierra a lo largo del perímetro de la losa.
- b) **Atomizadores**, o rociadores de agua, esto es conveniente cuando es posible mantenerlos en servicio continuo y no hay limitación para el gasto de agua. El uso de manguera agujereada es útil para superficies verticales siempre que no exista peligro de erosión.
- c) **Costales o yute**, cualquier material absorbente es apropiado para este tipo de curado, deben estar limpio de residuos, para lo cual se deben lavar con anticipación y después de cada uso, exigiendo el control de la desecación para su riego oportuno.

- d) **Con tierra**, esto es usado en losas y pisos pequeños, igualmente se debe tener en cuenta el tiempo de la desecación para su riego oportuno.

2.8.5.2 Curado con materiales selladores.-

Este sistema consiste en aplicar materiales sellantes sobre el concreto, creando un ambiente húmedo y temperado por condensación del agua entre la superficie y la cubierta, y tiene la ventaja de poder ser empleados tanto en áreas horizontales como en superficies verticales. Este procedimiento tiene la limitación de no ser aportador de agua, como ocurre con el método del curado húmedo pero, en contrario, no requiere de una atención permanente. La norma ASTM C 171-80 prescribe las especificaciones técnicas para el curado con estos materiales.

Los procedimientos más conocidos son:

- a) **Películas plásticas**, la norma especifica un espesor mínimo de 0.10 mm. Las de color blanco para climas cálidos y las de color negro para climas fríos.

Esta película plástica debe colocarse casi inmediatamente sobre la superficie húmeda, en las losas debe tener un sobrecancho en los bordes y los traslapes deben estar sellados.

- b) **Papel impermeable**, compuesta por láminas de papel kraft unidas por una película de material bituminoso, debidamente tratados para evitar su expansión y contracción al mojarse y secarse. El traslape será sellado con material bituminoso, así como las rasgaduras y parches.

2.8.5.3 Curado químico.-

Son compuestos químicos, del tipo cera o resinas que se aplican con disolventes de alta volatilidad, convirtiéndose así, rápidamente, en membrana protectora (Ver 2.4.4.1), e igualmente, tienen la ventaja de poder ser empleados tanto en áreas horizontales como en superficies verticales.

Las especificaciones para estos compuestos químicos líquidos, están en la norma ASTM C309-81. La forma de aplicación de estos productos es con pulverizador, brocha o rodillo de acuerdo al caso particular y debe realizarse lo antes posible luego del desencofrado. Se recomienda la aplicación en dos capas, la segunda de las cuales debe aplicarse en dirección perpendicular a la primera para garantizar la uniformidad del sello.

Normalmente se le adiciona un pigmento (blanco, gris, rojo, etc.) a dichos compuestos de curado, con el fin de provocar la reflexión de los rayos solares y además este pigmento hace visible el compuesto al aplicador, facilitándose el control de cubrimiento.

CAPITULO III

EVALUACION DE LAS VISITAS A LAS OBRAS EDIFICADAS CON CONCRETO EXPUESTO

Con la finalidad de hacer un análisis y estudio de la influencia de los diferentes parámetros que intervienen en la obtención de superficie convenientes de concreto expuesto del tipo liso y para tipificar los procedimientos constructivos a utilizar y defectos a encontrar, se ha realizado una campaña de visitas a diferentes obras seleccionadas, para que con el resultado de estas visitas, se tendrá la identificación de las principales variables a considerar en el programa experimental para el estudio del concreto expuesto.

Estos Centros Educativos han sido ejecutados con la participación del Instituto Nacional de Infraestructura Educativa y de Salud (INFES). Organismo Descentralizado del Ministerio de la Presidencia dentro del marco del Convenio suscrito entre el Gobierno Peruano y el Banco Mundial y que tiene como finalidad el Mejoramiento de la Calidad en la Educación Primaria (MECEP) en el territorio de la República.

A continuación, se indican la relación de las obras visitadas para tal finalidad.

3.1 RELACION DE LAS OBRAS VISITADAS.-

En las tres páginas siguientes se detalla la relación de las obras visitadas y su ubicación. (Tabla 3.1)

**RELACION DE LAS OBRAS VISITADAS PARA EL ESTUDIO DEL
CONCRETO EXPUESTO**

1)	Obra:	C.E. 2002 "Virgen del Rosario"
	Ubicación:	Av. Tantamayo con Calle 2, Urb. El Sol de Naranjal, San Martín de Porres
	Capacidad:	561 alumnos
	Plazo de Ejecución:	150 días calendario
2)	Obra:	C.E. 3095 "Perú Kawasi"
	Ubicación:	AAHH Municipal Chillón, Panamericana Norte antes del Puente Chillón, Los Olivos
	Capacidad:	550 alumnos
	Plazo de Ejecución:	150 días calendario
3)	Obra:	C.E. "Casa Blanca de Jesús"
	Ubicación:	AAHH Casa Blanca, Cantogrande, San Juan de Lurigancho
	Capacidad:	591 alumnos
	Plazo de Ejecución:	150 días calendario
4)	Obra:	Centro Piloto Ocupacional Femenino de Lima
	Ubicación:	Jr. Manuel del Pino, cuadra 1 Av. Arenales cuadra 13, Lince
	Capacidad:	165 alumnas
	Plazo de Ejecución:	135 días calendario
5)	Obra:	C.E. 3036 "José Antonio Rázuri"
	Ubicación:	Av. 12 de Octubre, cuadra 9 de Av. Perú cuadra 36, San Martín de Porres
	Capacidad:	639 alumnos
	Plazo de Ejecución:	150 días calendario

Tabla 3.1a

6)	Obra:	C.E. 3060 "Alfonso Ugarte"
	Ubicación:	Jr. León Pinelo cuadra 1, Av. Víctor Andrés Belaúnde Oeste cuadra 3, Comas
	Capacidad:	1,381 alumnos
	Plazo de Ejecución:	150 días calendario
7)	Obra:	C.E. 52
	Ubicación:	Jr. Colombia cuadra 2, San Fernando Bajo, Chosica
	Capacidad:	416 alumnos
	Plazo de Ejecución:	150 días calendario
8)	Obra:	C.E. 2255 "1ro. De Abril"
	Ubicación:	Av. San Juan Bautista cuadra 4, Alt. Hospital Collique, Comas
	Capacidad:	650 alumnos
	Plazo de Ejecución:	150 días calendario
9)	Obra:	C.E. 1189 "Alberto Rivera y Piérola"
	Ubicación:	Carretera Central, a 2 cuadras del C. V. Huampaní, Urb. San Bartolomé, Chaclacayo
	Capacidad:	974 alumnas
	Plazo de Ejecución:	160 días calendario
10)	Obra:	C.E. 2035
	Ubicación:	Calle Galena c/calle Agatha, Av. Universitaria c/Av. Eyzaguirre, Urb. Angélica Gamarra, Los Olivos
	Capacidad:	196 alumnos
	Plazo de Ejecución:	150 días calendario

Tabla 3.1b

11)	Obra:	C.E. 1190 "Felipe Huamán Poma de Ayala"
	Ubicación:	Carretera Central Km. 36, Urb. Moyopampa, Lurigancho, Chosica
	Capacidad:	1,160 alumnos
	Plazo de Ejecución:	150 días calendario
12)	Obra:	C.E. 5184
	Ubicación:	AAHH Las Laderas de Chillón, Puente Piedra
	Capacidad:	210 alumnos
	Plazo de Ejecución:	150 días calendario
10)	Obra:	SENCICO (Sede del Cono Norte)
	Ubicación:	Panamericana Norte con Av. Los Alisos Los Olivos
	Plazo de Ejecución:	255 días calendario

Tabla 3.1 Relación de las obras visitadas para el estudio del concreto expuesto.

3.2 ESTUDIO DEL CONCRETO EXPUESTO DE LAS OBRAS VISITADAS.-

Luego de la evaluación de las edificaciones que estaban en proceso de ejecución descritas en la Tabla 3.1, se presenta a continuación el resultado de dicha evaluación de cada uno de ellos. Esto consiste en lo siguiente:

- 1.- **Encofrado y desencofrado:** Los materiales utilizados para el encofrado y su tratamiento previo antes del vaciado de concreto.
- 2.- **Concreto:** Características del cemento, de los agregados, y de los aditivos utilizados, y el diseño de mezclas.
- 3.- **Procedimientos constructivos:** De los diversos aspectos constructivos tomados de obra y de las apreciaciones tanto del Ingeniero Residente como del Ingeniero Supervisor de obra de cada una de las obras visitadas.

A continuación se detallan estos aspectos recogidos en cada una de las obras visitadas y analizadas.

3.2.1 C.E. 2002 “VIRGEN DEL ROSARIO”.-

Ubicado en la Urb. El Sol de Naranjal, San Martín de Porres; esta obra ha sido ejecutado por un equipo medianamente organizado, con la presencia permanente del Ing. Residente, pero sin una logística oportuna en el suministro de recursos, observándose retrasos en la programación de las obras. La información obtenida ha sido recabada por observación directa de los trabajos, revisión de planos y del Cuaderno de Obra. También se entrevistó con los ingenieros residente y supervisor de la obra quienes detallaron los procedimientos constructivos que se han seguido.

1. Encofrados:

Los materiales utilizados y el tratamiento a estas fueron de la siguiente manera:

Madera utilizada	: Triplay “Lupuna” de 19 mm.
N° de usos	: 4 – 6 usos
Desmoldante	: “Zeta Lac”
Desencofrado	: A los 48 horas en elementos verticales

Forma de Aplicación :

- En la madera nueva, primeramente se realiza un lijado de esta.
- Luego se aplica 6 veces el desmoldante diluido con su disolvente en la proporción de 1:1.
- Luego del primer uso, y desencofrado se procede a lijar el panel.
- Luego se masilla las irregularidades.
- Se vuelve a lijar el panel.
- Se procede a la aplicación de 3 veces más el desmoldante siempre con su disolvente en la proporción de 1:1.
- La película de laca debe estar bien seca antes de proceder a la aplicación de la siguiente mano. Este proceso se hará a los encofrados en los usos subsiguientes mientras estén aptos para ser usados como encofrado del concreto “caravista”.

2. Concreto:

Los materiales utilizados para su elaboración fueron los siguientes:

Cemento utilizado	:	SOL Tipo I
Aditivo plastificante utilizado	:	"ZETA R.E." en la siguiente proporción: 3 onzas por bolsa de cemento
Agregados	:	Ver Tabla 3.2
Curado	:	Por inundación, por 7 días cada 2 horas

3. Características de los agregados:

Los agregados utilizados tienen la siguiente granulometría y características físicas:

Arena Gruesa (La Gloria)		Piedra (La Gloria)	
Malla	% Ret.	Malla	% Ret.
3/8"	0.60	1"	14.53
1/4"	3.20	3/4"	48.61
N° 4	3.00	1/2"	28.48
N° 8	12.70	3/8"	6.57
N° 16	19.80	1/4"	1.50
N° 30	19.30	Fondo	0.33
N° 50	16.90		
N° 100	10.80		
N° 200	7.60		
Fondo	6.10		
M.F.	2.87		6.61
P.e.	2.7		2.85
P.s.s.s.	2.72		2.86
P.e.a.	2.75		2.89
P.U.S. Seco	1,709 Kg/m ³		1,385 Kg/m ³
P.U.C. Seco	1,971 Kg/m ³		1,612 Kg/m ³
CH.	0.91 %		0.34%
ABS.	0.71%		0.54%

Tabla 3.2 Granulometría y características físicas de los agregados utilizados para el concreto en el C.E. 2002 "Virgen del Rosario".

4. Diseño de mezclas:

El diseño de mezclas para las diferentes calidades de concreto con las características de los agregados y con los valores obtenidos de la Tabla 3.2, fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la U.N.I., y asimismo las proporciones utilizadas en obra, las que se presenta a continuación:

Para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Relación a/c = 0.6

Proporción en volumen = 1 1.98 2.78

Agua = 25.5 Lt./ B. Cemento

Para $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Relación a/c = 0.65

Proporción en volumen = 1 2.22 3.11

Agua = 27.7 Lt./ B. Cemento

Dosificación en obra para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2 2.8

Agua = 1 ½ latas (de 18 Lt.)

Slump = 3 ½"

Dosificación en obra para $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.2 3

Agua = 1 ½ latas (de 18 Lt.)

Slump = 3 ½"

5. Aspectos constructivos tomados de obra:

La siguiente es la relación de los diversos aspectos tomados de obra y apreciaciones de los ingenieros a cargo de la obra:

- Algunas manchas veteadas observadas en varias columnas, es debido a que se ha usado el aditivo plastificante posterior a la fecha de vencimiento indicada en el recipiente de este producto.
- Con respecto a los resanes, se recomienda su tratamiento casi al final de la obra. El aditivo a ser usado será "Z pox" o "Universal B.V." que se combinará con un amasado de (cal - cemento).

Este amasado, la que se buscará el tono adecuado, se utilizará en las "cangrejeras" para que se adhiera al concreto y en el "emporrado" la que se usará el mismo amasado anterior, para finalmente ser lijado.

En caso de usar la mezcla (cal -cemento) sin el aditivo epóxico adherente, en temporada de lluvias existe la posibilidad de desprendimientos de la misma.

- Durante la etapa del vaciado de concreto del techo aligerado, y manteniendo la misma dosificación de la mezcla, sólo se adicionará el aditivo plastificante al concreto destinado a las vigas "caravistas" peraltadas, ya sea vigas principales o de amarre; mas no así en las viguetas ni en la losa de 5 cm. de espesor.

Sin embargo, en este último caso, no se descarta el uso del plastificante, la cual está en función de la trabajabilidad del concreto hecho en obra.

- Las impurezas orgánicas presentes en el agua de la mezcla, originan diferentes tonalidades en el concreto "caravista", estas impurezas pueden afectar la calidad del concreto.

- Se ha observado que en una de las columnas de concreto expuesto de 30 x 25 cm. una buena uniformidad en la tonalidad del color y acabado final. En este elemento se ha utilizado petróleo para la aplicación de la última capa del desmoldante en el panel, debido a la falta de stock del "ZETA Lac". En tal sentido, el Ing. Residente sugiere como un posible punto de investigación esta variante en la aplicación del desmoldante.
- En el tercer nivel de la edificación, se ha utilizado madera nueva para el encofrado de las columnas, tomándose la decisión de variar el sistema de aplicación del desmoldante: a los "triplays" sin uso se masilló totalmente para luego uniformizarlo con papel lija; seguidamente se procedió a la aplicación del desmoldante de la manera expuesta en el punto 1.

También se tomó la decisión de variar la dosificación de los agregados a la proporción en volumen de (1 - 2.5 - 2.5). Con estas variantes introducidas se ha observado una mejoría considerable en la apariencia final del concreto "caravista" tanto en la textura como en la uniformidad de color.

3.2.2 C.E. 3095 “PERU KAWASI”.-

Ubicado en el AAHH Municipal Chillón, Panamericana Norte, antes del puente Chillón, Los Olivos; esta obra ha sido ejecutado por un equipo igualmente medianamente organizado, sin una presencia permanente del Ing. Residente, pero sí con la presencia constante de la Supervisión. La información obtenida ha sido recabada por observación directa de los trabajos, revisión del expediente técnico y un contacto permanente con el supervisor de la obra quien detalló los procedimientos constructivos seguidos.

1. Encofrados:

Los materiales utilizados y el tratamiento a estas fueron de la siguiente manera:

Madera utilizada	:	Triplay “Copaiba” de 19 mm.
N° de usos	:	Hasta 4 usos
Desmoldante	:	“Chema Lac”
Desencofrado	:	A las 24 horas en elementos verticales y 2 semanas en fondo de vigas.

Forma de Aplicación :

- En la madera nueva, primeramente se realiza un lijado de esta.
- En la madera nueva, se procede al lijado para corregir las rugosidades y las imperfecciones presentes en ella.
- Luego se aplica 2 capas de la laca desmoldante con su disolvente en la proporción de 1:1 en un lapso de 2 a 3 horas y se les deja secar por 24 horas.
- En las maderas ya utilizadas, antes de la aplicación del desmoldante, estas tienen que estar completamente lijadas y pulidas.
- Luego se procede a la aplicación de 2 manos de laca desmoldante siempre con su disolvente en la proporción de 1:1.
- En caso de presencia de orificios en los encofrados con uso, estas se tapan previamente con tarugos de madera y se masilla y se pulen para darle el acabado final, finalmente se procede al laqueado.

2. Concreto:

Los materiales utilizados para su elaboración fueron los siguientes:

- Cemento utilizado** : SOL Tipo I
- Aditivo plastificante utilizado** : "CHEMA Plast", en la siguiente proporción:
: 250 cc. por bolsa de cemento
- Agregados** : Ver Tabla 3.3
- Curado** : Con yute manteniéndolo húmedo, por 10 días.

3. Características de los agregados:

Los agregados utilizados tienen la siguiente granulometría y características físicas:

Arena Gruesa (La Gloria)		Piedra (La Gloria)	
Malla	% Ret.	Malla	% Ret.
N° 4	2.60	1"	12.21
N° 8	28.00	¾"	44.13
N° 16	31.00	½"	28.68
N° 30	17.10	⅜"	7.90
N° 50	9.90	¼"	5.17
N° 100	4.70	Fondo	1.91
N° 200	3.10		
Fondo	3.60		
M.F.	3.55		7.49
P.e.	2.63		2.81
P.s.s.s.	2.64		2.83
P.e.a.	2.66		2.86
P.U.S. Seco	1,694 Kg/m ³		1,441 Kg/m ³
P.U.C. Seco	1,905 Kg/m ³		1,640 Kg/m ³
CH.	0.26 %		0.26%
ABS.	0.42%		0.60%

Tabla 3.3 Granulometría y características físicas de los agregados utilizados para el concreto en el C.E. 3095 "Perú Kawasi".

4. Diseño de mezclas:

El diseño de mezclas para las diferentes calidades de concreto con las características de los agregados y con los valores obtenidos de la Tabla 3.3, fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la U.N.I., y asimismo las proporciones utilizadas en obra, las que se presenta a continuación:

Para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Relación a/c = 0.62

Proporción en volumen = 1 2.35 3.10

Agua = 27 Lt./ B. Cemento

Para $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Relación a/c = 0.68

Proporción en volumen = 1 2.59 3.25

Agua = 29.6 Lt./ B. Cemento

Dosificación en obra para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.35 3.1

Agua = 1 ½ latas (de 18 Lt.)

Slump = 3 ½"

Dosificación en obra para $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.60 3.30

Agua = 1¾ latas (de 18 Lt.)

Slump = 3 ½"

5. Aspectos constructivos tomados de obra:

La siguiente es la relación de los diversos aspectos tomados de obra y apreciaciones de los ingenieros a cargo de la obra:

- El laqueado con el desmoldante "CHEMA Lac" debe ser muy cuidadoso a fin de evitar la presencia de las huellas de las hebras de la brocha utilizada, debido a la viscosidad de este producto. En tal sentido, es importante respetar las indicaciones para su uso y la proporción con su disolvente contenido en la hoja técnica de este producto.

Dichas huellas, si los hubiera, se apreciarán claramente en la apariencia final del concreto 'caravista' y que originará un resane con el consiguiente costo adicional.

- Durante la aplicación del desmoldante sobre la madera es muy importante el cuidado que se tenga para evitar que el polvo producto del trabajo en obra no se adhiera al tablero húmedo.
- Las manchas oscuras con cierta extensión, observadas en algunos elementos verticales, es debido a que se ha realizado el vaciado del concreto, estando aún los encofrados con cierta humedad del desmoldante aplicado.
- Es importante evitar la fuga de la lechada, cuyo efecto final son las "cangrejas" y superficies ásperas. En tal sentido, se sugiere la fabricación de junquillos especiales (que sirven para dar forma a los ochavos en las aristas) mordiendo los tableros laterales. Esta tecnología es algo complicada, cuya práctica en obra es casi nula.

- Cuando una columna “caravista” está entre muros portantes no “caravista”, es de preferencia construirlo endentado, debido a que tiene un mejor comportamiento estructural; siempre que tenga el mismo ancho que el muro de ladrillo (amarre de cabeza) mas el espesor adicional del recubrimiento del muro con mortero.

- La consolidación del concreto también cumple una función muy importante; depende mucho de la experiencia del operario capacitado previamente para este fin, siendo recomendable que sea la misma persona para toda la obra.

Por lo general, el vibrado no debe producir burbujas en exceso y se debe evitar que el cabezal del vibrador haga contacto con el encofrado porque puede provocar daños en esta y producir huellas en el acabado final.

- Es recomendable utilizar el mismo tipo de cemento y de la misma tanda de compra para el concreto para un conjunto de elementos cercanos, por ejemplo, para columnas de un mismo eje. Esto con la finalidad de evitar distintas tonalidades de colores no uniforme en el concreto expuesto.

- Respecto al uso de tableros “fenólicos”, (está formada por un conjunto de láminas tratadas con adhesivos especialmente bajo prensa para ser resistentes a la humedad y su acabado es liso, con un costo 30% mayor que los “triplays” convencionales de 19 mm.), su uso es recomendable para obras de cierta envergadura donde hay un uso repetitivo y continuo de las formas. En obras pequeñas, como es el caso de los colegios, no se justifica la utilización de ésta, principalmente por el tema de costos.

- Se recomienda realizar el diseño de mezclas considerando una proporción similar en volumen entre piedra y arena; y de preferencia utilizando el agregado grueso de $D_n \text{ máx.} = \frac{1}{4}$ en lugar del $D_n \text{ máx.} = \frac{1}{2}$, ya que aparentemente da un mejor acabado superficial.

- Respecto al procedimiento de aplicación del desmoldante en los paneles de los encofrados, se ha estado siguiendo lo indicado en el punto 1. Pero, durante el transcurso de los trabajos, se ha visto conveniente que en la madera nueva, luego del lijado para corregir las rugosidades y las imperfecciones presentes en ella, se aplique una primera lámina del desmoldante pero muy fluida para que ésta penetre en los poros para formar una capa superficial sin orificios; luego de la cual se continúa con la secuencia descrita.

3.2.3 C.E. “CASA BLANCA DE JESÚS”.-

Ubicado en el AAHH Casa Blanca, Cantogrande, San Juan de Lurigancho; la evaluación de esta obra ha sido casi en las últimas etapas de su ejecución. La información obtenida ha sido recabada por observación directa de los trabajos, revisión del expediente técnico y un contacto permanente con el supervisor de la obra quien detalló los procedimientos constructivos seguidos.

1. Encofrados:

Los materiales utilizados y el tratamiento a estas fueron de la siguiente manera:

Madera utilizada	:	Triplay “Copaiba” de 19 mm.
N° de usos	:	5 – 6 usos
Desmoldante	:	“Chema Lac”
Desencofrado	:	A las 24 horas en elementos verticales

Forma de Aplicación :

- En la madera nueva, primeramente se realiza un lijado de esta.
- Luego se aplica 6 veces el desmoldante diluido con su disolvente en la proporción de 1:1.
- Luego del primer uso, y desencofrado se procede a lijar el panel.
- Luego se masilla las irregularidades y se lija el panel.
- Se procede a la aplicación de 3 veces más el desmoldante siempre con su disolvente en la proporción de 1:1.
- Se debe dejar secar los paneles por 24 horas antes de proceder al encofrado.

2. Concreto:

Los materiales utilizados para su elaboración fueron los siguientes:

Cemento utilizado	:	SOL Tipo I
Aditivo plastificante utilizado	:	"CHEMA Plast", en la siguiente proporción: : 250 cc. por bolsa de cemento
Agregados	:	Ver Tabla 3.4
Curado	:	Con yute manteniéndolo húmedo, por 10 días.

3. Características de los agregados:

Los agregados utilizados tienen la siguiente granulometría y características físicas:

Arena Gruesa (La Gloria)		Piedra (La Gloria)	
Malla	% Ret.	Malla	% Ret.
N° 4	1.74	1"	-
N° 8	21.02	¾"	24.43
N° 16	32.02	½"	49.51
N° 30	22.00	⅜"	15.63
N° 50	12.92	¼"	9.16
N° 100	5.50	Fondo	1.27
N° 200	2.84		
Fondo	1.96		
M.F.	3.41		7.14
P.e.	2.63		2.75
P.s.s.s.	2.66		2.78
P.e.a.	2.63		2.84
P.U.S. Seco	1,639 Kg/m ³		1,470 Kg/m ³
P.U.C. Seco	1,885 Kg/m ³		1,654 Kg/m ³
CH.	0.66 %		0.37%
ABS.	0.87%		1.19%

Tabla 3.4 Granulometría y características físicas de los agregados utilizados para el concreto en el C.E. "Casa Blanca de Jesús".

4. Diseño de mezclas:

El diseño de mezclas para las diferentes calidades de concreto con las características de los agregados y con los valores obtenidos de la Tabla 3.4, fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la U.N.I., y asimismo las proporciones utilizadas en obra, las que se presenta a continuación:

Para $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Relación a/c = 0.6

Proporción en volumen = 1 2 2.6

Agua = 25 Lt./ B. Cemento

Para $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Relación a/c = 0.64

Proporción en volumen = 1 2.3 2.9

Agua = 26.5 Lt./ B. Cemento

Dosificación en obra para $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2 2.6

Agua = 1 ½ latas (de 18 Lt.)

Slump = 3 ½"

Dosificación en obra para $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.3 2.9

Agua = 1 ¾ latas (de 18 Lt.)

Slump = 3 ½"

5. Aspectos constructivos tomados de obra:

La siguiente es la relación de los diversos aspectos tomados de obra y apreciaciones de los ingenieros a cargo de la obra:

- No se recomienda el uso de "triplay" de 12 mm. de espesor, a pesar de su menor costo, dada la tendencia a la deformación de estos por efecto de la presión de concreto y del vibrado.
- Los rodones que sirven para moldear las bruñas y los ochavos de las esquinas de columnas y/o vigas, son de cedro y de un sólo uso.
- Estando esta obra ubicada en las alturas de San Juan de Lurigancho, el clima de la zona es muy húmedo y con neblina los días de invierno; en tal sentido, el cemento debe ser lo más fresco posible y almacenado con cuidados especiales.
- Los agregados deben ser de una misma cantera y mantener en lo posible la misma granulometría, de preferencia el diámetro nominal máximo del agregado grueso debe ser de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{1}{4}$ ".
- El sellado de los encuentros de los encofrados debe ser hermético para evitar el escape de la lechada con la consiguiente rugosidad en la zona de los ochavos.
- Respecto a la vibración, esta debe ser por etapas, por un lapso de 15 a 20 segundos aproximadamente cada inmersión. Si hay un exceso de vibrado, produce segregación en el concreto fresco y también empuja las piedras hacia los bordes. Se debe mantener el vibrador a 2" o 3" de la cara del panel para que los finos se adhiera a la superficie de ésta.

- El ancho de las columnas de concreto expuesto entre muros portantes no “caravista” debe tener como mínimo 27 cm., esto es considerando los 24 cm. del ladrillo mas 1.50 cm. en ambas caras de recubrimiento.
- En columnas de cercos perimétricos es algo dificultoso el uso de la vibradora por lo angosto de sus dimensiones (15 cm. de ancho) y los ganchos de los estribos intercaladas (los ganchos del estribo superior situado en el extremo opuesto de las del estribo inferior). En este caso se debe usar un concreto fluido y la consolidación es el “chuceo” con una varilla de fierro y apoyado con el golpeo externo del encofrado.

3.2.4 “CENTRO PILOTO OCUPACIONAL FEMENINO DE LIMA”.-

Ubicado en el Jr. Manuel del Pino cuadra 1, altura de la Av. Arenales cuadra 13, Lince; esta obra ha sido ejecutado en forma aceptablemente organizado, con una presencia permanente tanto del Ing Residente, como de la Supervisión. La información obtenida ha sido recabada por observación directa de los trabajos, revisión del expediente técnico y un contacto permanente con el Supervisor de la obra quien detalló los procedimientos constructivos seguidos.

1. Encofrados:

Los materiales utilizados y el tratamiento a estas fueron de la siguiente manera:

- Madera utilizada** : Triplay “Copaiba” de 19 mm.
Nº de usos : Hasta 5 usos
Desmoldante : “Chema Lac”
Desencofrado : A los 48 horas en elementos verticales

Forma de Aplicación :

- En la madera nueva, se aplica 4 veces el desmoldante diluido con su disolvente en la proporción de 1:1, dejándose aerear unas horas entre aplicaciones.
- Luego del primer uso, y desencofrado se procede a lijar el panel, se masilla las irregularidades y se vuelve a lijar el panel.
- Se procede a la aplicación de 3 veces más el desmoldante siempre con su disolvente en la proporción de 1:1.
- Se debe dejar secar los paneles por 24 horas antes de proceder al encofrado.

2. Concreto:

Los materiales utilizados para su elaboración fueron los siguientes:

- Cemento utilizado** : SOL Tipo I
Aditivo plastificante utilizado : "CHEMA Plast", en la siguiente proporción: 220 cc. por bolsa de cemento
Agregados : Ver Tabla 3.5
Curado : Con yute manteniéndolo húmedo, por 5 días.

3. Características de los agregados:

Los agregados utilizados tienen la siguiente granulometría y características físicas:

Arena Gruesa (La Molina)		Piedra (La Gloria)	
Malla	% Ret.	Malla	% Ret.
¼"	2.30	1"	5.06
N° 4	3.30	¾"	30.94
N° 8	15.50	½"	30.71
N° 16	24.70	⅜"	26.50
N° 30	21.00	¼"	6.30
N° 50	16.90	Fondo	0.49
N° 100	8.50		
N° 200	4.00		
Fondo	3.80		
M.F.	3.15		7.29
P.e.	2.55		2.77
P.s.s.s.	2.58		2.78
P.e.a.	2.63		2.80
P.U.S. Seco	1,516 Kg/m ³		1,377 Kg/m ³
P.U.C. Seco	1,762 Kg/m ³		1,626 Kg/m ³
CH.	0.73 %		0.24 %
ABS.	1.15 %		0.50 %

Tabla 3.5 Granulometría y características físicas de los agregados utilizados para el concreto en el "Centro Piloto Ocupacional Femenino de Lima".

4. Diseño de mezclas:

El diseño de mezclas para las diferentes calidades de concreto con las características de los agregados y con los valores obtenidos de la Tabla 3.5, fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la U.N.I., y asimismo las proporciones utilizadas en obra, las que se presenta a continuación:

Para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Relación a/c = 0.55

Proporción en volumen = 1 2.07 2.66

Agua = 24 Lt./ B. Cemento

Dosificación en obra para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 ¼ 2.1 2.7

Agua = 1 ½ latas (de 18 Lt.)

Slump = 3 ½"

5. Aspectos constructivos tomados de obra:

La siguiente es la relación de los diversos aspectos tomados de obra y apreciaciones de los ingenieros a cargo de la obra:

- Se ha utilizado el triplay "Copaiba" para los encofrados, debido a que tiene un menor efecto de hinchazón en los bordes perimetrales de los paneles. Esta hinchazón es producto de la humedad, y por esta zona (acoplamiento de los encofrados) es donde se produce el escape de la lechada.
- Las manchas veteadas oscuras presentes en ciertas columnas es debido a que se ha "quemado el concreto", término que significa que el elemento ha estado más tiempo encofrado de lo debido sin ser curado. Otra causa posible de estas manchas, es el exceso de

aditivo plastificante en el concreto, ya que este es de un color café oscuro.

- La compactación del concreto con vibrador debe ser de abajo hacia arriba; antes del vaciado se debe preparar una capa de aproximadamente 10 cm. o 20 cm. de espesor de mezcla compuesto por cemento, arena y "ripio" (agregado grueso de 3/8" o menor) para recibir las primeras latas del concreto si es vaciado manualmente, esta mezcla debe mantener la misma relación a/c que la del concreto a usar.
- El revibrado del concreto es recomendable, siempre que sea antes del inicio de la fragua inicial del concreto, la inmersión del cabezal debe ser por un lapso mucho más corto de tiempo.
- Concretos expuestos tienen un mejor acabado al usarse "confitillo" como agregado grueso, obteniéndose tonalidades más uniformes en su superficie. Sin embargo, esto genera costos adicionales debido a la mayor cantidad de cemento en la mezcla.
Se sugiere ensayos de laboratorio con el "confitillo" buscando la dosificación óptima de las proporciones, con la adición del plastificante "CHEMA Plast" y en función del "slump", de la relación a/c y de su resistencia a la compresión.
- Respecto a los agregados, éstos deben ser de una misma cantera para toda la obra y en lo posible mantener la misma granulometría.
- El uso de concreto pre-mezclado para concretos expuestos da como resultado tonalidades más oscura, probablemente la causa es que el cemento a granel es más fresco que el cemento emboisado.

- Las bruñas ayudan a disimular las juntas de construcción entre vigas y columnas. Estas bruñas también cumplen una función arquitectónica.

- Con respecto a los resanes, se recomienda que debe ser inmediatamente después del desencofrado para que el calor de hidratación del cemento sea transmitida a la masa o capa de resane. Esta masa es una combinación de cal-cemento generalmente en la proporción de 1:1, y la cal debe ser cal hidratada, previamente debe ser cernida. Una vez realizado los resanes se procede al lijado y luego al curado respectivo.

- Los encofrados de vigas, generalmente están expuestos por 4 o 5 días, y es en los fondos de viga, donde se acumulan la suciedad, tierra y elementos indeseables. En tal sentido, es importante la limpieza antes del vaciado de concreto, y se recomienda el uso de compresora de aire antes que la limpieza con agua.

- Luego de finalizada la obra, se procede a la limpieza de todos los elementos de concreto expuesto, para luego aplicar el aditivo "CHEMA Vista" para uniformizar el color, este efecto puede perderse a los 2 años.

3.2.5 C.E. 3036 “JOSÉ ANTONIO RÁZURI”.-

Ubicado en la Av. 12 de Octubre cuadra 9, altura de la Av. Perú cuadra 36, San Martín de Porres; esta obra ha sido ejecutada en forma aceptablemente organizado, con una presencia permanente tanto del Ing. Residente, como de la Supervisión. La información obtenida ha sido recabada por observación directa de los trabajos, revisión del expediente técnico, información proporcionada por el capataz general y un contacto permanente con el Supervisor de la obra quien detalló los procedimientos constructivos seguidos.

1. Encofrados:

Los materiales utilizados y el tratamiento a estas fueron de la siguiente manera:

Madera utilizada	: Triplay “Lupuna” de ¾”
N° de usos	: Hasta 5 usos
Desmoldante	: “Chema Lac”
Desencofrado	: A las 24 horas en elementos verticales

Forma de Aplicación :

- En la madera nueva, se aplica 5 veces el desmoldante diluido con su disolvente en la proporción de 1:1.
- Luego del primer uso, y desencofrado se procede a lijar el panel, se masilla las irregularidades y se vuelve a lijar el panel.
- Se procede a la aplicación de 2 veces más el desmoldante siempre con su disolvente pero en la proporción de Laca:Disolvente de 1:2.
- Se debe dejar secar los paneles por 24 horas antes de proceder al encofrado.

2. Concreto:

Los materiales utilizados para su elaboración fueron los siguientes:

Cemento utilizado	:	SOL Tipo I
Aditivo plastificante utilizado	:	"CHEMA Plast", en la siguiente proporción: 4 ¼ onzas por bolsa de cemento
Agregados	:	Ver Tabla 3.6
Curado	:	Riego constante por 1 día, luego curado químico con Z-expuesto.

3. Características de los agregados:

Los agregados utilizados tienen la siguiente granulometría y características físicas:

Arena Gruesa (La Molina)		Piedra (La Gloria)	
Malla	% Ret.	Malla	% Ret.
¾"	1.80	1"	-
N° 4	3.20	¾"	45.72
N° 8	18.20	½"	53.34
N° 16	26.70	¾"	0.84
N° 30	22.00	¼"	0.06
N° 50	14.90	Fondo	0.05
N° 100	7.50		
N° 200	4.20		
Fondo	1.40		
M.F.	3.31		7.46
P.e.	2.65		2.89
P.s.s.s.	2.68		2.91
P.e.a.	2.72		2.93
P.U.S. Seco	1,629 Kg/m ³		1,370 Kg/m ³
P.U.C. Seco	1,902 Kg/m ³		1,590 Kg/m ³
CH.	0.85 %		0.23 %
ABS.	0.63 %		0.48 %

Tabla 3.6 Granulometría y características físicas de los agregados utilizados para el concreto en el C.E. 3036 "José Antonio Rázuri".

4. Diseño de mezclas:

El diseño de mezclas para las diferentes calidades de concreto con las características de los agregados y con los valores obtenidos de la Tabla 3.6, fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la U.N.I., y asimismo las proporciones utilizadas en obra, las que se presenta a continuación:

Para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Relación a/c = 0.6

Proporción en volumen = 1 2.25 2.9

Agua = 26.1 Lt./ B. Cemento

Dosificación en obra para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.3 3

Agua = 1 ½ latas (de 18 Lt.)

Slump = 3 ½"

5. Aspectos constructivos tomados de obra:

La siguiente es la relación de los diversos aspectos tomados de obra y apreciaciones de los ingenieros a cargo de la obra:

- Los elementos estructurales hechos con concreto expuesto; en general se aprovecha mejor la geometría de su sección transversal, ya que al no existir la capa de mortero del tarrajeo, se amplía la sección transversal de estos elementos estructurales mejorando su comportamiento sísmico. Por otra parte, exige una mejor calidad en la ejecución de los procesos, ya sea de carpintería, encofrados, calidad de los materiales. etc.
- En las uniones o empalmes de las planchas en los encofrados, siempre dejan huella en el acabado final. En esta zona debe haber

continuidad en los barrotes que otorga la rigidez a los paneles, caso contrario también se apreciará desalineamientos en la apariencia final. Se recomienda investigar la forma de eliminar o reducir la huella que deja los empalmes de las planchas en los encofrados.

- Las porosidades observadas en algunos elementos verticales se debe a la dificultad de introducir la vibradora en la sección central de las columnas, ya que dada la configuración de sus estribos (estribos múltiples), hay concentración de ganchos.

Y es en las columnas tipo T (de muy buen comportamiento sísmico, pues permite una mayor rigidez lateral a los pórticos en ambos sentidos), donde se ha observado una mayor cantidad de estas porosidades y están generalmente en la parte media superior de las columnas, al parecer es debido a la menor presión del concreto fresco; un método conveniente para corregir esto es el golpeo externo con comba o con martillo de caucho a los encofrados paralelamente a la vibración por inmersión.

- De acuerdo a lo recomendado por la proveedora de agregados, la empresa privada Firth; desde el punto de vista económico, las características granulométricas del agregado grueso de la serie ASTM N° 5 (utilizada en la presente obra) es el óptimo para lograr un buen acabado en concreto "caravista".

Pero en general, el tamaño de la piedra debe ser lo más pequeño posible de D_n máximo $\frac{1}{2}$ " o menor, para lograr una mejor apariencia final; sin embargo, esto exige mayor cantidad de cemento.

- Se recomienda que las imperfecciones en la superficie del concreto expuesto, debe resanarse inmediatamente después del desencofrado.
- Durante el vaciado de concreto de los elementos de los niveles superiores, es necesario mantener la limpieza de los elementos inferiores, porque el cemento fresco que se escapan por las juntas

de los encofrados puede ocasionar cambio de tonalidades en la superficie "caravista" resanada de los elementos inferiores. Es notorio este cambio a los 15 días.

- Tomando en consideración que el acero de refuerzo debe tener un recubrimiento mínimo; las bruñas deben tener la menor profundidad posible.
- Una vez culminado todo tipo de vaciado de concreto o cuando ya no existen trabajos que pueda ensuciar las superficies de concreto expuesto, se aplicará "CHEMA Top" y luego "CHEMA Vista". para uniformizar el color. Antes de la aplicación de este último aditivo, la superficie debe estar completamente limpio y libre de impurezas, aunque con el tiempo el "CHEMA Vista" pierde su efecto.
- Se recomienda que los concretos expuestos sean diseñados por durabilidad antes que por resistencia; en tal sentido, esta debe tener por lo menos una resistencia a la compresión a los 28 días de 280 Kg/cm².
- Se recomienda realizar el análisis del costo unitario del encofrado con aplicación del desmoldante con soplete, (número de aplicaciones, mermas, número de usos, rendimientos, etc.) para lograr una óptima apariencia final del concreto "caravista".

3.2.6 C.E. 3060 “ALFONSO UGARTE”.-

Ubicado en el Jr. León Pinedo cuadra 1, a la altura de la Av. Victor Andrés Belaúnde Oeste cuadra 3, Comas; esta obra ha sido ejecutada en forma muy organizada, con una presencia permanente tanto del Ing. Residente, como de la Supervisión. La información obtenida ha sido recabada por observación directa de los trabajos, revisión de planos y especificaciones técnicas. El Ing. Residente y el Ing. Supervisor de la obra fueron quienes detallaron los procedimientos constructivos que se han seguido.

1. Encofrados:

Los materiales utilizados y el tratamiento a estas fueron de la siguiente manera:

Madera utilizada	: Triplay “Copaiba” de 19 mm.
N° de usos	: Hasta 8 usos
Desmoldante	: “Chema Lac”
Desencofrado	: A los 48 horas en elementos verticales

Forma de Aplicación :

- En los paneles nuevos, se aplica 4 veces el desmoldante, de la siguiente manera: las dos primeras en la proporción de Laca/Disolvente 1 en 1/8, y en las 2 últimas aplicaciones en la proporción de 1:1.
- Luego del primer uso, y desencofrado se procede a lijar el panel.
- Se procede a la aplicación de 2 veces más el desmoldante con su disolvente en la proporción de Laca:Disolvente de 1:1.
- Se debe dejar secar los paneles por 24 horas antes de proceder al encofrado.

2. Concreto:

Los materiales utilizados para su elaboración fueron los siguientes:

- Cemento utilizado** : SOL Tipo I
- Aditivo plastificante utilizado** : "CHEMA Plast", en la siguiente proporción:
: 250 cc. por bolsa de cemento
- Agregados** : Ver Tabla 3.7
- Curado** : Por riego durante 7 días, se riega 8 veces al día.

3. Características de los agregados:

Los agregados utilizados tienen la siguiente granulometría y características físicas:

Arena Gruesa (La Molina)		Piedra (La Gloria)	
Malla	% Ret.	Malla	% Ret.
N° 4	5.14	1"	7.60
N° 8	25.00	¾"	43.20
N° 16	29.54	½"	45.60
N° 30	20.24	¾"	3.13
N° 50	11.22	N° 4	0.47
N° 100	5.56		
Fondo	3.30		
M.F.	3.60	Dn máx.	1"
P.e.	2.57		2.76
P.U.S. Seco	1,689 Kg/m ³		1,505 Kg/m ³
P.U.C. Seco	1,878 Kg/m ³		1,720 Kg/m ³
CH.	0.47 %		0.45 %
ABS.	1.00 %		0.12 %

Tabla 3.7 Granulometría y características físicas de los agregados utilizados para el concreto en el C.E. 3060 "Alfonso Ugarte".

4. Diseño de mezclas:

El diseño de mezclas para el concreto de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con las características de los agregados y con los valores obtenidos de la Tabla 3.7, fué realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de SENCICO, y asimismo la proporción utilizada en obra, se presentan a continuación:

Para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.1 3

Agua = 24.8 Lt./ B. Cemento

Dosificación en obra para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 Bolsa de cemento

19 lampadas de arena

22 lampadas de piedra

Agua = 1 ½ latas (de 18 Lt.)

Slump = 4"

5. Aspectos constructivos tomados de obra:

La siguiente es la relación de los diversos aspectos tomados de obra, apreciaciones e información proporcionada tanto por el Ing. Residente como por el Ing. Supervisor de la obra:

- Antes del inicio del vaciado de las columnas se prepara una primera capa de mortero fuerte con la misma relación a/c del concreto, con la finalidad de evitar la formación de cangrejeras en la parte inferior de las columnas, Conforme se va avanzando con el llenado de las columnas, simultáneamente con la vibración se va golpeando la parte externa del encofrado.

- Se debe evitar, en lo posible, la humedad en los bordes de los "triplays", ya que provoca un efecto de hinchazón en esta zona; para evitar esto es necesario la aplicación del desmoldante también en los bordes perimetrales.

- Los junquillos que dan forma a los ochavos y a las bruñas son de un solo uso y deben ser hechos con maderas de calidad, el tipo "tornillo" es recomendable, estos también son lijados. El panel donde va clavado los junquillos que dan forma a los ochavos se laquea en forma conjunta (triplay y junquillos) formando una película impermeable, con este procedimiento se obtiene mejores resultados que el uso de la cinta "Masking Tape" para el sellado. El otro lado del junquillo que se acoplará con el otro panel se pondrá 3 capas de cinta "Masking Tape", con la finalidad de reducir el escape de la lechada durante el vaciado del concreto.

- Los junquillos o rodones que dan forma a las bruñas se clavan después que los paneles estén laqueadas, y sobre estos rodones se coloca la cinta "Masking Tape" sin necesidad de aplicación de laca.

- Durante el llenado de los elementos estructurales de los niveles superiores es necesario la limpieza simultánea de los elementos "caravistas" del nivel inmediato inferior.

- Los encuentros o empalmes de los "triplays" en los encofrados se deben masillar, con la finalidad minimizar la huella que deja en la apariencia final del concreto.

- Se debe dejar contraflecha en las vigas para prevenir deflexiones futuras, estas pueden ser de 1 cm. y para luces mayores de 3 mt., una contraflecha de 1.5 cm.

- El volumen del aditivo plastificante por tanda de mezcla debe mantenerse constante durante el proceso de vaciado de concreto. El color de la apariencia final depende de la dosificación del aditivo plastificante ya que este es de un color café oscuro; una variación en el volumen trae consigo también una variación en la apariencia final.
- Se ha utilizado la proporción de 22:19 en lampadas de Piedra: Arena por cada bolsa de cemento, alterando las proporciones del diseño de mezclas de laboratorio, obteniendo en el concreto final un buen acabado superficial. Con esta dosificación se ha logrado resistencias a la compresión del concreto cercana a los 240 Kg/cm² a los 14 días.

3.2.7 C.E. 52.-

Ubicado en el Jr. Colombia cuadra 2, Urb. San Fernando Bajo, Chosica; esta obra ha sido ejecutada en forma organizada. La información obtenida ha sido recabada por observación directa de los trabajos, revisión de planos y de las especificaciones técnicas. También se entrevistó con el Ingeniero Residente y principalmente con el Supervisor de la obra quienes detallaron los procedimientos constructivos que se han seguido.

1. Encofrados:

Los materiales utilizados y el tratamiento a estas fueron de la siguiente manera:

Madera utilizada	: Triplay "Lupuna" de 19 mm.
N° de usos	: 4 – 6 usos
Desmoldante	: "CHEMA Lac"
Desencofrado	: A las 24 horas en elementos verticales
Forma de Aplicación	:

- En la madera nueva, se aplica 3 veces el desmoldante diluido con su disolvente en las siguientes proporciones de Laca/Disolvente:
1ra.: 1 : 1
2da.: 2 : 1
3ra.: 1 : 1/8
- En los usos subsiguientes, se procede a la aplicación de 2 a 3 veces más el desmoldante siempre con su disolvente en la proporción de 1:1, dependiendo del estado de los paneles.
- La película de laca debe estar bien seca antes de proceder a la aplicación de la siguiente mano, protegiéndose debidamente de la polución circundante.
- Es importante dejar secar los paneles por 24 horas antes de proceder al encofrado.

2. Concreto:

Los materiales utilizados para su elaboración fueron los siguientes:

- Cemento utilizado** : SOL Tipo I
Aditivo plastificante utilizado : "CHEMA Plast", en la siguiente proporción: 250 cc. por bolsa de cemento
Agregados : Ver Tabla 3.8
Curado : 1 día de riego, luego con "Membranil visto".

3. Características de los agregados:

Los agregados utilizados tienen la siguiente granulometría y características físicas:

Arena Gruesa (La Molina)		Piedra (La Gloria)	
Malla	% Ret.	Malla	% Ret.
½"	0.60	¾"	45.85
⅜"	0.20	½"	53.81
¼"	1.20	⅜"	0.27
Nº 4	3.70	¼"	0.05
Nº 8	15.20	Fondo	0.03
Nº 16	21.60		
Nº 30	18.50		
Nº 50	13.70		
Nº 100	12.20		
Nº 200	8.60		
Fondo	4.50		
M.F.	2.92		7.46
P.e.	2.66		2.88
P.s.s.s.	2.67		2.90
P.e.a.	2.70		2.92
P.U.S. Seco	1,693 Kg/m ³		1,399 Kg/m ³
P.U.C. Seco	1,942 Kg/m ³		1,590 Kg/m ³
CH.	0.54 %		0.27 %
ABS.	0.56 %		0.44 %

Tabla 3.8 Granulometría y características físicas de los agregados utilizados para el concreto en el C.E. 52.

4. Diseño de mezclas:

El diseño de mezclas para el concreto de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con las características de los agregados y con los valores obtenidos de la Tabla 3.7, fué realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de SENCICO, y asimismo la proporción utilizada en obra, se presentan a continuación:

Para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Relación a/c = 0.57

Proporción en volumen = 1 1.74 2.47

Agua = 23.6 Lt./ B. Cemento

Para $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Relación a/c = 0.62

Proporción en volumen = 1 1.97 2.8

Agua = 25.7 Lt./ B. Cemento

Dosificación en obra para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2 2

Agua = 1 1/4 latas (de 18 Lt.)

Slump = 3 1/2"

Dosificación en obra para $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2 3

Agua = 1 1/2 latas (de 18 Lt.)

Slump = 3 1/2"

5. Aspectos constructivos tomados de obra:

La siguiente es la relación de los diversos aspectos tomados de obra, apreciaciones e información proporcionada por el Ing. Residente y por el Ing. Supervisor de la obra:

- En la primera tanda del vaciado de una columna, se recomienda que el concreto fresco contenga algo más de pasta que el dosificado, con la finalidad de prevenir una posible segregación del concreto de las siguientes tandas.
- Con respecto a la vibración del concreto, se recomienda que sea maniobrado por un solo operario para toda la obra, con la finalidad de prevenir una no homogeneidad en la apariencia exterior del concreto "caravista".
- Durante el transcurso de ejecución de la obra, se requiere mantener la limpieza de los elementos hecho con concreto expuesto.
- Las manchas oscuras presente en las superficies del concreto expuesto, está en función del tipo de cemento utilizado, del tiempo del curado y del tiempo del desencofrado.

En tal sentido, se debe uniformizar el tratamiento para todos los elementos y utilizar el mismo tipo de cemento.

- Con la utilización de cemento "Andino" para la fabricación de concreto expuesto, se obtiene una apariencia más oscura al comienzo, pero con el transcurrir del tiempo el color de las superficies se va aclarando.

- El agregado grueso ideal recomendado para concreto “caravista” debe ser de D_n máx $\frac{1}{2}$ ” o menor, y con tamaños homogéneos; y asimismo, se obtiene una buena trabajabilidad del concreto.
- Con respecto a los desmoldantes, tanto con el uso del “ZETA Lac” como el de “CHEMA Lac”, es indistinto, con cualquiera de ellas se obtienen los mismos resultados.
- Con la adición del plastificante “CHEMA Plast”, el concreto obtenido es más oscuro que el concreto normal, pero con el transcurrir del tiempo, la superficie se va aclarando paulatinamente.
- En una prueba realizada, volúmenes similares de arena y piedra en la mezcla se obtiene apariencias muy uniformes en los concretos “caravistas”; en tal sentido, se ha utilizado la proporción de (Cemento : Arena : Piedra) de 1:2:2 en volumen, la cual tiene una relación de Agregado : Cemento de 4 a 1, relación ésta que permite obtener holgadamente la resistencia a la compresión del concreto de 210 Kg/cm^2 a los 28 días.
- Para la limpieza de fondo de vigas “caravistas” antes del vaciado de concreto, se realiza con agua a presión, pero lo recomendable es la utilización de aire comprimido para ello.

Se recomienda realizar el análisis del precio unitario de la partida de fabricación del concreto expuesto con la introducción de esta variante.

3.2.8 C.E. 2255 "1ro. DE ABRIL".-

Ubicado en la Av. San Juan Bautista cuadra 4, altura del Hospital Collique, Comas; esta obra ha sido ejecutada en forma muy organizada, con una presencia permanente del Ing. Residente, y una Supervisión al detalle, tanto en ingeniería como en los procesos. La información obtenida ha sido recabada por observación directa de los trabajos, revisión del expediente técnico y del Cuaderno de Obra. También se entrevistó con el Ingeniero Residente y el Ingeniero Supervisor de la obra quienes detallaron los procedimientos constructivos que se han seguido.

1. Encofrados:

Los materiales utilizados y el tratamiento a estas fueron de la siguiente manera:

Madera utilizada	:	Triplay "Copaiba" de 19 mm.
N° de usos	:	Hasta 4 usos
Desmoldante	:	"CHEMA Lac"
Desencofrado	:	A las 24 horas en elementos verticales y 2 semanas en fondo de vigas.

Forma de Aplicación :

- En la madera nueva, se procede al lijado para uniformizar las rugosidades presentes en ella.
- Luego se aplica 3 veces el desmoldante diluido con su disolvente en las siguientes proporciones de Laca/Disolvente:
1ra.: 70 : 30
2da.: 50 : 50
3ra.: 50 : 50
- En los usos subsiguientes, previo lijada y limpieza de los paneles, se procede a la aplicación de 2 veces más el desmoldante siempre con su disolvente en la proporción de 1:1, dependiendo del estado de los paneles.
- Los paneles deben estar totalmente secos antes de proceder al encofrado.

2. Concreto:

Los materiales utilizados para su elaboración fueron los siguientes:

- Cemento utilizado** : SOL Tipo I
Aditivo plastificante utilizado : No se utilizó
Agregados : Ver Tabla 3.9
Curado : Por riego, durante una semana.

3. Características de los agregados:

Los agregados utilizados tienen la siguiente granulometría y características físicas:

Arena Gruesa (Puente Piedra)		Piedra (La Gloria)	
Malla	% Ret.	Malla	% Ret.
¼"	1.90	¾"	61.87
N° 4	6.90	½"	37.48
N° 8	20.90	⅜"	0.38
N° 16	25.20	¼"	0.12
N° 30	17.60	Fondo	0.15
N° 50	11.00		
N° 100	6.70		
N° 200	5.80		
Fondo	4.00		
M.F.	3.4		7.62
P.e.	2.63		2.74
P.s.s.s.	2.66		2.77
P.e.a.	2.72		2.83
P.U.S. Seco	1,685 Kg/m ³		1,370 Kg/m ³
P.U.C. Seco	1,928 Kg/m ³		1,512 Kg/m ³
CH.	0.42 %		0.19 %
ABS.	1.28 %		1.24 %

Tabla 3.9 Granulometría y características físicas de los agregados utilizados para el concreto en el C.E. 2255 "1ro. de Abril".

4. Diseño de mezclas:

El diseño de mezclas para las diferentes calidades de concreto con las características de los agregados y con los valores obtenidos de la Tabla 3.9, fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la U.N.I., y asimismo las proporciones utilizadas en obra, las que se presenta a continuación:

Para $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Relación a/c = 0.59

Proporción en volumen = 1 1.96 2.51

Agua = 25.2 Lt./ B. Cemento

Para $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Relación a/c = 0.65

Proporción en volumen = 1 2.22 2.84

Agua = 27.6 Lt./ B. Cemento

Dosificación en obra para $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.5 2.5

Agua = 1 $\frac{3}{4}$ latas (de 18 Lt.)

Slump = 3 $\frac{1}{2}$ "

Dosificación en obra para $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 3 3

Agua = 1 $\frac{3}{4}$ latas (de 18 Lt.)

Slump = 3 $\frac{1}{2}$ "

5. Aspectos constructivos tomados de obra:

La siguiente es la relación de los diversos aspectos tomados de obra, apreciaciones e información proporcionada por el Ing. Residente y por el Ing. Supervisor de la obra:

- Se ha optado por no añadir el plastificante a la mezcla, debido a que se ha observado manchas veteadas oscuras en las dos primeras columnas construidas. Estas manchas son debido a la concentración del plastificante (color oscuro) tomando apariencias de “piel arrugada” o “piel quemada”. Si bien es cierto que se ha eliminado las manchas antes descritas sin el uso del plastificante, se ha tenido que aumentar en un mínimo porcentaje la relación a/c para mantener la trabajabilidad tratando de mantener el “slump” cercano a las 3” a 3 ½” y sin perder la resistencia requerida.

- Se recomienda la construcción de dados de apoyo para dar estabilidad a los paneles de los encofrados; estos dados dan el contorno firme alrededor del cual queda definida la forma de las columnas y sirven para evitar un eventual desplazamiento de los encofrados durante el apuntalamiento. La mezcla para estos dados necesariamente deben tener la misma resistencia que el concreto de la columna.

Estos elementos facilitan los trabajos para una correcta escuadría (ángulo de 90°), la verticalidad en el aplomado y el alineamiento en su eje de las columnas.

- Durante el vaciado del concreto se procura que la mezcla ingrese por el núcleo confinado (área dentro de los estribos) y que luego fluya hacia los encofrados mediante la vibración, con la finalidad de reducir las burbujas de aire que pudiera acumularse en la superficie.

- Para el vaciado de concreto en zonas de mucha concentración de acero, tales como en los nudos donde concurren columnas y vigas de ambos sentidos, el agregado grueso debe ser del menor tamaño posible, con el objeto de facilitar la colocación de la mezcla.

- Con respecto al vibrado, se tiene que realizar por etapas, en capas de aproximadamente 70 cm. el cabezal no debe penetrar más de 1" a la capa inmediata inferior, y para evitar cangrejas y fisuras en la parte inferior de las columnas, se golpea con comba la parte externa.

En columnas muy delgadas donde es dificultoso el uso de la vibradora se usará una varilla lisa de 1/2", simultáneamente con el golpeo externo, la varilla corrugada puede crear vacíos y porosidades.

- La limpieza de fondo de vigas antes del vaciado del concreto, será por medio de compresoras de aire.

- En cuanto a los resanes, se ensaya con varias proporciones de mezclas de [cemento blanco + cemento gris + arena fina] y se opta con la que más se aproxima al color final del concreto expuesto. Para su aplicación se usa esponja y manualmente y no con la plancha.

- Ciertas fisuras observadas en el concreto es debido a la pérdida del agua en el concreto, en este caso la velocidad de evaporación del agua ha sido mayor que la del riego del curado.

3.2.9 C.E. 1189 "ALBERTO RIVERA Y PIEROLA".-

Ubicado en la Carretera Central, a 2 cuadras del Centro Vacacional Huampaní, Urb. San Bartolomé; esta obra ha sido ejecutada en forma organizada, con una presencia permanente tanto del Ing. Residente como de la Supervisión. La información obtenida ha sido recabada por observación directa de los trabajos y revisión de planos. Los ingenieros encargados de la obra fueron quienes detallaron los procedimientos constructivos que se han seguido.

1. Encofrados:

Los materiales utilizados y el tratamiento a estas fueron de la siguiente manera:

- Madera utilizada** : Triplay "Lupuna" de 19 mm.
N° de usos : Hasta 6 usos
Desmoldante : "Chema Lac"
Desencofrado : De 20 a 24 horas en elementos verticales
Forma de Aplicación :
- En los paneles nuevos, se masilla y se lija para tapar los poros existentes.
 - Luego, se aplica 3 veces el desmoldante, de la siguiente manera: la primera en la proporción de Laca/Disolvente 1:1, y en las 2 últimas aplicaciones en la proporción de 1:1/8.
 - Luego del primer uso, y desencofrado se procede a lijar el panel, y en los usos subsiguientes, se procede a la aplicación de 2 veces el desmoldante con su disolvente en la proporción de Laca:Disolvente de 1:1.
 - Se debe dejar secar los paneles por 24 horas antes de proceder al encofrado.

2. Concreto:

Los materiales utilizados para su elaboración fueron los siguientes:

Cemento utilizado	:	SOL Tipo I
Aditivo plastificante utilizado	:	“CHEMA Plast”, en la siguiente proporción: 200 cc. por bolsa de cemento
Agregados	:	Ver Tabla 3.10
Curado	:	Por riego durante 7 días.

3. Características de los agregados:

Los agregados utilizados tienen la siguiente granulometría y características físicas:

Arena Gruesa (San Martín)		Piedra (La Gloria)	
Malla	% Ret.	Malla	% Ret.
N° 4	8.60	1"	10.20
N° 8	23.80	¾"	46.40
N° 16	22.90	½"	35.40
N° 30	18.00	⅜"	5.90
N° 50	10.40	N° 4	1.50
N° 100	7.50	Fondo	0.60
Fondo	8.80		
M.F.	3.4	Dn máx.	1"
P.e.	2.61		2.76
P.U.S. Seco	1,492 Kg/m ³		1,467 Kg/m ³
P.U.C. Seco	1,750 Kg/m ³		1,600 Kg/m ³
CH.	1.20 %		0.40 %
ABS.	1.10 %		0.50 %

Tabla 3.10 Granulometría y características físicas de los agregados utilizados para el concreto en el C.E. 1189 “Alberto Rivera y Piérola”.

4. Diseño de mezclas:

El diseño de mezclas para las diferentes calidades de concreto con las características de los agregados y con los valores obtenidos de la Tabla 3.10, fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de SENCICO, y asimismo las proporciones utilizadas en obra, las que se presenta a continuación:

Para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.7 3.3

Agua = 24 Lt./ B. Cemento

Para $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 3.2 3.8

Agua = 24 Lt./ B. Cemento

Dosificación en obra para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.8 3

Agua = 28 a 30 Lts.

Slump = 3 ½"

Dosificación en obra para $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 3 3.2

Agua = 28 a 30 Lts.

Slump = 3 ½"

5. Aspectos constructivos tomados de obra:

La siguiente es la relación de los diversos aspectos tomados de obra, apreciaciones e información proporcionada principalmente por el Ing. Supervisor de la obra:

- Las manchas de color oscuro presente en el acabado final de los concretos “caravista” son producto de un deficiente secado de la laca desmoldante en los paneles, es recomendable un tiempo mínimo de secado de 24 horas y al aire libre antes de dar inicio al encofrado. Muchas veces el encofrado se realiza con el desmoldante aún húmeda, esto produce una falta de circulación de aire al interior de la misma, produciendo con esto un deficiente secado y la consiguiente mala apariencia en el concreto expuesto.

- Antes de proceder al vaciado de concreto, se prepara una capa de mortero de las mismas características que la pasta del concreto a usar, esta capa es de 20 cm. aproximadamente de espesor y funciona como “colchón” para recibir a las primeras latas de mezcla.

- Con respecto a la compactación del concreto, el cabezal debe estar primero abajo y va subiendo conforme se va avanzando con el vaciado. Para evitar la aparición de burbujas de aire o poros llamadas “viruela” en la superficie del concreto final, es necesario el golpeo en las partes externas del encofrado. Otro aspecto importante es que el motor de la vibradora debe tener la potencia requerida, el operario a cargo de esta labor (quien ya tiene una metodología establecida de trabajo) no es consciente de la influencia de este factor, con lo cual puede originar también porosidad en el acabado final.

- Con respecto a la carpintería, es importante un buen operario que garantice el correcto corte de la madera: rodones perfectamente adheridas al tablero, empalmes alineados, etc. Se recomienda el uso de la sierra circular y la pulidora para cortar la madera antes que el uso de la garlopa.

- Entre las juntas de construcción (vigas-columnas) debe haber bruñas rectas con un rodón para disimular la apariencia exterior.

- Los palos de eucalipto usados como "pies derechos", si bien es cierto que tiene buena resistencia, tiene ciertos inconvenientes para el encofrado del concreto "caravista", ya que por la dureza de la misma no permite un buen clavado y puede causar desnivelación del fondo de vigas de concreto "caravista". El uso de cuñas es necesario en este caso.

En concretos "caravista" del tipo liso, un desalineamiento o desnivelación en los encofrados causa una apariencia final defectuosa, la cual es muy visible a simple vista.

- Para la mezcla se usa la dosificación 1 : 2.7 : 2.9 cuando el agregado grueso es algo mayor que el utilizado para el diseño de mezclas.

3.2.10 C.E. 2035.-

Ubicado en la calle Galena con calle Agatha, altura de la Av. Universitaria con la Av. Eyzaguirre, Urb. Angélica Gamarra, Los Olivos; esta obra ha sido ejecutada en forma organizada, contándose con la presencia de un Ing. Residente de mucha experiencia en construcción, así como de la presencia permanente de la Supervisión. La información obtenida ha sido recabada por observación directa de los trabajos y revisión del expediente técnico. Fue principalmente el Ing. Residente quien detalló los procedimientos constructivos que se han seguido.

1. Encofrados:

Los materiales utilizados y el tratamiento a estas fueron de la siguiente manera:

Madera utilizada : Triplay "Lupuna" de 19 mm.
N° de usos : Hasta 4 usos
Desmoldante : "Chema Lac"
Desencofrado : A las 48 horas en elementos verticales

Forma de Aplicación :

- En los paneles nuevos, se masilla con sellador de poros CHEMASILLA S.P. y luego se lija. Esta operación se realiza dos veces en un lapso de 6 a 10 horas.
- Luego, se aplica 3 veces el desmoldante, de la siguiente manera: la primera en la proporción de Laca/Disolvente 1:1/8, y en las 2 últimas aplicaciones en la proporción de 1:1.
- En los usos subsiguientes, luego del desencofrado se procede a retirar las impurezas presentes en el panel y se procede a la aplicación de 2 veces el desmoldante con su disolvente en la proporción de Laca:Disolvente de 1:1.
- Se debe dejar secar los paneles por 24 horas antes de proceder al encofrado.

2. Concreto:

Los materiales utilizados para su elaboración fueron los siguientes:

Cemento utilizado	:	SOL Tipo I
Aditivo plastificante utilizado	:	"CHEMA Plast", en la siguiente proporción: 250 cc. por bolsa de cemento
Agregados	:	Ver Tabla 3.11
Curado	:	Por riego durante 4 días.

3. Características de los agregados:

Los agregados utilizados tienen la siguiente granulometría y características físicas:

Arena Gruesa (La Gloria)		Piedra (La Gloria)	
Malla	% Ret.	Malla	% Ret.
N° 4	4.40	1"	4.40
N° 8	19.00	¾"	41.30
N° 16	25.10	½"	34.40
N° 30	20.30	¾"	16.20
N° 50	15.90	¼"	3.30
N° 100	8.40	Fondo	0.40
N° 200	4.50		
Fondo	2.40		
M.F.	3.23		7.42
P.U.S. Seco	1,601 Kg/m ³		1,448 Kg/m ³
P.U.C. Seco	1,902 Kg/m ³		1,626 Kg/m ³
CH.	0.34 %		0.19 %
ABS.	0.97 %		0.36 %

Tabla 3.11 Granulometría y características físicas de los agregados utilizados para el concreto en el C.E. 2035.

4. Diseño de mezclas:

El diseño de mezclas para las diferentes calidades de concreto con las características de los agregados y con los valores obtenidos de la Tabla 3.11, fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la U.N.I., y asimismo las proporciones utilizadas en obra, las que se presenta a continuación:

Para $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Relación a/c = 0.6

Proporción en volumen = 1 2.32 2.92

Agua = 26.3 Lt./ B. Cemento

Para $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Relación a/c = 0.67

Proporción en volumen = 1 2.7 3.3

Agua = 29.4 Lt./ B. Cemento

Dosificación en obra para $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.32 2.92

4 latas de arena (3/4 de volumen de 18 Lt.)

5 latas de piedra (3/4 de volumen de 18 Lt.)

Agua = 1 ½ latas (de 18 Lt.)

Slump = 3 ½"

Dosificación en obra para $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.7 3.3

Agua = 1 ½ latas (de 18 Lt.)

Slump = 3 ½"

5. Aspectos constructivos tomados de obra:

La siguiente es la relación de los diversos aspectos tomados de obra, apreciaciones e información proporcionada principalmente por el Ing. Residente de la obra:

- En la madera nueva, cuando aún hay humedad, es necesario secarlo completamente para evitar pandeos y deformaciones en el panel antes del encofrado,
- La rigidez de los paneles lo conforma el molde compuesto por los listones y barrotos de 2"x 3" y 3"x 4" respectivamente. Por tanto, este armazón debe estar cuidadosamente realizado.
- Uno de los procesos más importante en la fabricación del concreto "caravista" es en la aplicación del desmoldante; también es importante evitar el contacto con las grasas.
- Los junquillos que dan forma a las bruñas y a los ochavos de las aristas se forran con cintas "Masking Tape" y adheridas a los paneles, así como también los empalmes de los "triplays" de los encofrados. Esto con la finalidad de evitar en lo posible el escape de la lechada.
- El cabezal de la vibradora es de 1 ½", un exceso de vibración genera segregación dando diferentes resistencias del concreto, y una mala vibración generara "cangrejas". El tiempo promedio para cada vibración es de aproximadamente de 15 a 20 sg. y se hará por cada capa vaciada. Si bien es cierto que la vibración ideal es de abajo hacia arriba conforme se va llevando a cabo el vaciado, esto es posible en columnas convencionales con estribos cerrados y no en este caso que son columnas con estribaciones múltiples.

- En la presente obra, cuando se ha usado el trompo de 7 p3 para la mezcla del concreto, el acabado del concreto ha tenido mejor apariencia que la utilizada con la mezcladora con tolva; esto demuestra que la experiencia del maquinista influye mucho en la preparación del concreto, y asimismo se puede deducir que el operario vibrador también debe tener experiencia en su trabajo.

- Las porosidades presentes en la superficie del concreto "caravista" es debido a la insuficiente cantidad del aditivo plastificante en el concreto, al principio de la obra se usó la siguiente dosis: 133 cc. por bolsa de cemento; luego se incrementó a 250 cc. por bolsa de cemento.

- El resane en la superficie después del desencofrado, se hará con un mortero bastardo de (cemento + cal + arena) en la proporción de 1:1:2 o 1:1:3 dosificando adecuadamente hasta llegar al color de la superficie del concreto, luego se procede al lijado. Posteriormente se aplica un polvo cementoso sellador de superficie "CHEMA Top" que también es uniformizador de acabados; y por último, se aplica una laca brillante "CHEMA Vista" que lo protege de la acción e inclemencia del intemperismo.

3.2.11 C.E. 1190 “FELIPE HUAMÁN POMA DE AYALA”.-

Ubicado en la Carretera Central Km. 36, Urb. Moyopampa, Lurigancho, Chosica; esta obra ha sido ejecutada en forma organizada y variando constantemente diversos aspectos constructivos en procura de la obtención de un buen acabado de la superficie del concreto, contándose con la presencia permanente en obra del Ing. Residente como de la Supervisión. La información obtenida ha sido recabada por observación directa de los trabajos, revisión del expediente técnico y en contacto permanente con el Ing. Supervisor de la obra quien detalló los procedimientos constructivos seguidos.

1. Encofrados:

Los materiales utilizados y el tratamiento a estas fueron de la siguiente manera:

Madera utilizada	: Triplay “Lupuna” de 19 mm.
N° de usos	: Hasta 6 usos
Desmoldante	: “Chema Lac”
Desencofrado	: A las 24 horas en elementos verticales

Forma de Aplicación :

- En la madera nueva, primeramente se le masilla para tapar algunas imperfecciones y luego se realiza un lijado de esta.
- Luego se aplica 3 veces el desmoldante diluido con su disolvente en la proporción de 1:1.
- Luego del primer uso, y desencofrado se procede a lijar el panel.
- Se procede a la aplicación de 3 veces más el desmoldante siempre con su disolvente en la proporción de 1:1.
- Se debe dejar secar los paneles por 24 horas antes de proceder al encofrado.

2. Concreto:

Los materiales utilizados para su elaboración fueron los siguientes:

Cemento utilizado	: SOL Tipo I
Aditivo plastificante utilizado	: "CHEMA Plast", en la siguiente proporción: : 250 cc. por bolsa de cemento
Agregados	: Ver Tabla 3.12
Curado	: Con yute húmedo durante 4 días.

3. Características de los agregados:

Los agregados utilizados tienen la siguiente granulometría y características físicas:

Arena Gruesa (Santa Clara)		Piedra (La Gloria)	
Malla	% Ret.	Malla	% Ret.
N° 4	6.00	1"	18.80
N° 8	15.30	¾"	30.70
N° 16	22.60	½"	33.00
N° 30	21.00	⅜"	12.10
N° 50	14.30	¼"	5.00
N° 100	12.50	Fondo	0.40
Fondo	8.30		
M.F.	3.1		7.42
P.e.	2.58		2.72
P.U.S. Seco	1,503 Kg/m ³		1,454 Kg/m ³
P.U.C. Seco	1,825 Kg/m ³		1,731 Kg/m ³
CH.	1.56 %		0.50 %
ABS.	1.33 %		0.86 %

Tabla 3.12 Granulometría y características físicas de los agregados utilizados para el concreto en el C.E. 1190 "Felipe Huamán Poma de Ayala".

4. Diseño de mezclas:

El diseño de mezclas para las diferentes calidades de concreto con las características de los agregados y con los valores obtenidos de la Tabla 3.12, fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de SENCICO, y asimismo las proporciones utilizadas en obra, las que se presenta a continuación:

Para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.14 3.4

Agua = 25 Lt./ B. Cemento

Para $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.6 3.8

Agua = 28.54 Lt./ B. Cemento

Dosificación en obra para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.2 3.4

Agua = 25 Lts.

Slump = 3 ½"

Dosificación en obra para $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.6 3.8

Agua = 28 Lts.

Slump = 3 ½"

5. Aspectos constructivos tomados de obra:

La siguiente es la relación de los diversos aspectos tomados de obra, apreciaciones e información proporcionada principalmente por el Ing. Supervisor de la obra:

- En los encofrados, se debe hacer la menor cantidad de agujeros posible, se ha comprobado que las manchas negras observadas en la superficie del concreto expuesto es producto del escape del líquido de cemento, este escape puede ser a través de los acoplamientos de los paneles como también en la zona adyacente de los agujeros por donde pasan los pernos de sujeción.
- Para sellar los agujeros de los paneles usados, se usan tarugos, la que luego será masillado y lijado y finalmente la aplicación del desmoldante sobre los paneles. Estos tarugos deben estar bien fijos o adheridos, porque durante el vaciado del concreto existe la posibilidad de desprendimiento del tarugo por la presión de la mezcla fresca durante el proceso de consolidación del concreto.
- En algunas columnas del segundo nivel de la edificación, se ha experimentado con encofrados donde no se ha hecho uso de los pernos de sujeción que atraviesa al elemento estructural, obteniéndose como resultado una mejor apariencia en el concreto "caravista". Para la aplicación de este sistema, el diseño de los encofrados debe ser muy conservado; en tal sentido, se deben usar barrotes más gruesos para evitar el pandeo.
- Para la dosificación de la mezcla para el vaciado del techo aligerado y las vigas peraltadas "caravista" de apoyo de las viguetas, se ha variado de la proporción prevista: 1 - 2.2 - 3.4 a la proporción: 1 - 2.5 - 2.5 con 25 Lts. de agua, y con los 250 cc. del plastificante "Chema plast".

Este cambio en la dosificación es debido a que se ha introducido agregado grueso de $\frac{1}{2}$ " en la proporción de 1:1 con el agregado existente (Ver tabla 3.12) para disminuir el Módulo de finura del agregado grueso y con esto lograr mayor trabajabilidad y facilidad de colocación de la mezcla en las viguetas.

- El resane en las superficies de concreto expuesto se realizará al final de la obra, El "solaqueado" se hará con una proporción de cal/cemento de aproximadamente 3:2.

3.2.12 C.E. 5184.-

Ubicado en el AAHH Las Laderas de Chillón, Puente Piedra; esta obra ha sido ejecutada en forma organizada y se observó una preocupación constante del Ing. Residente en el logro de un buen acabado de la superficie del concreto. La información obtenida ha sido recabada por observación directa de los trabajos y en la revisión del expediente técnico. El Ing. Residente y el Ing. Supervisor de la obra fueron quienes detallaron los procedimientos constructivos que se han seguido.

1. Encofrados:

Los materiales utilizados y el tratamiento a estas fueron de la siguiente manera:

Madera utilizada	: Triplay "Copaiba" de 19 mm.
N° de usos	: De 6 a 7 usos
Desmoldante	: "Chema Lac"
Desencofrado	: A las 24 horas en elementos verticales
Forma de Aplicación	:

- En la madera nueva, primeramente se le masilla para tapar algunas imperfecciones y luego se realiza un lijado de esta.
- Luego se aplica 4 veces el desmoldante diluido con su disolvente en la proporción de 1:1.
- Luego del primer uso, y desencofrado se procede a lijar el panel.
- Se procede a la aplicación de 2 veces más el desmoldante siempre con su disolvente en la proporción de 1:1.
- Se debe dejar secar los paneles por 24 horas antes de proceder al encofrado.

2. Concreto:

Los materiales utilizados para su elaboración fueron los siguientes:

- Cemento utilizado** : SOL Tipo I
Aditivo plastificante utilizado : "CHEMA Plast", en la siguiente proporción:
 : 250 cc. por bolsa de cemento
Agregados : Ver Tabla 3.13
Curado : Por riego durante 7 días.

3. Características de los agregados:

Los agregados utilizados tienen la siguiente granulometría y características físicas:

Arena Gruesa (La Molina)		Piedra (La Gloria)	
Malla	% Ret.	Malla	% Ret.
N° 4	8.00	1½"	11.00
N° 8	13.00	1"	42.00
N° 16	18.00	¾"	24.00
N° 30	20.00	½"	16.00
N° 50	20.00	⅜"	5.00
N° 100	18.00	Fondo	2.00
Fondo	3.00		
P.e.	2.61		2.76
P.s.s.s.	2.64		2.78
P.U.S. Seco	1,668 Kg/m ³		1,460 Kg/m ³
P.U.C. Seco	1,817 Kg/m ³		1,623 Kg/m ³
CH.	0.98 %		0.16 %
ABS.	1.08 %		0.73 %

Tabla 3.13 Granulometría y características físicas de los agregados utilizados para el concreto en el C.E. 5184.

4. Diseño de mezclas:

El diseño de mezclas para las diferentes calidades de concreto con las características de los agregados y con los valores obtenidos de la Tabla 3.13, fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Agraria de La Molina, y asimismo las proporciones utilizadas en obra, las que se presenta a continuación:

Para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.36 2.72

Agua = 25.27 Lt./ B. Cemento

Para $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.33 2.95

Agua = 28.27 Lt./ B. Cemento

Dosificación en obra para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.36 2.72

17 lampadas de arena

19 lampadas de piedra

Agua = 25 Lts.

Slump = 3 ½"

Dosificación en obra para $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2.3 3

Agua = 28 Lts.

Slump = 3 ½"

5. Aspectos constructivos tomados de obra:

La siguiente es la relación de los diversos aspectos tomados de obra, apreciaciones e información proporcionada principalmente por el Ing. Residente de la obra:

- La masilla utilizada en esta obra es una masilla acrílica (utilizada para reparación de porcelana), este material tiene una mejor adherencia que la masilla usada convencionalmente.
- Con respecto al masillado en los empalmes entre planchas de “triplays”, en ocasiones, este deja una línea como huella en el acabado final del concreto. Al parecer, durante la consolidación del concreto, esta ejerce una presión sobre la cara del encofrado con empalmes originando pequeños desniveles en ella al rajarse la masilla.
- Es importante el sellado en la parte inferior de los encofrados de los elementos verticales a vaciar (columnas o placas) de cualquier nivel, caso contrario el escape de la lechada contribuye a la formación de “cangrejas”. Este sellado puede ser con espuma plástica (dulonpillo), con papel o con yeso, que en este caso cumple un buen papel.
- En los acoplamientos de los encofrados, y en particular en los ochavos, se usan esponjas o dulongillos, que al ser prensadas durante el encofrado impedirá el escape de la lechada evitando con esto superficies rugosas y arenosas.
- En los junquillos que se usan para dar forma a las bruñas, se forran con cintas “Masking Tape” y con esto evitar la masilla en los orificios de los clavos.

- Piedras chancadas de regular tamaño que eventualmente se encuentran en el acopio del agregado grueso debe ser retirado, porque durante la consolidación del concreto puede que estos elementos estén en contacto con el encofrado golpeándolo y originando raspaduras en el desmoldante con la consiguiente huella en el acabado final.

- Es recomendable la limpieza de los elementos de concreto expuesto de los niveles inferiores en simultáneo durante el vaciado de concreto de los elementos de los niveles superiores.

- El curado con yute humedecido no es aconsejable porque existe la posibilidad del despintado originando coloraciones diferentes en la superficie final.

- El ocre utilizado en el “tiralíneas” para marcar las líneas sobre el concreto expuesto (generalmente el Nivel + 1.00) es dificultoso su retiro y/o su limpieza.

- Respecto a las columnas del cerco perimétrico, es importante que antes del vaciado del concreto, los ladrillos de las partes laterales, dada su alta absorción, estas deben estar suficientemente húmedo para evitar que absorba el agua del concreto y evitar así la formación de fisuras. Asimismo, mezclas muy fluidas para estas columnas angostas, originan grandes contracciones y fisuramientos al concreto a los 24 o 48 horas de vaciado.

3.2.13 SENCICO (Sede del Cono Norte).-

Ubicado en la Panamericana Norte con la Av. Los Alisos, Los Olivos; la evaluación de esta obra ha sido en la etapa ya culminada. Dado que ha sido ejecutada en su integridad con concreto expuesto, se pudo recoger algunas impresiones dadas por el Ing. Residente que a continuación se detalla.

1. Encofrados:

Los materiales utilizados y el tratamiento a estas fueron en dos etapas diferenciadas.

Inicialmente, fueron de la siguiente manera:

Madera utilizada	: Triplay "Lupuna" de 19 mm.
N° de usos	: Hasta 7 usos
Desmoldante	: "Chema Lac"
Desencofrado	: A las 24 horas en elementos verticales

Forma de Aplicación :

- En los paneles nuevos, se aplica 3 veces el desmoldante en la proporción de Laca/Disolvente 1:1.
- Luego del primer uso, y desencofrado se procede a lijar el panel, y en los usos subsiguientes, se procede a la aplicación de 2 veces el desmoldante con su disolvente en la proporción de Laca:Disolvente de 1:1.
- Se deja secar los paneles por 24 horas antes de proceder al encofrado.

Posteriormente, se cambió la madera y el desmoldante, de la siguiente manera:

Madera utilizada	:	Triplay fenólico chileno de 19 mm.
N° de usos	:	Más de 10 usos
Desmoldante	:	"Zeta Lac"
Desencofrado	:	Similar a lo indicado anteriormente.

2. Concreto:

Los materiales utilizados para su elaboración fueron los siguientes:

Cemento utilizado	:	SOL Tipo I
Aditivos utilizados	:	No se utilizó plastificante. Se usó acelerante de fragua para los elementos inclinados.
Agregado grueso	:	Piedra de Dn máx. ½"
Curado	:	Lonas humedecidas durante 7 días.

3. Dosificación de la mezcla:

La dosificación de la mezcla utilizada inicialmente en obra, es la siguiente:

Para $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:

Proporción en volumen = 1 2 2

12 lampadas de arena

14 lampadas de piedra

Agua = 1 ¼ latas (Lata de 18 Lts.)

Slump = 3"

Posteriormente, dadas las altas resistencias del concreto alcanzadas con esta dosificación, se aumentó el volumen de los agregados en la proporción siguiente, manteniendo la misma relación a/c:

14 lampadas de arena

18 lampadas de piedra

3.3 ASPECTOS RELEVANTES EN LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.-

Luego de culminada la visita a las obras enumeradas en la tabla 3.1 y finalizado el trabajo de campo; a continuación se resalta algunos detalles importantes en los procedimientos constructivos utilizados en la fabricación del concreto expuesto; principalmente en los encofrados y en el concreto, las cuales están complementadas con vistas fotográficas:

3.3.1 EN LOS ENCOFRADOS.-

3.3.1.1 Masillado de los empalmes.-

Los empalmes de los "triplays" de un mismo panel se masillan y también las irregularidades superficiales, poros y agujeros, dejándola secar durante 2 horas. Una vez seco el panel, se pasa una lija N° 150 hasta que el panel quede suave al tacto.

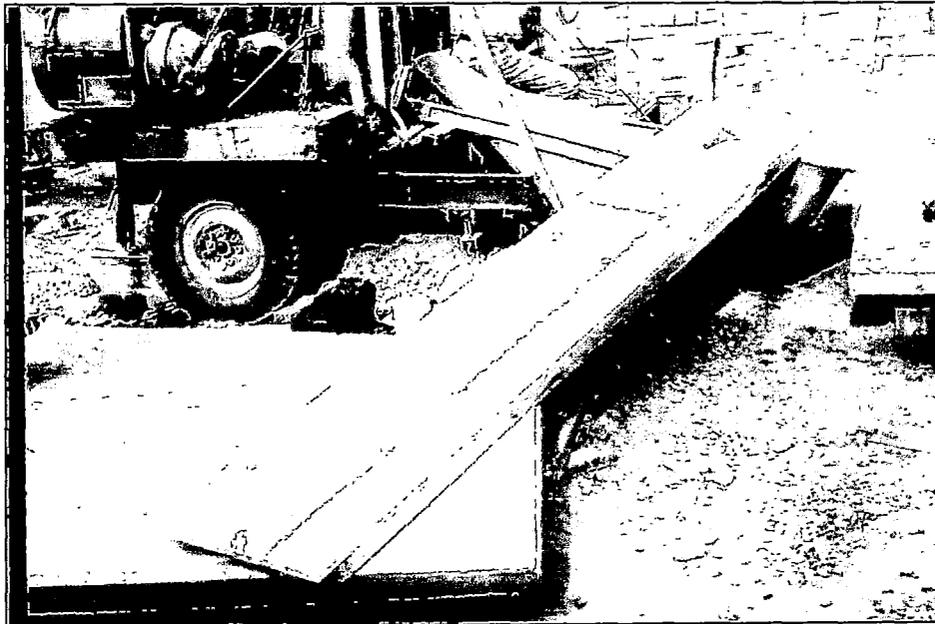


Foto 3.1 Masillado de empalmes y poros.

3.3.1.2 Aplicación del desmoldante.-

Luego de que la masilla esté seca y lijado (ver sección 3.3.1.1), se aplica el desmoldante y cuya secuencia seguida generalmente es como se describe:

En la madera nueva:

1. Una vez que se ha aplicado la masilla y luego secado, se lija la madera y se limpia los residuos de polvo.
2. Se aplica 4 veces el desmoldante diluido con su disolvente en la proporción que recomienda las especificaciones técnicas de cada marca y que generalmente es de 1:1.
Opcionalmente, la primera aplicación se reemplaza por una relación de laca : disolvente de 1 : 1/8.
3. Se deja reposar de 2 a 3 horas dependiendo de la temperatura ambiental, entre cada aplicación y tomando las precauciones para que el panel esté libre de partículas de polvo que pudieran adherirse a ella.
4. Se procede a encofrar pasadas las 24 horas de la última aplicación.

Luego del primer uso y hasta el 4to. o 5to. uso aproximadamente:

5. Luego del desencofrado se procede a lijar el panel.
6. Luego se masilla las irregularidades.
7. Se vuelve a lijar el panel.
8. Se procede a la aplicación de 3 veces más el desmoldante siempre con su disolvente en la proporción de 1:1, dejándose reposar de 2 a 3 horas entre cada aplicación.
9. Igualmente, se procede a encofrar pasadas las 24 horas de la última aplicación.



Foto 3.2 Aplicación con brocha del desmoldante en los paneles ya masilladas.

3.3.1.3 Secado de los paneles con desmoldante.-

El secado entre aplicaciones del desmoldante es de 2 a 3 horas dependiendo del aspecto climático. Sin embargo, antes de proceder al encofrado, el secado de la última capa es de 24 horas.

Tanto en los lugares donde se aplica el desmoldante y el secado de la misma, debe ser libre de polución, para evitar la adherencia del polvo a los paneles.

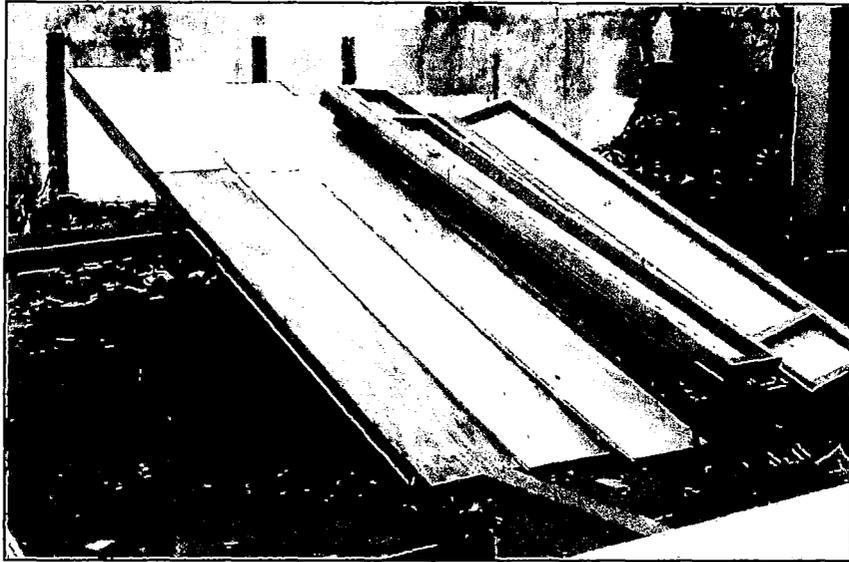


Foto 3.3 Secado de laca desmoldante.

3.3.1.4 Aplicación de impermeabilizante en borde de paneles.-

Para evitar la absorción de agua en los bordes de las planchas, la cual provoca hinchazón formando ondulaciones, se puede aplicar barniz o esmalte de cualquier color para impermeabilizar el borde del panel.

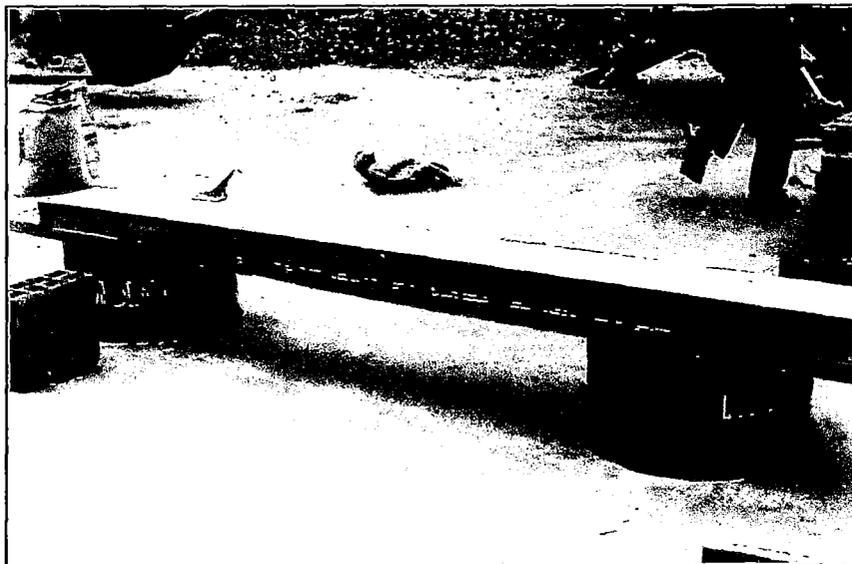


Foto 3.4 Barniz o esmalte en los bordes perimetrales.

3.3.1.5 Uso de espaciadores en forma de semi-cilindro.-

El uso de espaciadores en forma de semi-cilindro tienen un contacto mínimo con la superficie de concreto, ya que el borde curvo va contra la superficie, evitando contraste de tonalidades.

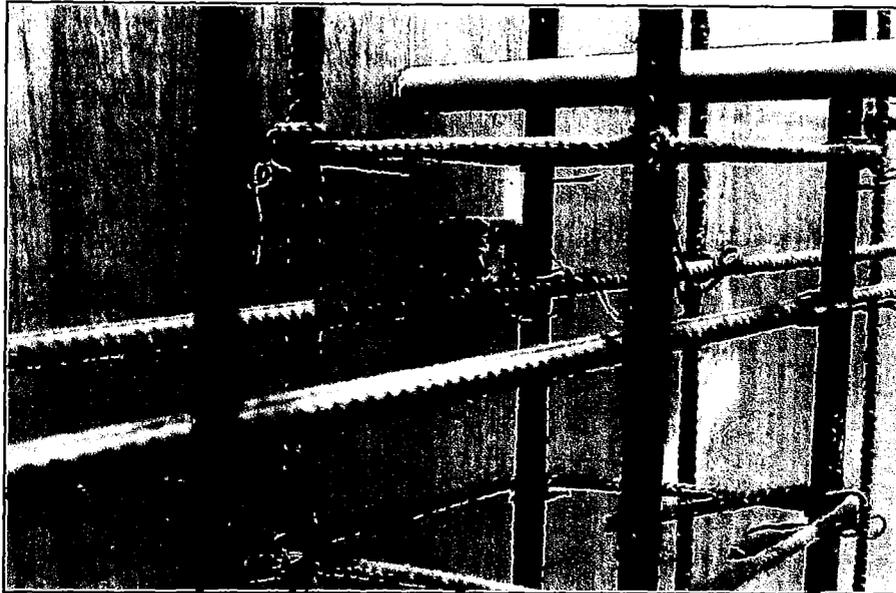


Foto 3.5 Espaciador en forma de semi-cilindro.

3.3.1.6 Sellado de las aristas ochavadas.-

Con la finalidad de impermeabilizar y evitar el escape de líquido y lechada de cemento por las esquinas ochavadas del encofrado, se sella con cinta adhesiva "Masking Tape"; y sobre esta zona se aplica el desmoldante.

Otra manera de reforzar las juntas o acoples entre encofrados para evitar el escape de líquido, es insertar esponja o dulongpillo entre estas juntas, en este caso, el junquillo (una especie de listón biselada) debe estar perfectamente adherida o clavada a los paneles del encofrado. (Ver fotos 3.6 y 3.7)



Foto 3.6 Sellado con cinta "Masking Tape".

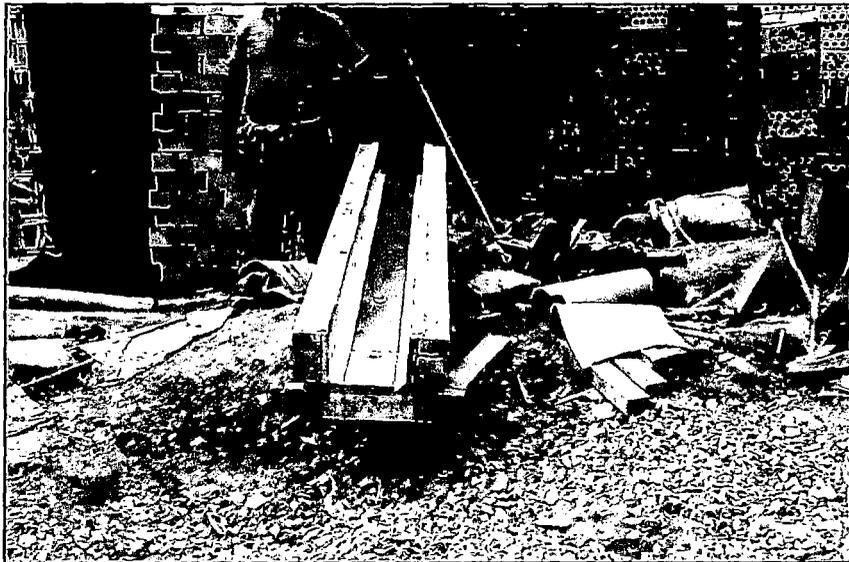


Foto 3.7 Espuma plástica en los encofrados.

3.3.1.7 Aseguramiento de los encofrados.-

Se ha observado 2 formas de aseguramiento de encofrados:

- a) Sin usar pernos de sujeción. Con esto se ha tratado de evitar los agujeros en la columna con la finalidad de evitar la fuga de líquido por los alrededores y que originan arenosita en zonas adyacentes. (Ver foto 3.8)
- b) Usando pernos de sujeción. Es el procedimiento que se utiliza en la gran mayoría de las obras. (Ver foto 3.9)

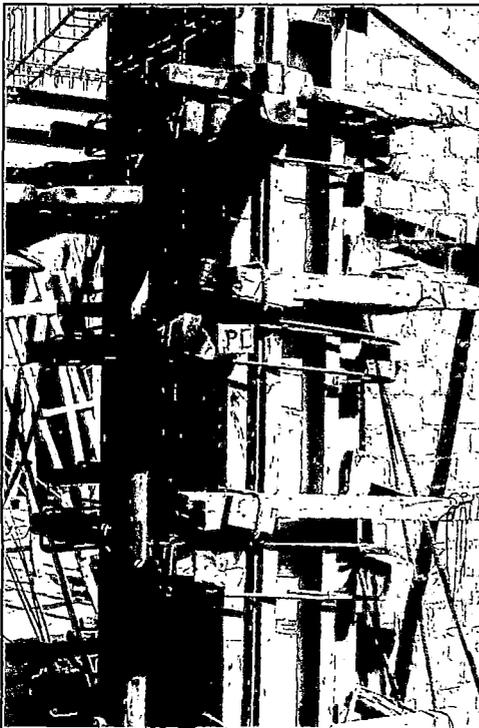


Foto 3.8 Encofrado sin pernos de sujeción.



Foto 3.9 Encofrado usando pernos de sujeción.

3.3.2 EN EL CONCRETO.-

3.3.2.1 Datos de concreto.-

Estos dados son de apoyo sirven para dar estabilidad a los paneles de los encofrados que dan el contorno firme alrededor del cual queda definida la forma de las columnas.

Además, facilita el trabajo del alineamiento de las columnas, lograr una correcta escuadra y la verticalidad en el aplomado. (Ver Foto N° 3.12: verificación de la verticalidad).

La mezcla de estos dados tienen la misma resistencia que el concreto de la columna. En algunas obras, estos dados también se han realizado para las columnas de los niveles superiores.

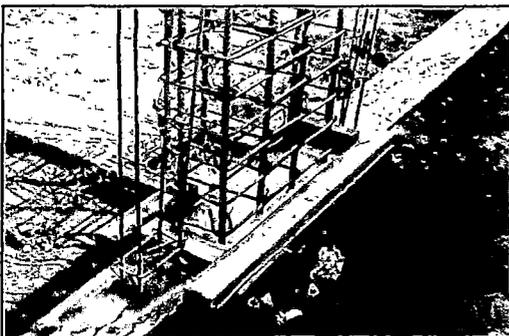


Foto N° 3.10
Encofrado de dado.

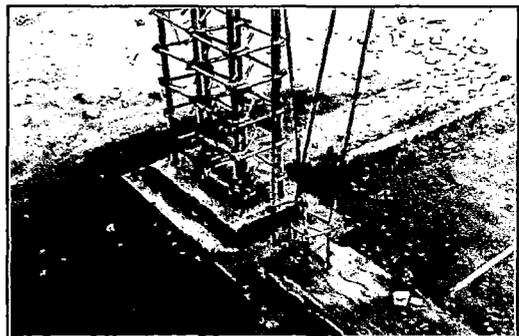


Foto N° 3.11
Dado de concreto.



Foto N° 3.12
Verificación de la verticalidad.

3.3.2.2 Trabajabilidad del concreto.-

Para facilitar la colocación y la consolidación del concreto, se ha utilizado aditivo plastificante; la proporción generalmente utilizada es la especificada por el aditivo: 250 cc. por bolsa de cemento. Dependiendo de la granulometría de los agregados y la relación a/c de diseño, el "slump" resultante en la mayoría de los casos es de 3 ½" a 4".

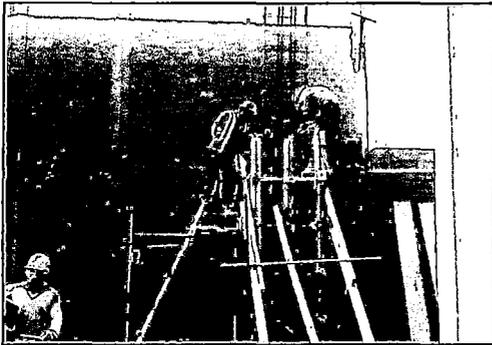


Foto N° 3.13
Compactación del concreto en
columna.

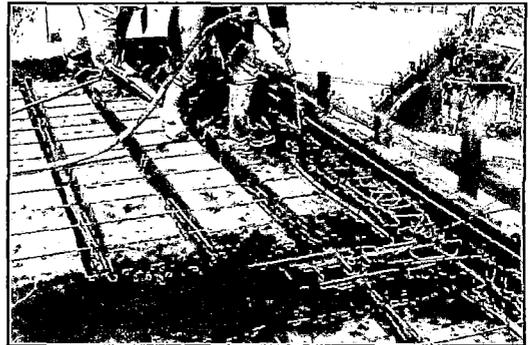


Foto N° 3.14
Compactación del concreto en viga
peraltada.

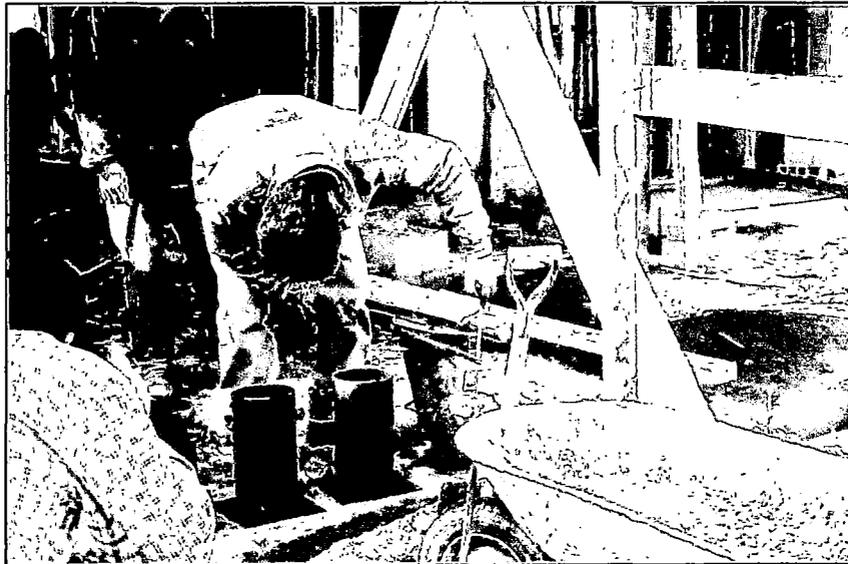


Foto N° 3.15 Medición del "slump".

3.3.2.3 Curado del concreto.-

Para el curado del concreto, se ha observado 2 formas:

- a) Curado químico.
- b) Curado húmedo.

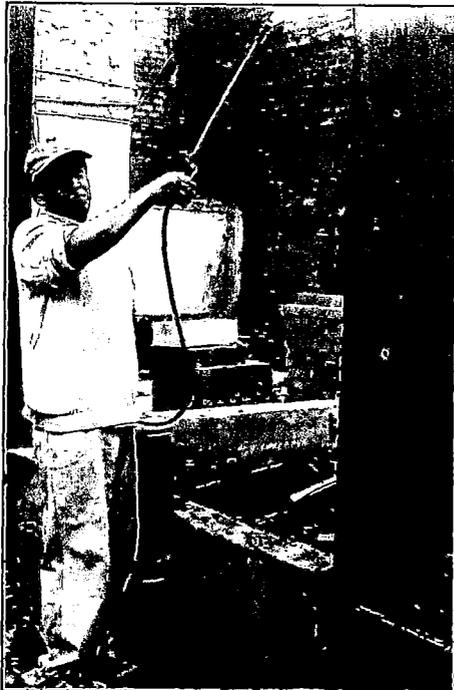


Foto N° 3.16

Curado químico del concreto
con rociador.

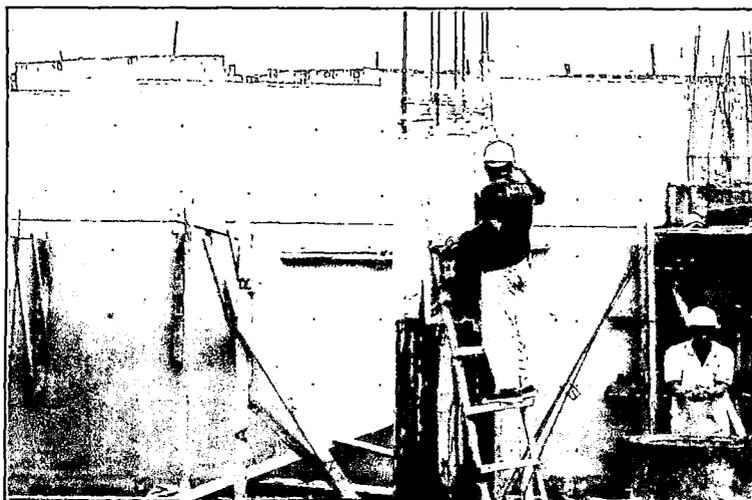


Foto N° 3.17

Curado
húmedo del
concreto.

3.3.2.4 Protección del concreto.-

En algunas de las obras visitadas, se ha observado un especial cuidado al concreto terminado. Por ejemplo:

- a) Caso I: El nivel de referencia (NPT = + 1.00 m.) de ocre sobre una cinta adhesiva "Masking Tape". (Ver foto 3.18)
- b) Caso II: Protección con bolsas de cemento para evitar la suciedad y la polución durante la ejecución de los trabajos. (Ver foto 3.19)

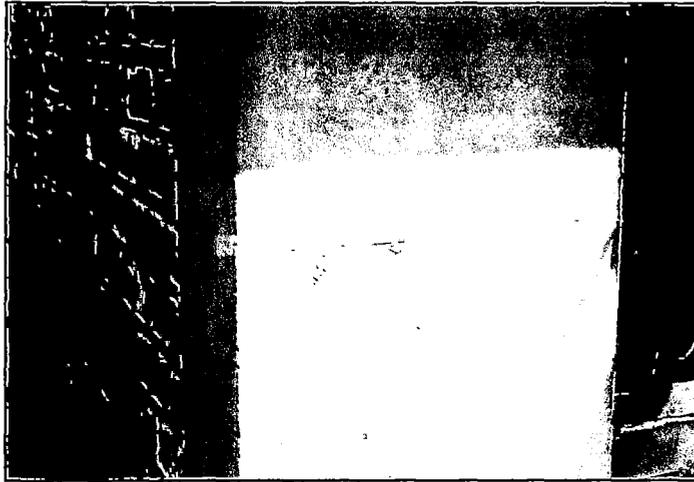


Foto N° 3.18 Nivel de referencia de ocre sobre cinta adhesiva "Masking Tape".



Foto N° 3.19 Protección con bolsas de cemento y amarradas con soguilla.

3.3.2.5 Resane superficial del concreto.-

Llamado también “solaqueado” o “emporrado”, para esto se prepara una mezcla de cemento y cal, en proporciones de aproximadamente 1/1, $\frac{1}{2}$ o $\frac{2}{3}$. Luego de aplicada la mezcla sobre superficies con mínimos defectos, se procede al lijado.



Foto N° 3.20 Resane superficial del concreto.

3.3.2.6 Modulación de bruñas.-

La modulación de las bruñas tanto verticales como horizontales, tiene una función arquitectónica y también como control de figuración del concreto.

Estas bruñas aparte de cumplir una función estética, también tienen por objeto disimular las juntas de construcción.

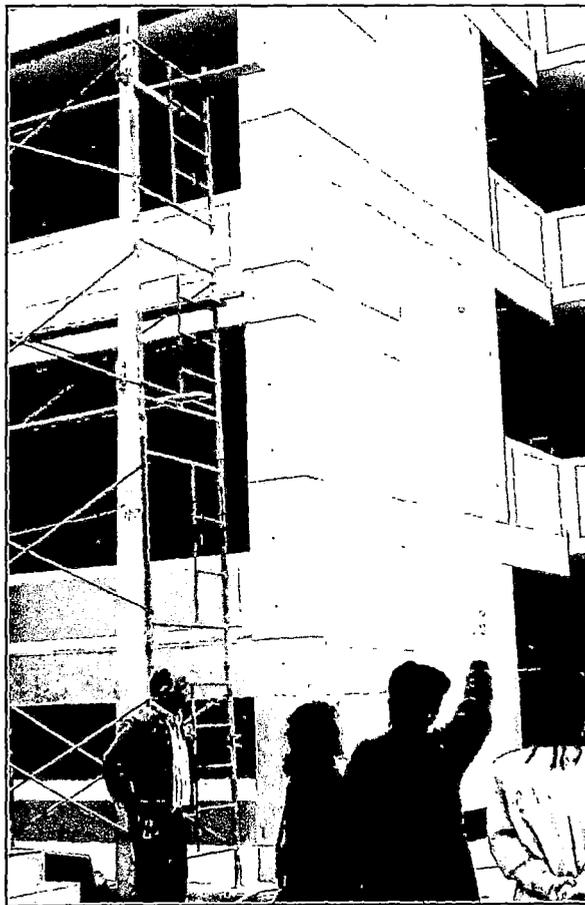


Foto N° 3.21

Vista de una columna con las bruñas debidamente moduladas en los encuentros con las vigas.

3.3.2.7 Mechas de alambre embebidas.-

Los alambres embebidos dentro del concreto son las mechas de amarre del muro de albañilería a la columna estructural.

Por facilidad en el proceso constructivo, estos alambres previamente ubicados con un escantillón, son colocados al interior de los paneles del encofrado antes del vaciado del concreto. Luego del desencofrado, y tal como se observa en la foto 3.22, estos alambres ubicadas a cada 2 o 3 hiladas, se enderezan conforme se van asentando las hiladas de ladrillo.



Foto N° 3.22 Mechas de alambre embebidas dentro de columna.

3.4 IDENTIFICACION DE LOS PRINCIPALES DEFECTOS ENCONTRADOS.-

Luego de culminada la evaluación a las obras visitadas (contenidas en la tabla 3.1); se ha identificado los principales defectos o fallas del concreto expuesto del tipo liso, y que se manifiesta básicamente en dos grandes grupos:

- I. Irregularidades superficiales.**
- II. Variaciones de color.**

Asimismo, se concluye que los defectos también pueden presentarse por las siguientes causas:

- III. Deficiencias de diseño.**
- IV. Omisiones durante el proceso constructivo.**

En la página siguiente se presenta el cuadro (Tabla N° 3.14) de las distintas variantes dentro de cada una de las clasificaciones de los defectos encontrados en el concreto expuesto.

Más adelante se describirá con detalle las causas que originan los diversos defectos en el concreto expuesto y debidamente complementados con una amplia documentación fotográfica en el acápite 3.4.5.

Irregularidades Superficiales	Variaciones de Color	Deficiencias de Diseño	Omisiones durante el Proceso Constructivo
<ul style="list-style-type: none"> - Fisuras. - Cavidades. - Rugosidades. - Arenosidad. - Deformaciones. - Juntas frías. - Lesiones. - Reflejo del encofrado. - Exposición del acero de refuerzo 	<ul style="list-style-type: none"> - Marmoleada. - Reflejo del desmoldante. - Huella de los espaciadores. - Variación en la proporción de materiales o de relación a/c. - Acción química del desmoldante. - Por acción externa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aristas sin ochavos. - Falta de bruñas. - Grandes superficies lisas. - Concentración del acero de refuerzo. - Columnas muy angostas. - Deficiente diseño de encofrados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta colocación de anclajes. - Demoliciones. - Correcciones. - Falta de bruña. - Falta de limpieza en encofrados.

Tabla 3.14

Clasificación de los defectos en el concreto expuesto.

3.4.1 IRREGULARIDADES SUPERFICIALES.-

1) Fisuras:

- a) Debido a la aplicación de cargas prematuras.
(Fotos N° 3.23 y 3.24)
- b) Debido a que el tamaño del agregado grueso es mayor que el recubrimiento.
(Foto N° 3.25)
- c) Debido a la contracción del concreto por fragua.
(Fotos N° 3.26 y 3.27)

2) Cavidades:

- a) Debido a los vacíos causados por burbujas de aire.
(Fotos N° 3.28, 3.29 y 3.30)
- b) Debido a la presencia de elementos extraños adheridos a la superficie del encofrado.
(Fotos N° 3.31 y 3.32)
- c) De gran tamaño, debido a una deficiente compactación del concreto.
(Foto N° 3.33)
- d) Grupo de cavidades en forma de nido de piedra o las llamadas "cangrejas", debido a la segregación de los elementos del concreto y también a una deficiente compactación del concreto fresco.
(Fotos N° 3.34, 3.35 y 3.36)

3) Rugosidades:

- a) Debido a la falta de trabajabilidad del concreto fresco o a una deficiencia en la compactación.
(Fotos N° 3.37, 3.38 y 3.39)

4) Arenosidad:

- a) Debido al escape de la lechada y/o mortero por las uniones de los paneles del encofrado durante el vaciado del concreto.
(Fotos N° 3.40, 3.41 y 3.42)

5) Deformaciones:

- a) Falta de verticalidad debido a un deficiente aplomado de los encofrados de las columnas.
(Foto N° 3.43)

- b) Falta de verticalidad o “panceo”, debido a un deficiente encofrado para soportar presiones laterales durante la colocación del concreto; sin ruptura del encofrado.

(Fotos N° 3.44 y 3.45)

- c) Falta de verticalidad o “panceo”, por la ruptura del encofrado durante la colocación del concreto.

(Fotos N° 3.46 y 3.47)

6) Juntas frías:

- a) De concreto fresco con concreto endurecido, debido a diferentes etapas de vaciado, producto de una abrupta interrupción en la colocación del concreto.

(Fotos N° 3.48 y 3.49)

- b) De concreto fresco con concreto endurecido, pero no ubicadas adecuadamente, debido a diferentes etapas en la colocación del concreto.

(Fotos N° 3.50, 3.51 y 3.52)

- c) De concreto fresco con concreto endurecido, debido a facilidades en el proceso constructivo de los elementos de concreto.

(Fotos N° 3.53 y 3.54)

- d) Entre columnas y vigas, pero mal tratadas y sin bruñas.

(Fotos N° 3.55 y 3.56)

7) Lesiones:

- a) Rayado en la superficie, producto de la raspadura del vibrador a la cara del encofrado durante la compactación del concreto.

(Foto N° 3.57)

- b) Maltrato en las esquinas ochavadas, debido a la acción externa de alambres de sujeción, esto es después del desencofrado.

(Foto N° 3.58)

- c) Maltrato en la superficie, debido a una acción externa, después del desencofrado.
(Fotos N° 3.59 y 3.60)
 - d) Por la presencia de un agregado extraño en la superficie del concreto expuesto.
(Foto N° 3.61)
 - e) Desconchados, por la adherencia del concreto al encofrado.
(Foto N° 3.62)
 - f) Maltrato en la superficie, por el corte de los alambres de amarre de los encofrados.
(Fotos N° 3.63, 3.64 y 3.88)
 - g) Desprendimiento en zona aledaña a los agujeros de los pernos de sujeción, por falta de cuidado en el encofrado.
(Foto N° 3.65)
 - h) Maltrato en las esquinas ochavadas, debido al retiro del rodón (que da forma al ochavo) adherido al concreto.
(Fotos N° 3.66 y 3.67)
- 8) Reflejo de los Encofrados:**
- a) De las juntas en los empalmes de los "triplays" en los encofrados.
(Fotos N° 3.68, 3.69, 3.70, 3.74 y 3.80)
 - b) De las cintas adhesivas "Masking Tape" en los empalmes de los encofrados.
(Fotos N° 3.71 y 3.72)
 - c) De la forma desordenada de los diferentes paños de "triplays" dentro de un panel de los encofrados.
(Fotos N° 3.73 y 3.74)
 - d) Protuberancias, debido a las cavidades en el encofrado.
(Fotos N° 3.75, 3.76 y 3.77)

- e) De las cabezas de los clavos.
(Foto N° 3.78)
 - f) Huella de las fibras de la plancha de "triplay", debido a que no se ha lijado la madera.
(Fotos N° 3.78 y 3.79)
 - g) Depresiones, debido a resaltos en el encofrado.
(Foto N° 3.80)
- 9) Exposición del acero de refuerzo:**
- a) Vista del acero del estribo sobresalido fuera del elemento de concreto, esto es debido a la falta o insuficiente cantidad de separadores de concreto.
(Foto N° 3.81)

3.4.2 VARIACIONES EN EL COLOR.-

- 1) **Marmoleada:** Por las concentraciones del aditivo plastificante utilizado en el concreto, debido a la falta de homogeneidad en la mezcla.
(Fotos N° 3.78 y 3.79)

- 2) **Reflejo del desmoldante:** Por la falta de uniformidad en la aplicación del desmoldante en el encofrado.
(Fotos N° 3.75, 3.84, 3.85 y 3.86)

- 3) **Huella de los espaciadores:** Contraste de la diferencia de colores entre los espaciadores de concreto con el mismo concreto expuesto.
(Fotos N° 3.65, 3.87, 3.88 y 3.89)

- 4) **Distinta proporción de materiales o de relación a/c:** Causada por distintas etapas en la colocación del concreto.
(Fotos N° 3.49 y 3.90)

- 5) **Acción química del desmoldante:** Producido por la colocación del concreto sobre las formas, pero sin el debido secado del desmoldante.
(Fotos N° 3.91 y 3.92)

- 6) **Por acción externa:** Causada por falta de cuidado, protección o mantenimiento del concreto.
(Fotos N° 3.54, 3.93, 3.94, 3.95, 3.96 y 3.97)

3.4.3 DEFICIENCIAS DE DISEÑO.-

- 1) Superficies de concreto expuesto escondida detrás de muro de albañilería.
(Foto N° 3.98)

- 2) Bordes de columnas en ángulo recto.
(Fotos N° 3.59 y 3.94)

- 3) Falta de bruña entre columna y viga, estas bruñas disimulan juntas frías.
(Fotos N° 3.99 y 3.100)

- 4) Grandes superficies lisas e ininterrumpidas de concreto expuesto; siempre que el aspecto estético es importante.
(Foto N° 3.70)

- 5) Diseños estructurales con alta concentración de armadura.
(Foto N° 3.101)

- 6) Columnas muy angostas, cuyos ganchos de los estribos no permiten la inmersión del vibrador.
(Fotos N° 3.102, 3.103 y 3.104)

- 7) Diseño de encofrados usando barrotes y no con rodones para dar forma a los ochavos.
(Figura N° 3.1)

3.4.4 OMISIONES DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO.-

- 1) No colocar los anclajes de soldadura, para evitar el picado posterior.
(Foto N° 3.60)**

- 2) Demolición parcial de elementos por omisiones durante el proceso constructivo.
(Foto N° 3.105)**

- 3) Corrección de elementos de concreto después del proceso constructivo.
(Foto N° 3.106)**

- 4) Falta de bruña entre vigas y columnas.
(Fotos N° 3.99 y 3.100)**

- 5) Falta de limpieza en fondo de vigas, antes de proceder a la colocación del concreto.
(Foto N° 3.107)**

3.4.5 ANEXO FOTOGRAFICO DE LOS PRINCIPALES DEFECTOS.-



Foto N° 3.23 Fisuras.

Causado probablemente a la aplicación de cargas o a un desencofrado del fondo de viga a edades tempranas.
Ver ampliación en el detalle 1. (Foto 3.24)

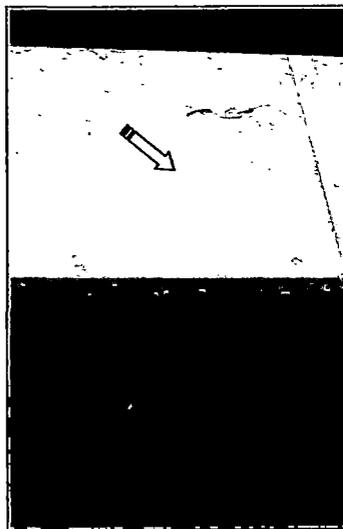


Foto N° 3.24 Detalle 1.



Foto N° 3.25 Fisuras.

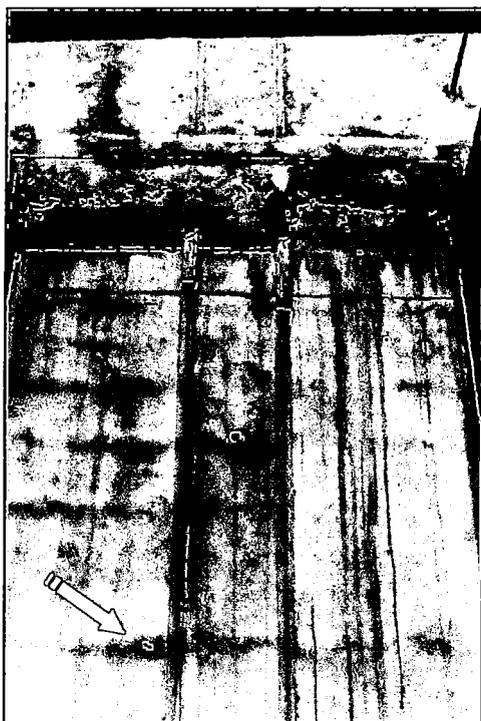
Fisuras ocasionadas por la liberación del aire atrapado en el concreto.

Es muy probable que el agregado grueso sea mayor que el recubrimiento de la columna.



Foto N° 3.26 Fisuras

Causada por contracción por fragua del concreto, debido a una alta relación a/c de la mezcla del concreto fresco.



Izquierda
Foto N° 3.27 Fisuras.

Otra vista de las fisuras causadas por
contracción por fragua por una alta
relación a/c.

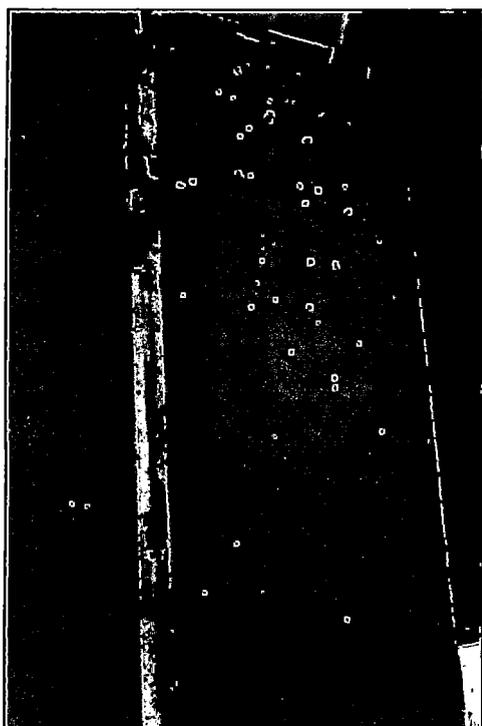


Foto N° 3.28 Cavidades.



Foto N° 3.29 Cavidades.

Fotos 3.28 y 3.29

Cavidades de regular tamaño debido a los vacíos causados por las burbujas de
aire atrapado durante la colocación del concreto.

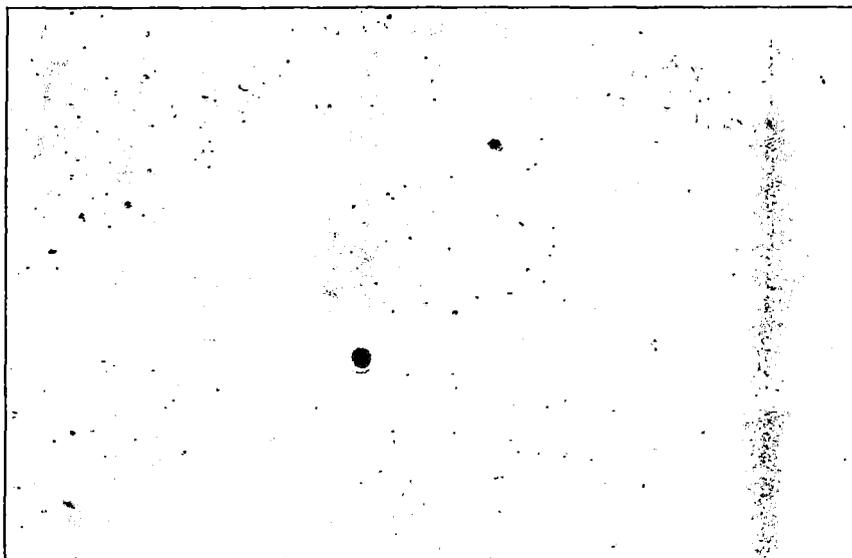


Foto 3.30 Porosidad.

Presente en la superficie una columna de concreto expuesto, estas son cavidades de mucho menor tamaño de lo observado en las fotos N° 3.28 y 3.29.

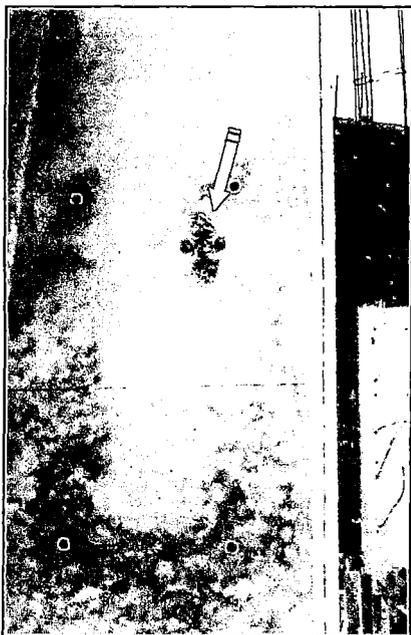


Foto 3.31 Cavity.



Foto 3.32 Cavity.

Foto N° 3.31: Cavity producido por un elemento extraño adherido en el encofrado de una columna.

Foto N° 3.32: Cavity producido por un elemento extraño adherido en el encofrado de una viga.



Foto N° 3.33 Cavity de gran tamaño.

Producto de una deficiente compactación del concreto, perdiendo monolitismo, esta columna no cumplirá la función prevista en el diseño. El ochavo en la arista nos indica que este elemento es de concreto expuesto.



Foto 3.34 "cangrejas".

Producido por la segregación del agregado grueso. Esto se produce generalmente en las primeras tandas de vaciado en los elementos verticales.

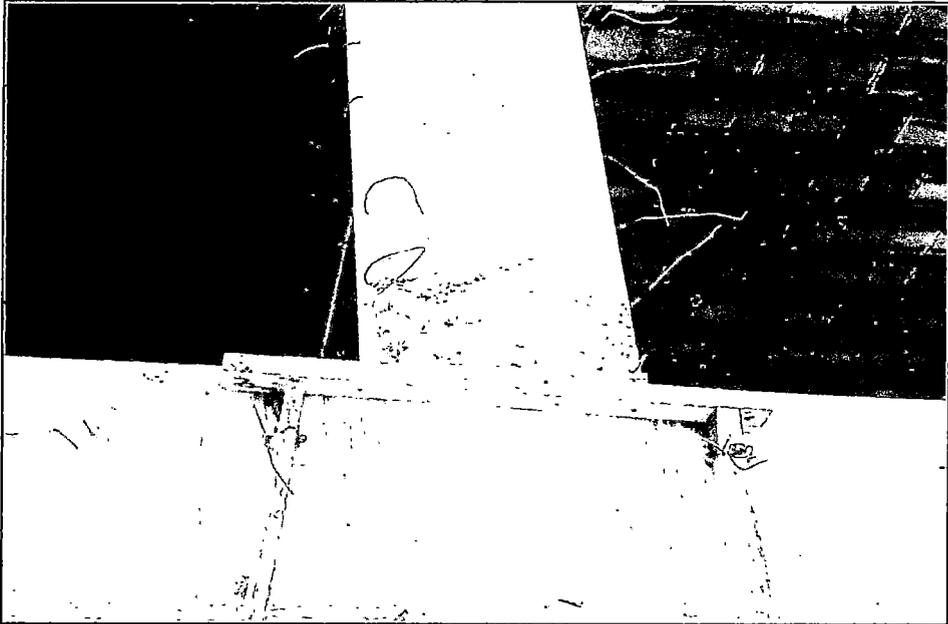


Foto 3.35 "Cangrejas".

Otra vista de "cangrejas", también se le atribuye una deficiente compactación del concreto fresco.



Foto 3.36 "Cangrejas".

"Cangrejas" en una pileta de concreto expuesto, por una deficiente compactación del concreto.

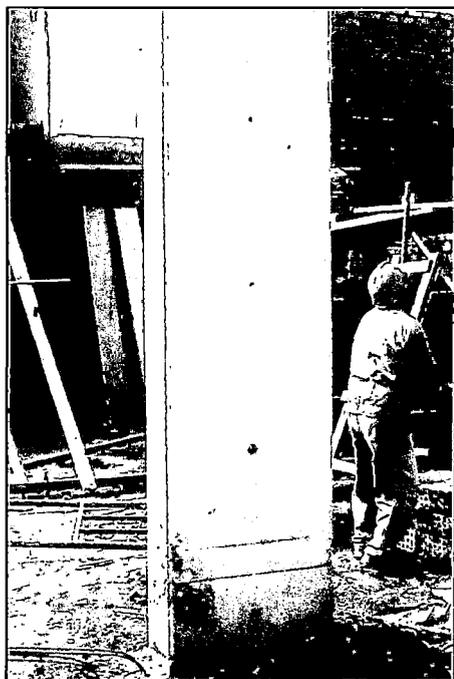


Foto N° 3.37 Rugosidad.



Foto N° 3.38 Rugosidad.

Fotos N° 3.37 y 3.38

Rugosidades presentes debido a la falta de trabajabilidad del concreto fresco, también se debe a una deficiente compactación del concreto.



Foto N° 3.39 Rugosidad.

Otra vista de la rugosidad presente en el concreto, pero de menor grado.

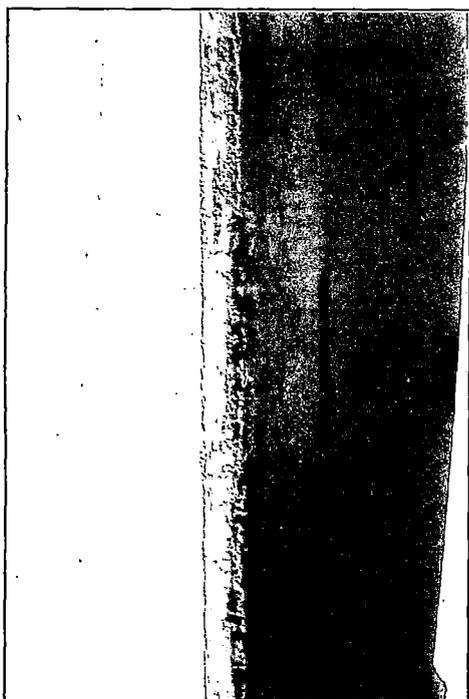


Foto N° 3.40 Arenosidad.



Foto N° 3.41 Arenosidad.

Fotos N° 3.40 y 3.41:

Diversos grados de arenosidad en los ochavos de columnas, producido por el lavado de la lechada a través de las uniones de los paneles del encofrado, durante la colocación del concreto.



Foto 3.42 Arenosidad.

En el empalme de "triplays" de un mismo panel, producido también por el escape de la lechada.

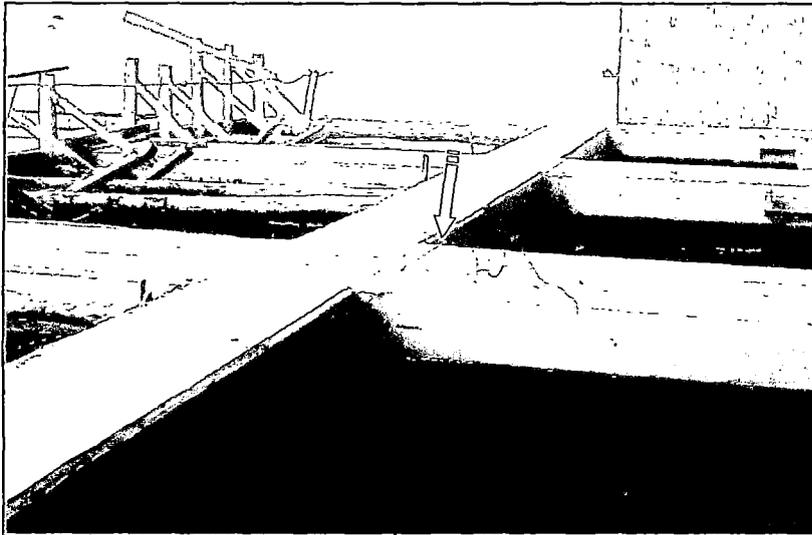


Foto N° 3.45 Deformación.

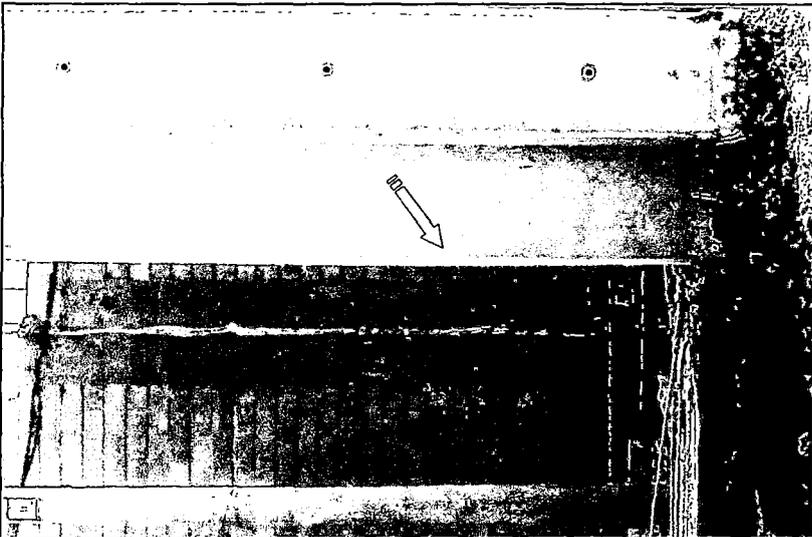


Foto N° 3.44 Deformación.

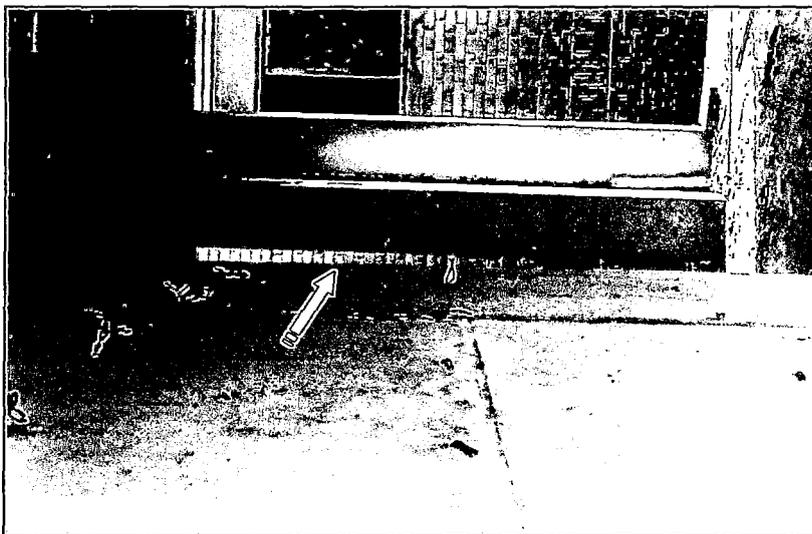


Foto N° 3.43 Desalineamiento.

Foto N° 3.43 Vista del desalineamiento en la verticalidad (columna o placa).

Fotos N° 3.44 y 3.45 Dos vistas de deformaciones debido a un deficiente encofrado, pero sin ruptura.



Foto N° 3.46 Deformación.

Foto N° 3.46

Vista de una columna deformada en la zona del ochavo. En este caso, por un deficiente encofrado, no ha podido soportar la presión lateral del concreto durante su colocación.

En la Foto 3.47 (detalle 1) se observa la zona defectuosa, la cual ya ha sido reparada.

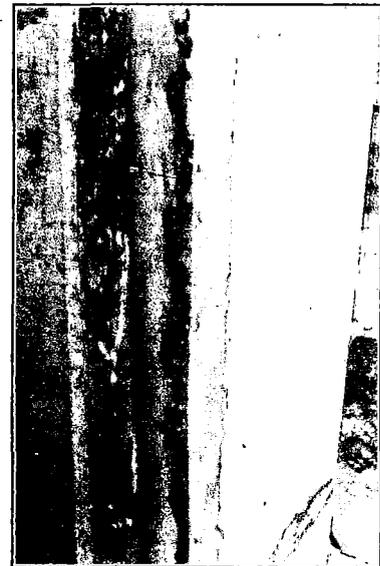


Foto 3.47 Detalle 1.

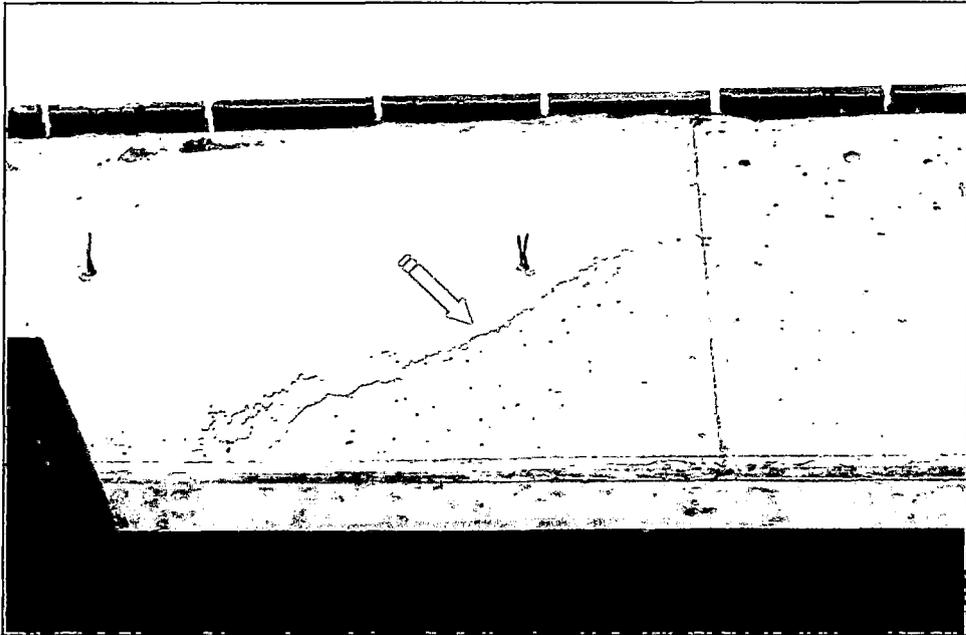


Foto N° 3.48 Junta fría.

Se observa claramente las dos etapas en la colocación del concreto, notándose distintas porosidades y tonalidad del color. Esto es ocasionado por una interrupción abrupta de la mezcladora en pleno proceso del vaciado; en tal sentido, es importante mantener las mezcladoras en óptimo estado.

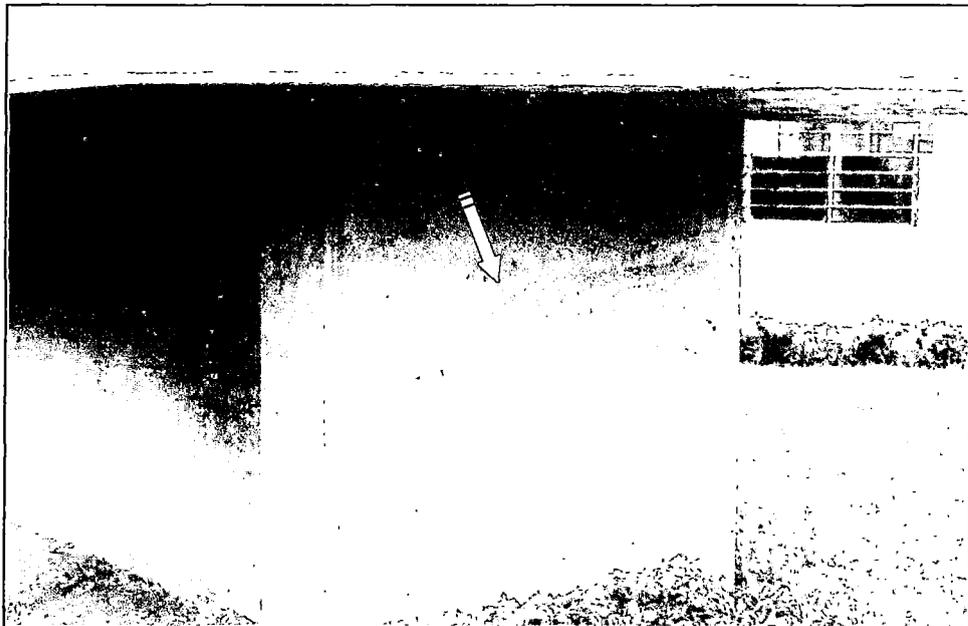


Foto 3.49 Junta fría.

Junta fría ya tratada, se observa tonalidades distintas en el acabado terminado.

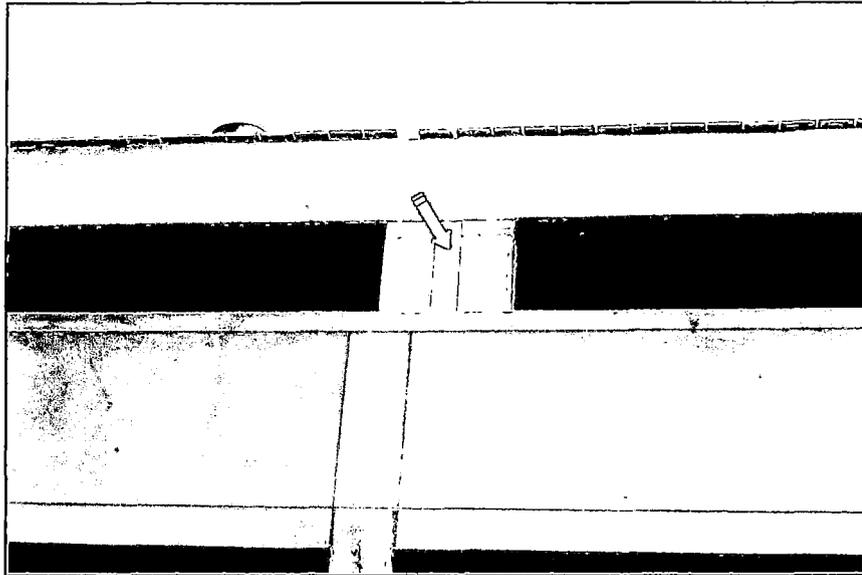


Foto 3.50 Junta fría.

Junta fría no ubicada adecuadamente. Como se observa, el nivel del vaciado de la columna es hasta el fondo de la viga transversal a esta columna.

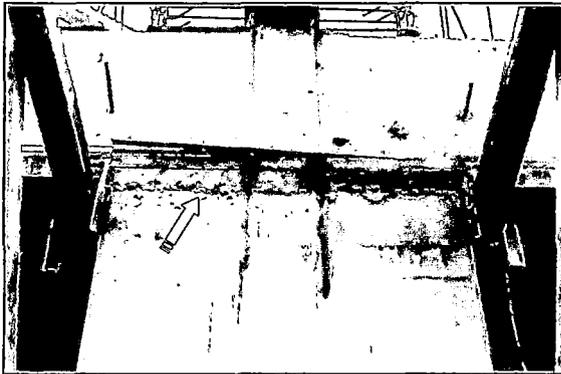


Foto 3.51 Junta fría.

Vista más cercana de una junta fría por el mismo motivo ya comentado en la foto N° 3.50.

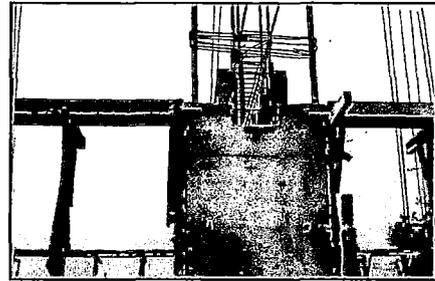


Foto 3.52 Junta fría bien ejecutada.

Una de las formas de dejar el vaciado de la columna para evitar las juntas.

En este caso, se harán bruñas entre el vaciado de la columna y las vigas transversal y longitudinales.

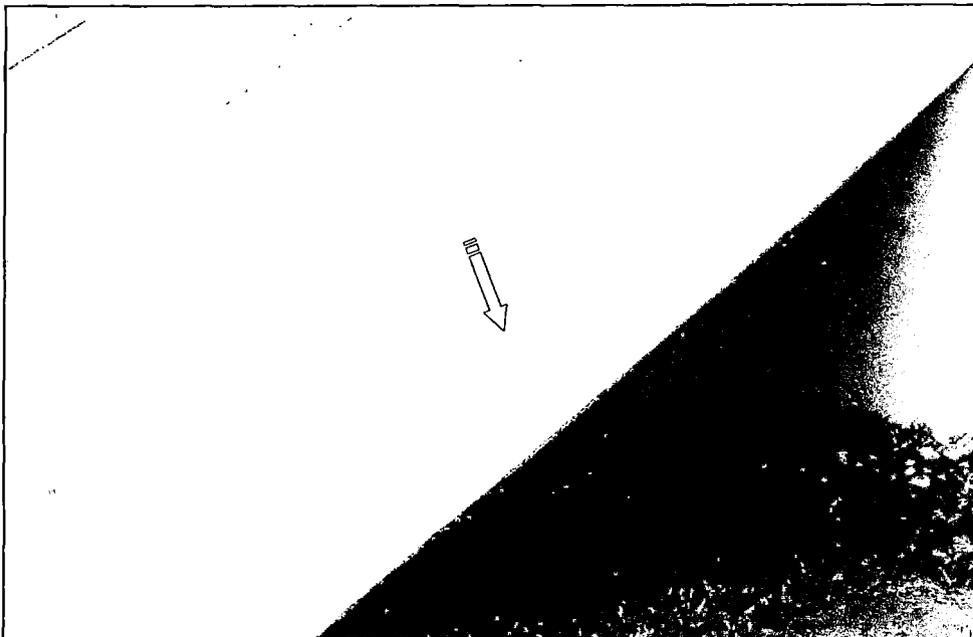


Foto N° 3.53 Junta fría.

Junta fría ya tratada, entre la escalera y el parapeto lateral. A pesar del resane, se observa la huella de los pasos y contrapasos.

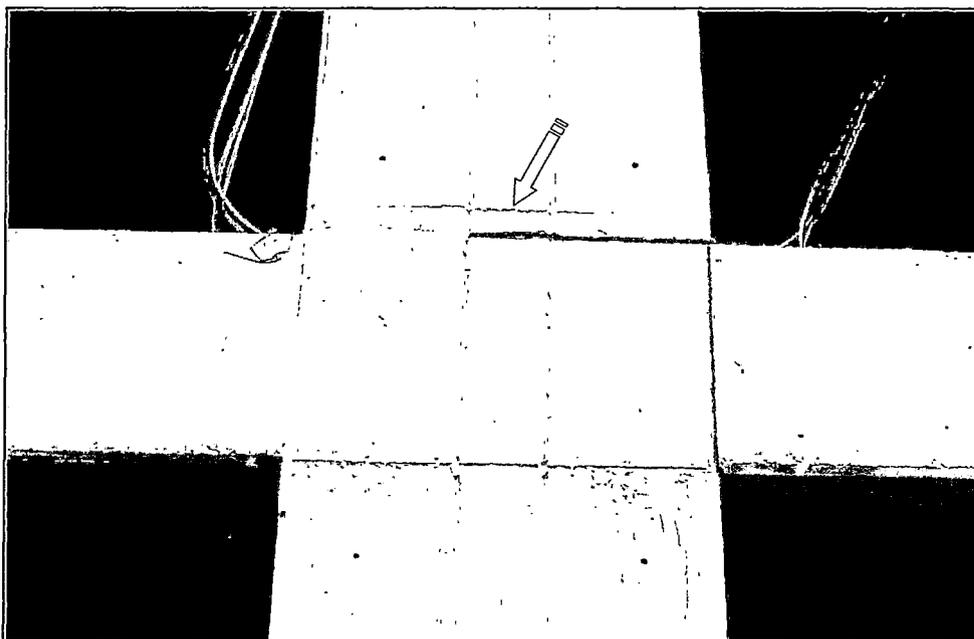


Foto 3.54 Junta fría.

Junta fría de separación en la columna; la capa de 5 cm. es el dado de concreto que tiene como función dar estabilidad a los paneles del encofrado. (Ver foto N° 3.11). También se observa el reguero de la lechada de cemento sobre la columna inferior.

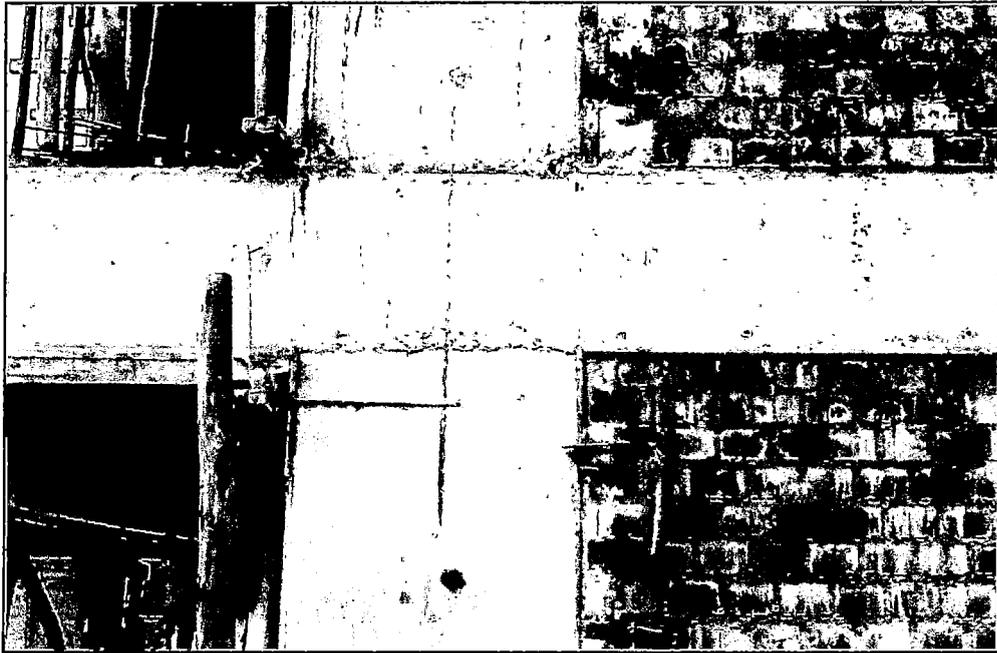


Foto N° 3.55 Junta fría.

Junta fría entre columna y viga sin el debido tratamiento, es decir, sin las bruñas correspondientes para disimular estas juntas.

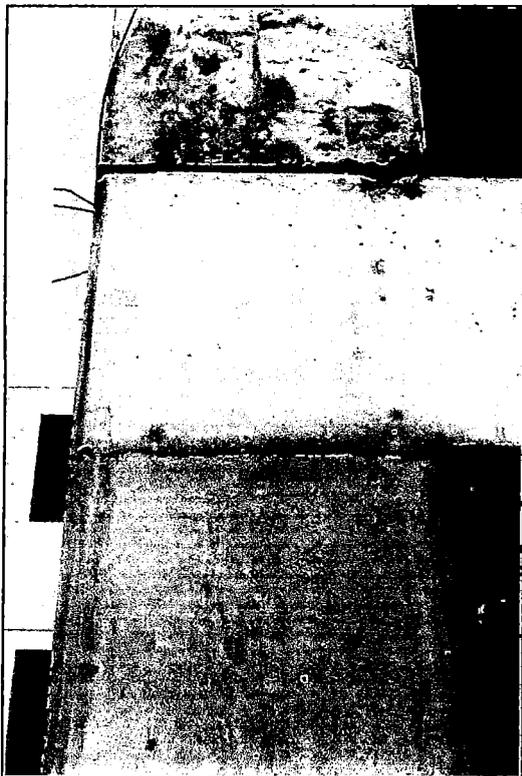


Foto N° 3.56 Junta fría.

Juntas entre columna y viga. Se aprecia la bruña en la junta superior; sin embargo, no hay bruña en la junta inferior.

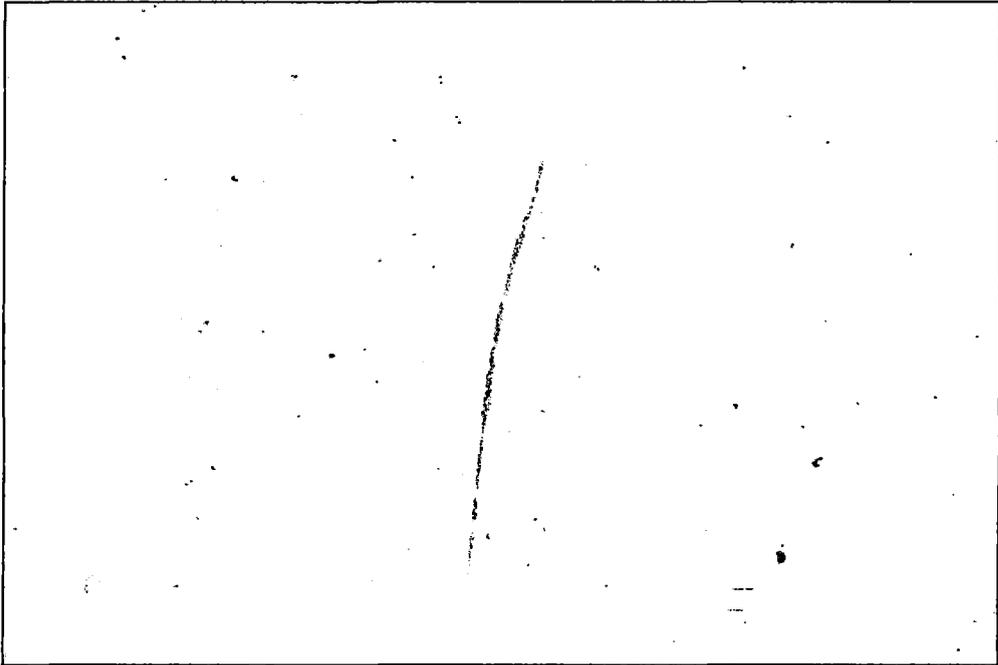


Foto N° 3.57 Rayado.

Raya en la superficie del concreto, por la raspadura del vibrador en la cara del encofrado durante la compactación del concreto.

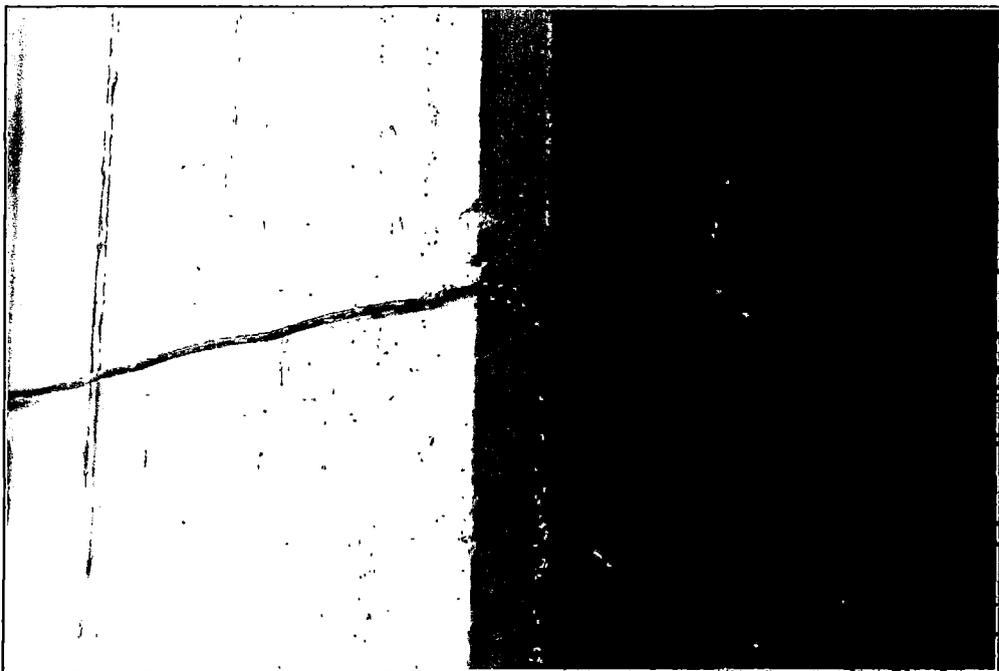


Foto 3.58 Lesiones.

Lesiones en las esquinas ochavadas, debido a una acción externa, en este caso del alambre de sujeción, luego del desencofrado.

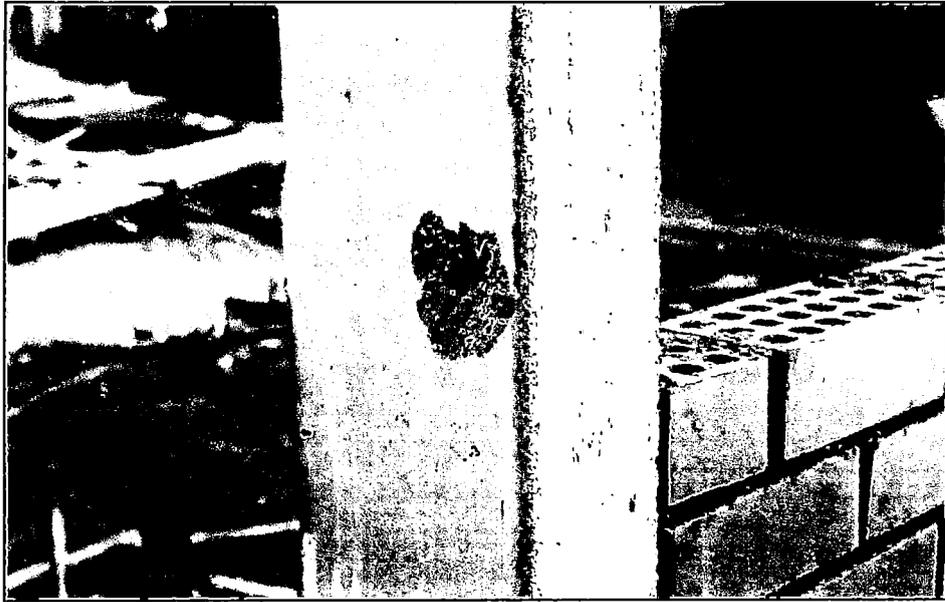


Foto N° 3.59 Lesiones.

Superficie lesionada, debido al traspaso de la broca utilizada para la perforación del concreto, agujero que servirá para introducir la mecha de alambre en cada 2 hiladas de ladrillo.



Foto N° 3.60 Lesiones.

Picado de la columna para anclar el cerco metálico al acero de la columna.

La reparación de estas lesiones con cualquier material siempre deja huella.

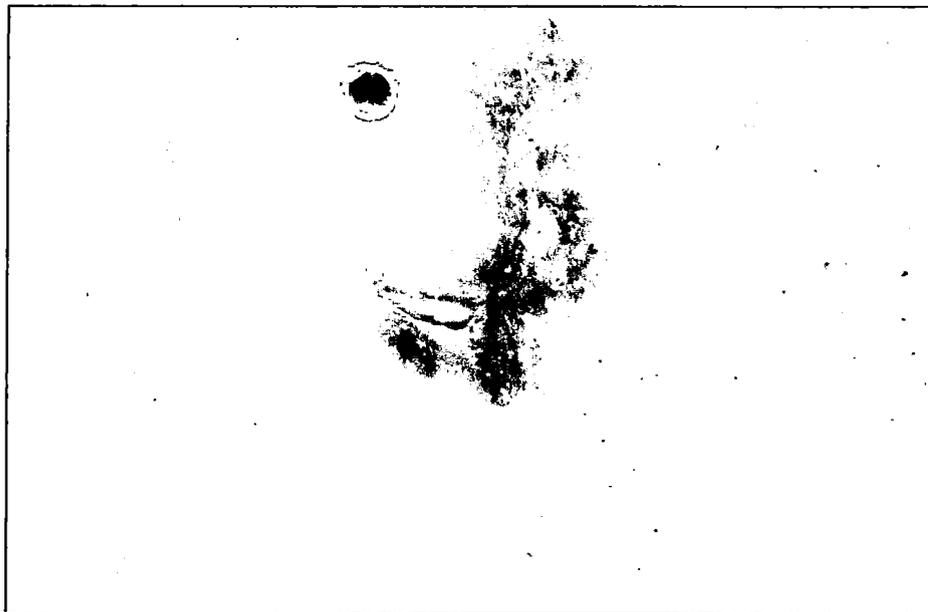


Foto N° 3.61 Lesión.

Presencia de un agregado extraño en la superficie del concreto, alterando la estética del conjunto.

La causa de esto es la falta de limpieza en el acopio de los agregados.



Foto N° 3.62: Desconchados.

Desconchados presente por la adherencia del concreto al encofrado.

La causa de esto es que al momento del vaciado del concreto, el desmoldante del encofrado no está debidamente seco.

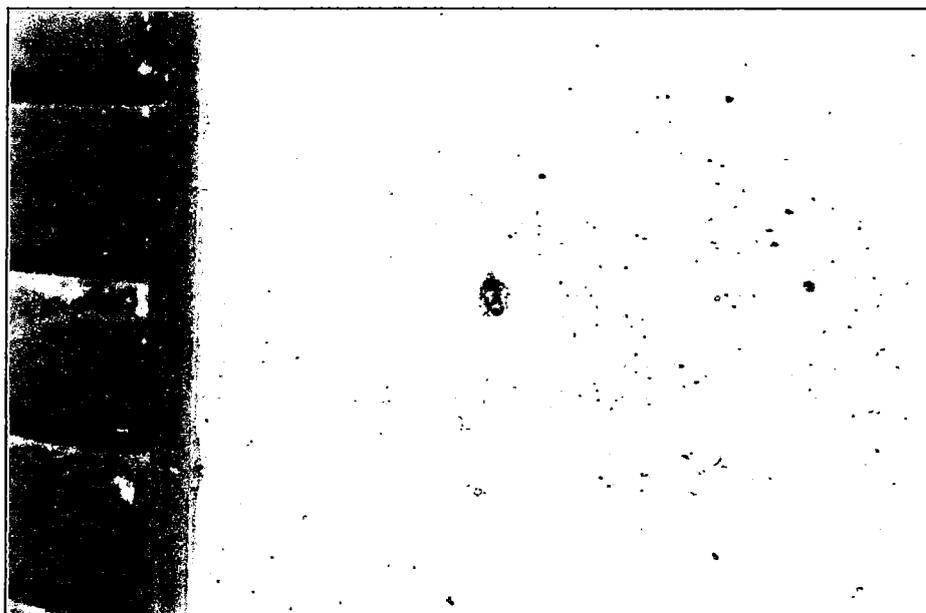


Foto N° 3.63 Lesiones.

Superficie dañada por el corte de los alambres de amarre de los encofrados.



Foto N° 3.64 Lesiones.

Alambres de amarre de encofrado expuestos en la superficie del concreto.

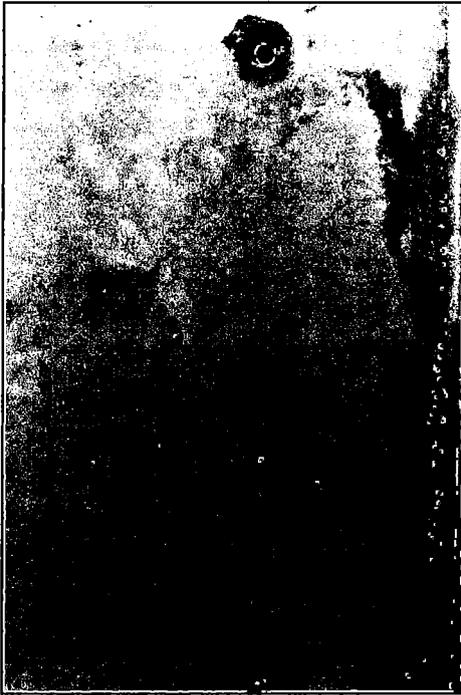


Foto N° 3.65 Lesión.

Foto N° 3.65:

Desprendimiento en zona adyacente a un agujero de pase del perno de sujeción del encofrado.

Esto es debido a la falta de cuidado en el momento del desencofrado.

Fotos N° 3.66 y 3.67:

Vista de los rodones (que dan forma al ochavo) adheridos al concreto.

El concreto es penetrado en la junta entre el rodón y el panel del encofrado debido a la falta de impermeabilidad en esta junta.

- En una columna: foto 3.66.
- En una viga: foto 3.67.



Foto N° 3.66 Lesiones.



Foto N° 3.67 Lesiones.



Foto N° 3.68 Reflejo del encofrado.

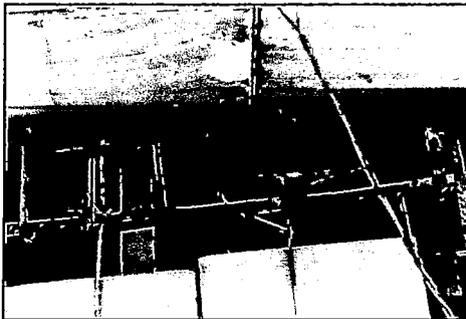


Foto N° 3.68:

Reflejo en el concreto de las juntas en los empalmes de los "triplays" de encofrados.

Foto N° 3.69 (Izquierda):

Vista de la junta antes de la colocación del concreto.

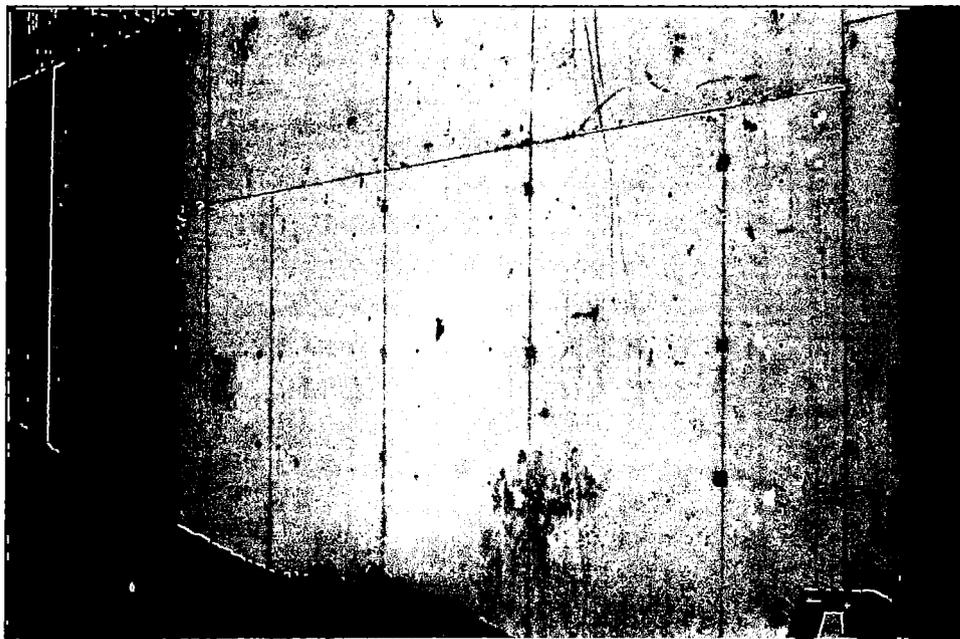


Foto N° 3.70 Reflejo del encofrado.

Vista de las juntas entre los "triplays" en un elemento estructural de gran tamaño, como es una placa en este caso.

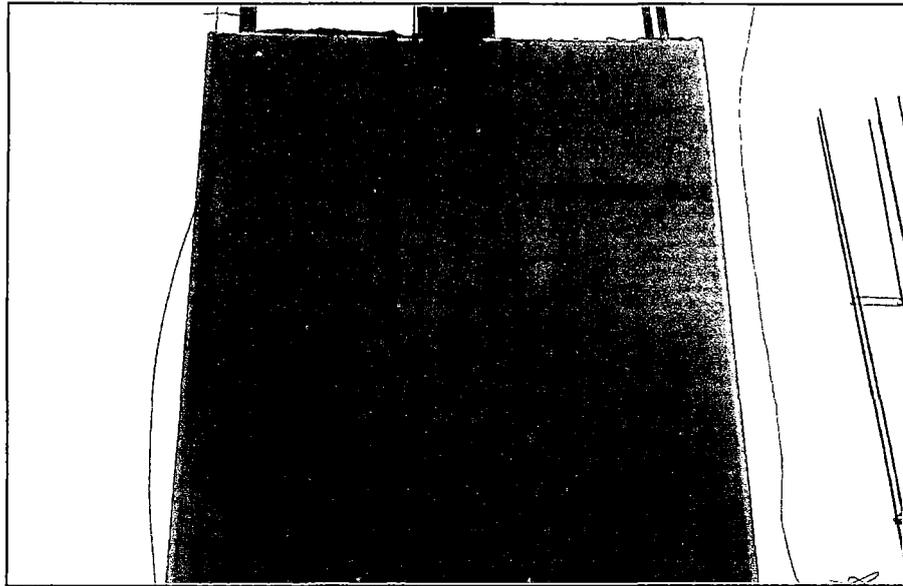
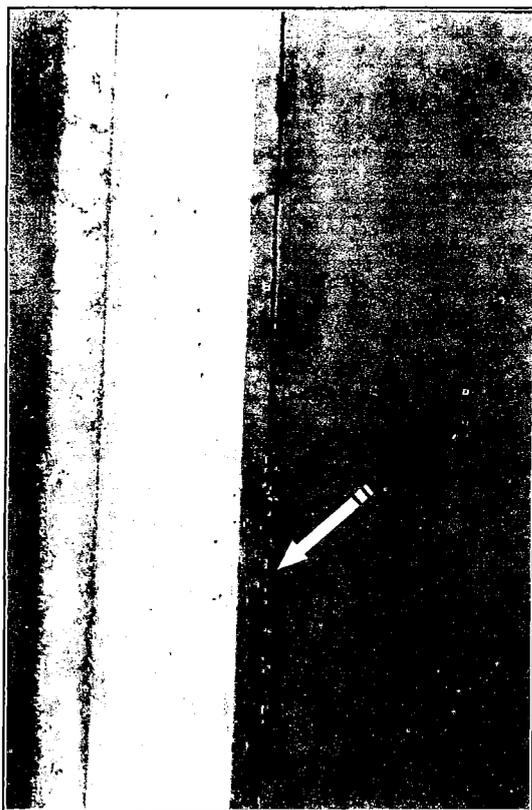


Foto 3.71 Reflejo del encofrado.

Huella de la cinta adhesiva utilizada para sellar la junta entre los "triplays" de un panel.



**Foto N° 3.72
Reflejo del Encofrado.**

Huella de la cinta adhesiva utilizada para sellar la junta de la esquina de una columna.



Foto N° 3.73 Reflejo del encofrado.

Vista de la viga superior con las juntas moduladas en forma desordenada.

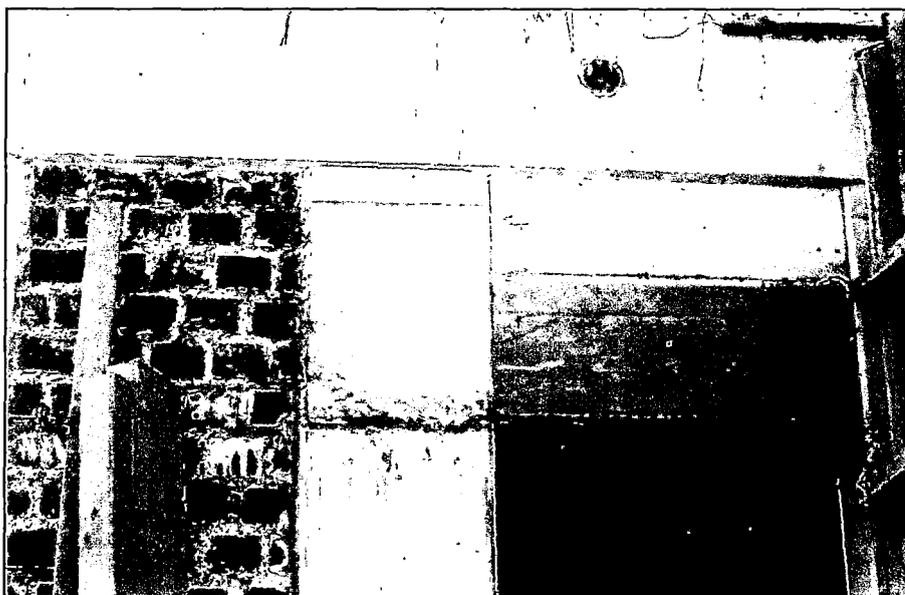


Foto N° 3.74 Reflejo del desmoldante.

Vista del mal aspecto de la viga dintel y la columna encofrada con retazos de distintos tamaños. Se observa asimismo, un paño con tonalidad más oscura porque se ha utilizado madera convencional, sin la aplicación del desmoldante.



Foto N° 3.75 Reflejo del encofrado.

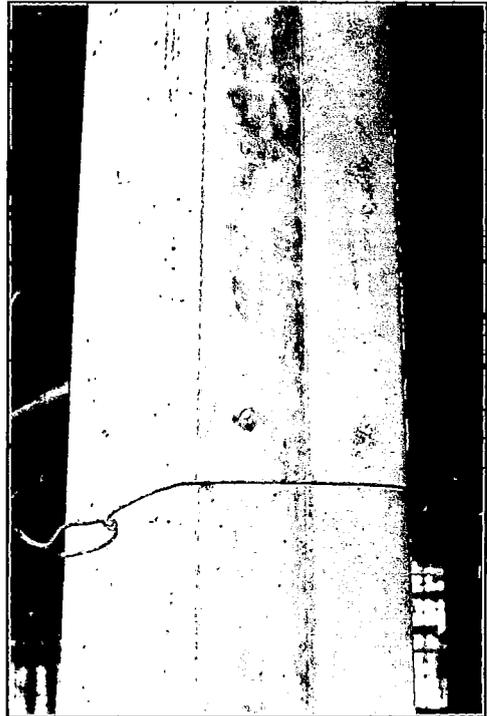


Foto N° 3.76 Reflejo del encofrado.

Foto N° 3.75:

Vista de las huellas de las irregularidades en la superficie del concreto causadas por los agujeros presentes en el encofrado.

Se aprecia asimismo, las huellas de las hebras de la brocha utilizada en la aplicación del desmoldante.

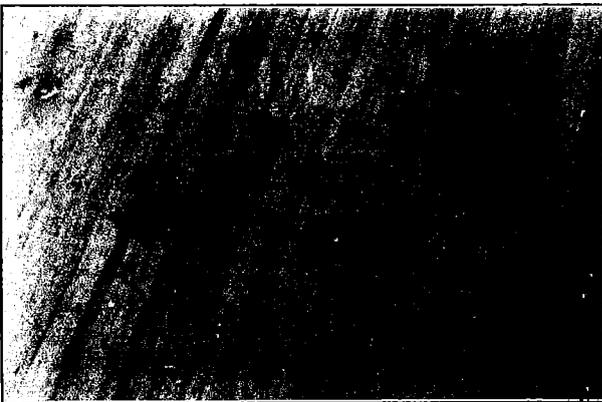


Foto N° 3.77 Irregularidades de un panel.

Vista de las irregularidades de un panel del encofrado. Los agujeros fueron taponeadas con tarugos, y luego masilladas. A pesar de esto, no se ha conseguido una superficie totalmente lisa.

Foto N° 3.76:

Protuberancias presentes en la columna. Se utilizó encofrado metálico para este elemento.

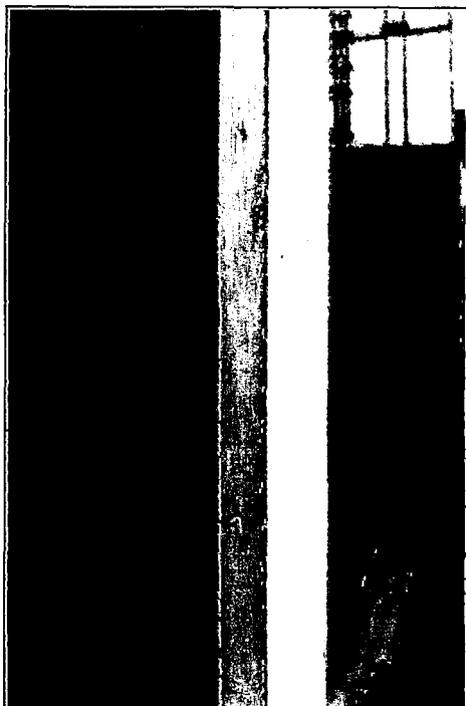


Foto N° 3.78 Reflejo del encofrado.



Foto N° 3.79 Reflejo del encofrado.

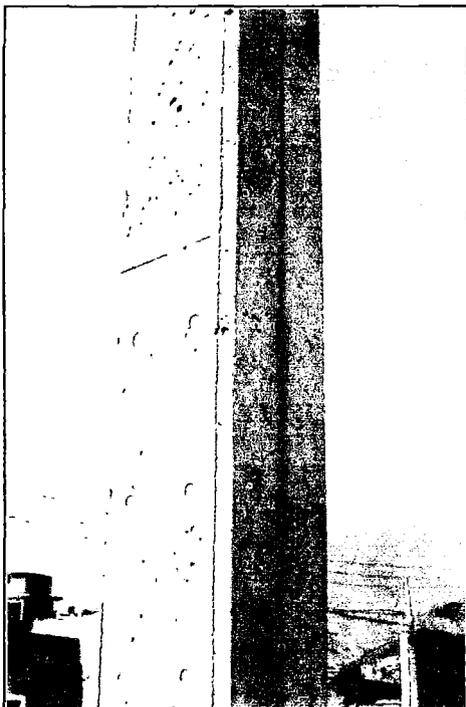


Foto N° 3.80 Reflejo del encofrado.

Foto N° 3.78:

Cavidades producidos por las cabezas de los clavos sobresalientes en los rodones.

Se aprecia también el reflejo de las fibras de la plancha de "triplay".

Foto N° 3.79:

Huella de las fibras de la plancha de "triplay", debido a la falta de lijado de la madera.

Foto N° 3.80:

Columna encofrado con paneles de metal. Se observan depresiones por los resaltos en el encofrado y también las juntas entre paneles.



Foto N° 3.81 Exposición del acero.

Vista del acero del estribo sobresalido fuera de la columna debido a la insuficiente cantidad de separadores de concreto.



Foto N° 3.82 Marmoleado.



Foto N° 3.83 Marmoleado.

Fotos 3.82 y 3.83: Columnas con superficie marmoleada. Aparentemente, esto es producido por las concentraciones de aditivo plastificante utilizado en el concreto (de color café oscuro y de mayor densidad que el agua), y es por la falta de homogeneidad en la mezcla del concreto.

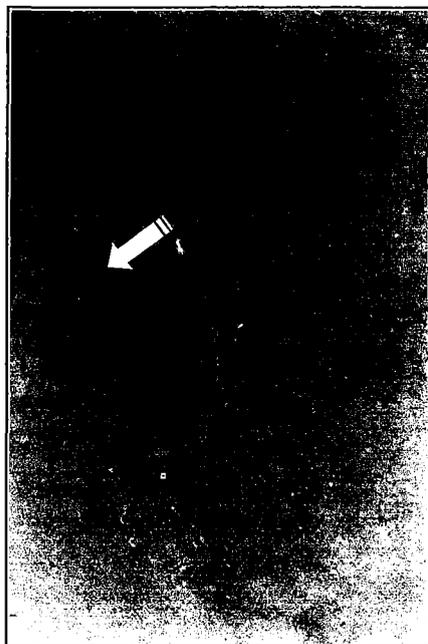


Foto N° 3.84 Reflejo del desmoldante.

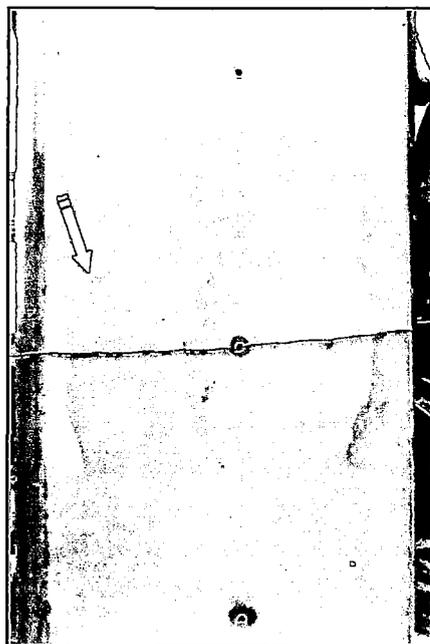


Foto N° 3.85 Reflejo del desmoldante.

Fotos N° 3.84 y 3.85: Dos vistas de superficies de concreto con huellas dejada por la laca desmoldante en el encofrado. De estas vistas se deduce que la laca ha chorreado durante el tiempo de secado.



Foto N° 3.86 Reflejo del desmoldante.

Vista donde se observa la falta de uniformidad en la aplicación del desmoldante en el encofrado, apreciándose las huellas de las hebras de la brocha utilizada.

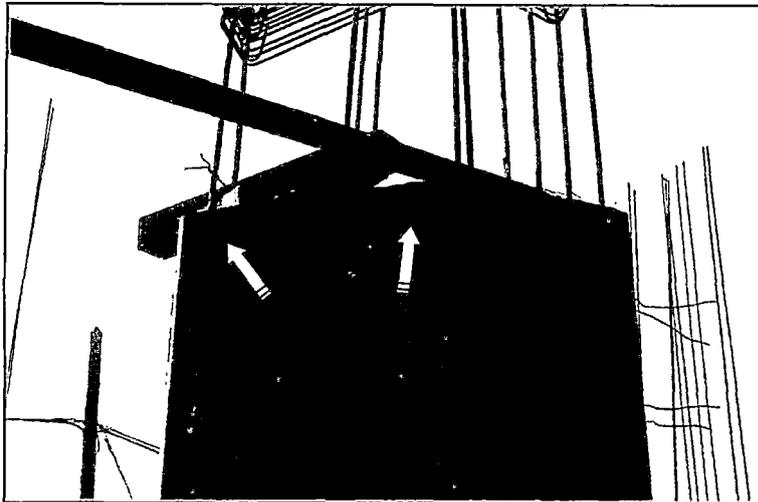


Foto N° 3.87
Huella de los
espaciadores.

Huella de los separadores de concreto con una tonalidad más oscura.

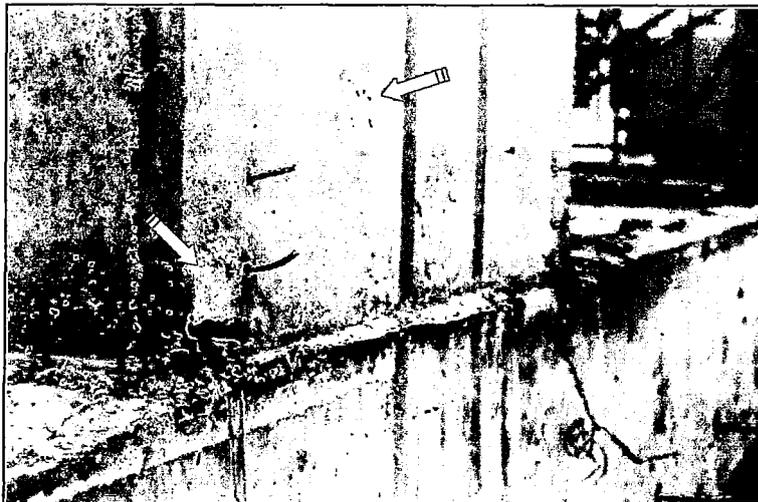


Foto N° 3.88
Huella de los
espaciadores.

Otra vista del contraste de colores entre los espaciadores de concreto con el concreto expuesto. También se observa alambres de amarre del encofrado, vacíos superficiales y un mal tratamiento de juntas.

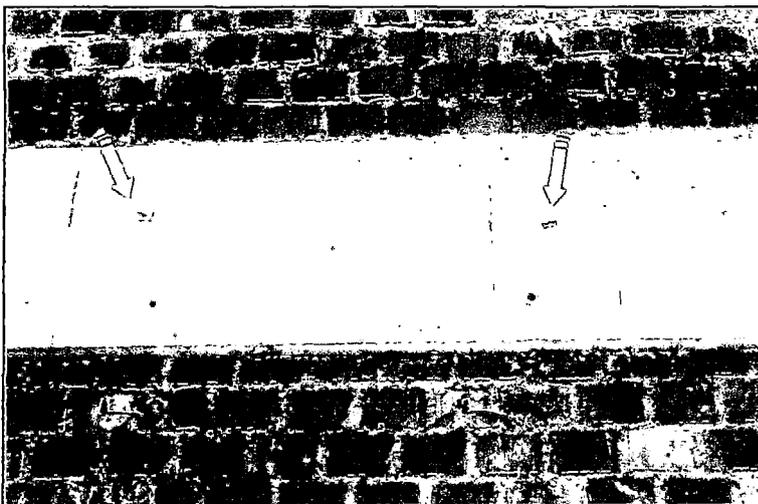


Foto N° 3.89
Huella de los
espaciadores.

Vista donde se aprecia los "tacos" de madera utilizadas como separadores. Estos "tacos" ha debido ser de concreto.



Foto N° 3.90 Variación de color.

Causada por una distinta proporción de materiales o de la relación a/c para concreto hecho en obra y son ocasionadas por distintas etapas en la colocación del concreto.



Foto N° 3.91 Variación de color.

Vista de una viga con una área oscura que corresponde exactamente al área de un panel. Esto es producido por la acción química del desmoldante sobre el concreto fresco. En este caso, no ha estado debidamente seco al momento del vaciado del concreto.



Foto N° 3.92 Variación del color.

Vista de una columna con los mismos efectos comentadas en la foto 3.91, pero el que se ha pretendido eliminar mediante el lijado.



Foto N° 3.94 Manchas en la superficie.



Foto N° 3.93 Manchas en la superficie.

Fotos N° 3.93 y 3.94:

Manchas en la superficie por múltiples razones.

Adicionalmente, en la foto 3.94 se aprecia que la columna no tiene las aristas en forma de ochavos.

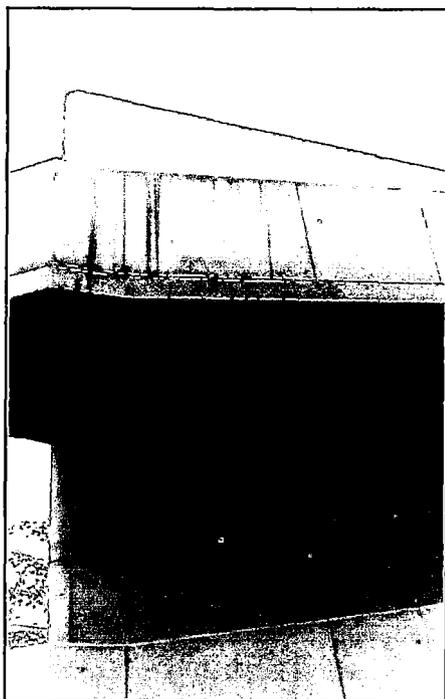


Foto N° 3.95 Reguero de agua pluvial.

Foto N° 3.95:

Acción de lavado de la lluvia sobre la superficie del concreto, en forma de reguero.



Foto N° 3.96 Restos de mortero.

Viga con residuos de mortero salpicado por el tarrajeo del cielo raso.

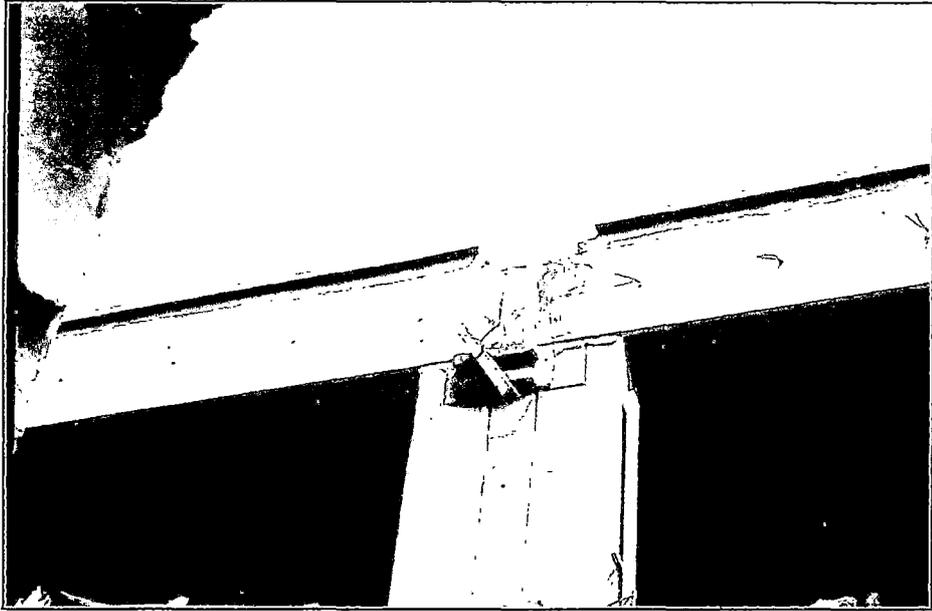


Foto N° 3.97 Mancha sobre la superficie.

Mancha de grasa o de aceite. En este lugar, es muy posible que se haya instalado el winche.

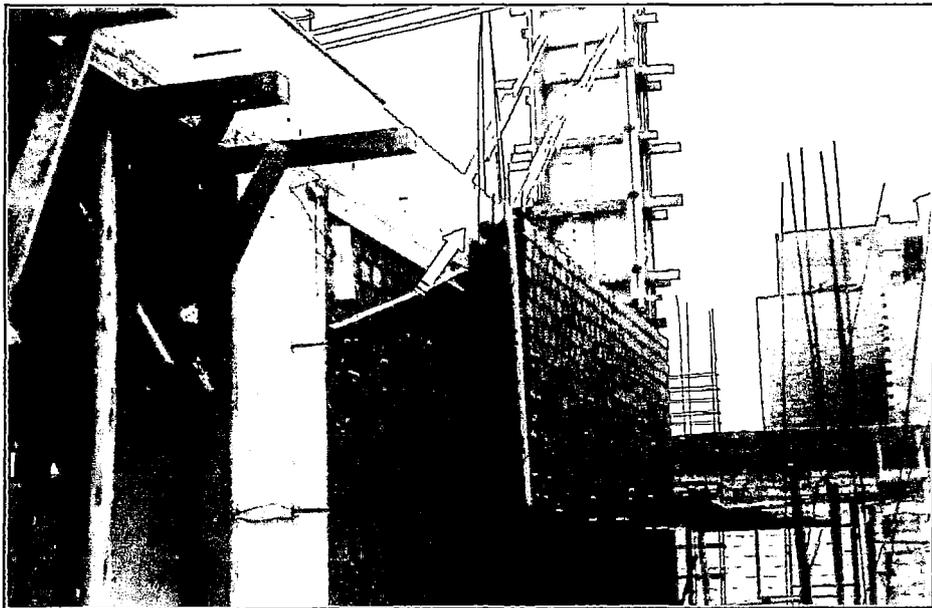


Foto N° 3.98 Viga de concreto expuesto escondida.

Vista de una viga de concreto expuesto escondida tras un muro de albañilería.



Foto N° 3.99 Falta de bruña.

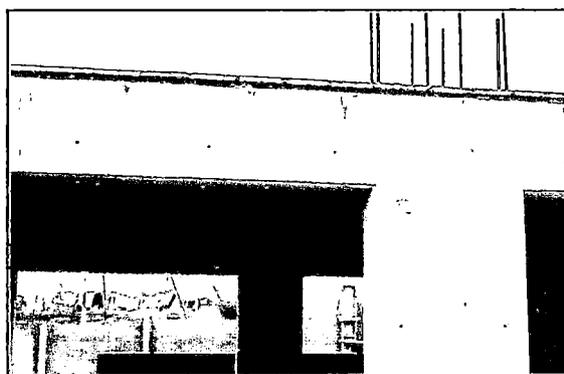


Foto N° 3.100 Falta de bruña.

Fotos N° 3.99 y 3.100:

Dos vistas de encuentro entre vigas y columna sin bruña, las bruñas disimulan las juntas frías entre dos etapas del vaciado.

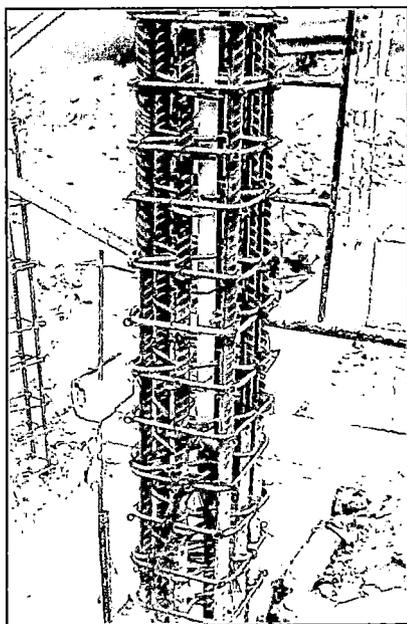


Foto N° 3.101 Concentración del acero de refuerzo.

Alta concentración de la armadura de refuerzo dificultando la compactación del concreto.



Foto N° 3.102 Columna esbelta.

Esbeltez de columnas de amarre, lo cual impide la inmersión del vibrador.

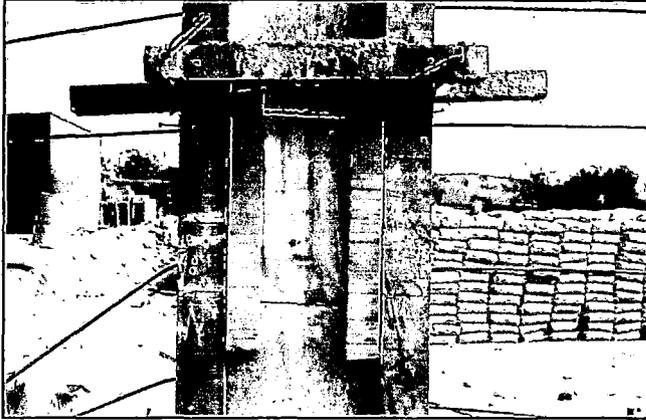


Foto N° 3.103 Ventana en columna.

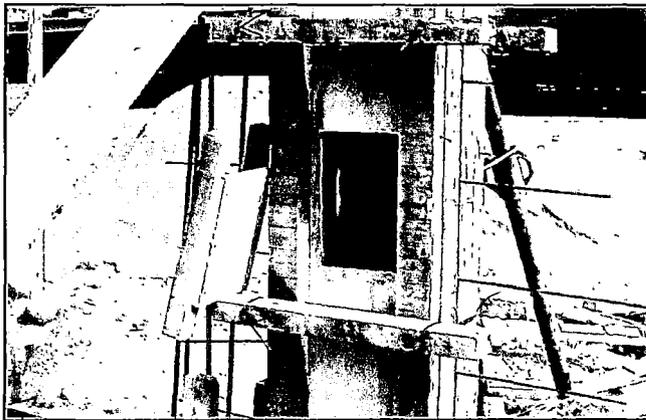


Foto N° 3.104 Ventana en columna.

Fotos N° 3.103 y 3.104:

Dos vistas de una ventana en una columna de amarre que sirve para introducir el vibrador facilitando la compactación del concreto, esto es debido a que una de las dimensiones de esta columna es muy pequeño.

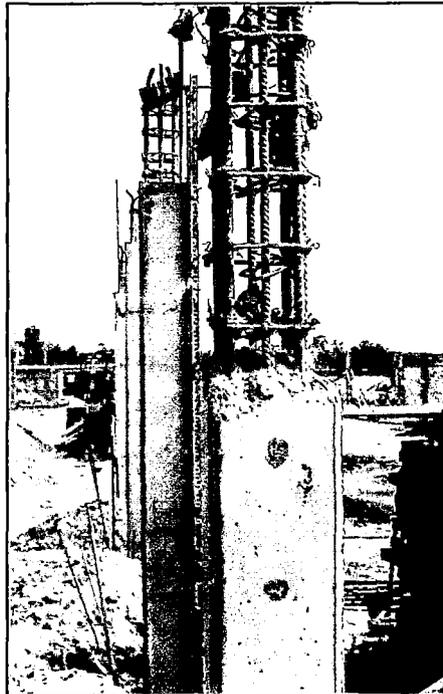


Foto N° 3.105 Columna demolida.

Columna parcialmente demolida debido a la omisión de una ménsula en la parte superior, durante el proceso constructivo.

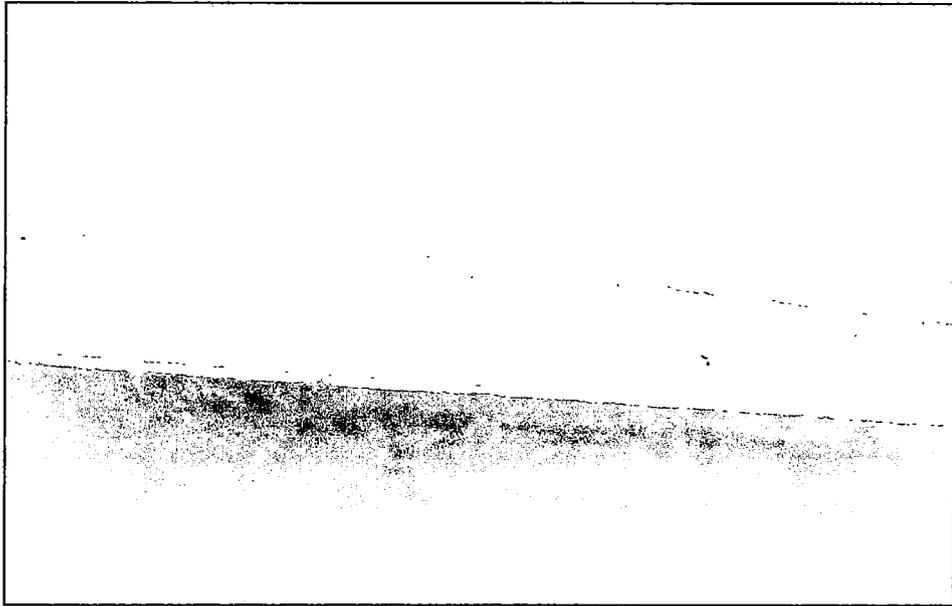


Foto N° 3.106 Arista corregida.

Vista de los agregados expuestos en la zona del ochavo en una viga. Este ochavo fue corregido con una amoladora, posterior al desencofrado.

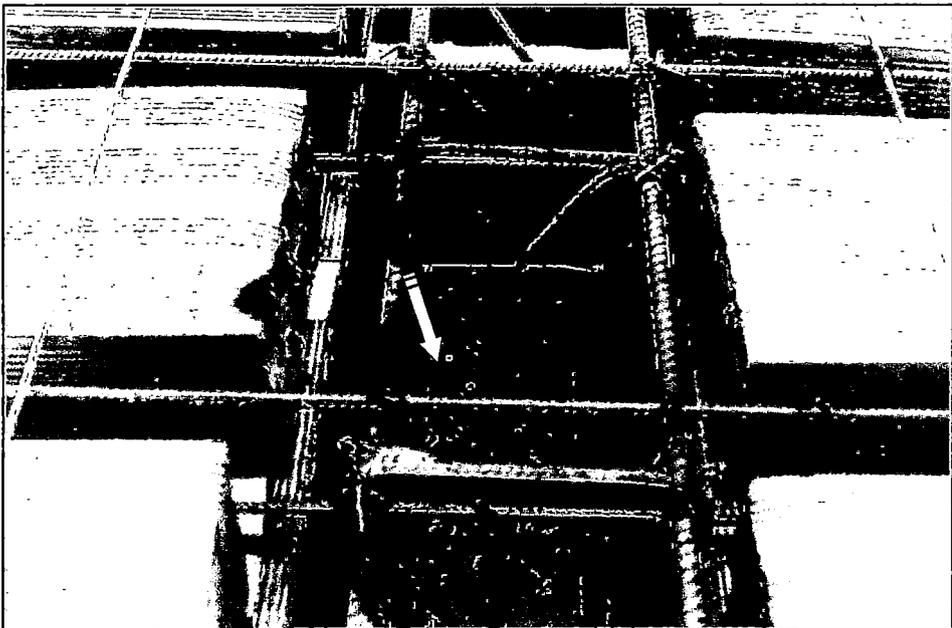


Foto N° 3.107 Suciedad en fondo del encofrado.

Presencia de suciedad en el fondo de viga, antes de proceder a la colocación del concreto.

CAPITULO IV

ESTUDIO DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL LOGRO DE UN BUEN CONCRETO EXPUESTO DEL TIPO LISO

Como ya se ha mencionado en el Capítulo I, el concreto expuesto es aquel que una vez desencofrado, queda expuesto permanentemente y, por consiguiente, requiere de un cuidado especial en la selección y tratamiento de la madera para el encofrado y de los materiales que se va a utilizar para la preparación del concreto. Asimismo, se debe tomar todas las previsiones necesarias durante la colocación y consolidación del concreto, a fin de obtener la apariencia arquitectónica deseada, lo cual desafortunadamente no siempre ocurre.

Con la finalidad de alcanzar tales objetivos, en este capítulo se estudiará los factores que influyen para el logro de un buen concreto expuesto del tipo liso, para lo cual se tomará en consideración fundamentalmente la información obtenida de las visitas a las obras y las de un adecuado procedimiento constructivo.

Los factores a considerar son los siguientes:

- 1.- Cemento.
- 2.- Agua.
- 3.- Agregados.
- 4.- Encofrados.
- 5.- Criterios de diseño en los proyectos.
- 6.- Procesos constructivos.
- 7.- Mantenimiento.

4.1 INFLUENCIA DEL CEMENTO.-

La principal influencia del cemento en el concreto expuesto es en la tonalidad del color en la apariencia final; por tanto, es importante mantener bien conservado el cemento antes de su uso y mantener constante la relación a/c en la mezcla durante la ejecución de la obra.

Las siguientes indicaciones se deben tomar en cuenta para un tratamiento adecuado de este material:

- 1.- Se debe verificar que el contenido de las bolsas de cemento sea de 1 pie cúbico y que debe pesar 42.50 Kg. Esta verificación puede ser por muestreo.
- 2.- El cemento debe conservarse seco, para lo cual debe cuidarse no sólo de la acción de la humedad directa sino además tener en cuenta la acción del aire húmedo. No debe aceptarse bolsas deterioradas o que manifiesten señales de endurecimiento del cemento.
- 3.- Se debe utilizar el mismo tipo de cemento y en lo posible, de la misma tanda de compra para evitar posibles diferencias de tonalidades en el concreto expuesto.
Por la información recabada en la visita a las obras materia de esta tesis de investigación, algunos profesionales indican que concretos hechos con cemento "Andino" se obtienen colores más claros que con cementos "Sol", siendo ambas del tipo I.
- 4.- El uso de concreto pre-mezclado para concretos expuestos arroja tonalidades algo más oscura, la causa probable es que el cemento a granel es más fresco que el cemento embolsado.
- 5.- Otro aspecto que interviene en el color de la superficie es el contenido de cemento por metro cúbico de concreto, así como también la relación

agua-cemento. Por lo que no se debe especificar diferentes resistencias del concreto entre columnas y vigas. Un aumento de la cantidad de agua tiene por efecto bajar la intensidad del color del concreto.

- 6.- Desde el punto de vista de trabajabilidad, los cementos puzolánicos otorgan mayor plasticidad al concreto para una misma relación a/c respecto a concretos diseñados con cementos normales del Tipo I.

4.2 INFLUENCIA DEL AGUA.-

La influencia del agua de mezcla en el concreto expuesto es igualmente en la tonalidad final del color. En general, como ya se ha mencionado en la parte correspondiente al cemento (Ver sub-capítulo 4.1) se debe mantener constante la relación a/c de la mezcla y el agua debe ser potable. También debe ser potable el agua de lavado de los agregados y de curado del concreto. En general, se deben seguir las siguientes indicaciones:

- 1.- El agua para la mezcla del concreto puede ser toda aquella reconocida como potable, con propiedades colorantes nulas, clara, libre de azúcares, de material orgánico y de aceites.

Una regla empírica consiste en establecer su habilidad para el consumo humano, ya que lo que no daña al hombre, no daña al concreto.

- 2.- Los efectos más perniciosos que pueden esperarse de aguas de mezcla con impurezas son: retardo en el endurecimiento, reducción de la resistencia, manchas en el concreto endurecido, eflorescencias, contribución a la corrosión del acero, etc.
- 3.- No se debe utilizar de ninguna manera agua de mar como agua de mezclado para el concreto expuesto, porque tiende a ocasionar eflorescencia.
- 4.- El agua pura y el agua de lluvia no deben ser empleadas en la elaboración del concreto porque éstas tienden a deslavar la cal contenida en el cemento.
- 5.- El lavado de las partículas de agregado grueso, el humedecimiento de los encofrados antes del vaciado del concreto, así como el agua del curado, debe realizarse con agua potable.

4.3 INFLUENCIA DE LOS AGREGADOS.-

Los agregados en el concreto, si bien es cierto, es considerado como material inerte en la mezcla; aparte de cumplir propiedades resistentes, esta debe cumplir ciertas condiciones para el logro de un buen acabado del concreto expuesto, tales como la limpieza misma de este material, principalmente el agregado fino, una granulometría continua del agregado grueso para un buen acomodo y que ofrezca una trabajabilidad óptima al concreto fresco.

Las siguientes indicaciones se deben tomar en cuenta para una selección adecuada de los agregados:

- 1.- Los agregados deben ser de una misma cantera y mantener en lo posible regularidad en la granulometría para toda la obra.
- 2.- Los agregados fino y grueso, no deben tener ningún tipo de elementos contaminantes, tales como:
 - a) Impurezas orgánicas.
 - b) Partículas livianas.
 - c) Partículas deleznales.
- 3.- Los agregados seleccionados deben ser procesados, transportados, manipulados y almacenados de manera tal que se garantice que no se producirá contaminación por sustancias extrañas o por sustancias orgánicas, y que no se presentará segregación importante en ellos, principalmente con el agregado grueso.

4.3.1 AGREGADO FINO:

- 4.- La limpieza del agregado fino es muy importante, ya que el color y el tono del concreto, lo determina fundamentalmente el color del agregado fino, pues éste conforma con el cemento y el agua, la pasta del concreto que es la que, con un correcto proceso constructivo, queda a la vista al retirar las formaletas.

4.3.2 AGREGADO GRUESO:

- 5.- Una de las consideraciones que se toman para evitar la presencia de las llamadas “cangrejeras”, son las limitaciones al tamaño del agregado que indica el R.N.C. y que no debe ser mayor de:
- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado.
 - 1/3 del peralte de la losa.
 - 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las varillas o paquetes de varillas.
- 6.- No es frecuente en el Perú y mucho menos en Lima; sin embargo se debe tomar en consideración en la prevención de la reacción química de agregados con los álcalis del cemento (óxidos de sodio y de potasio), ya que esto genera fisuración en el concreto a una velocidad muy lenta.

La reacción álcali – agregados comprende lo siguiente:

a) Alkali - Sílice:

Minerales reactivos: Opalo, calcedonia, cristobalina, tridimita, vidrios silíceos, etc.

b) Alkali – Carbonato:

Minerales reactivos: Dolomitas calcíticas, calizas dolomíticas.

En el Perú no se cuenta con un estudio de yacimientos de agregados a nivel nacional.

4.4 INFLUENCIA DEL ENCOFRADO.-

La influencia del encofrado en el concreto expuesto del tipo liso es quizás el más importante de entre todos los factores. Debido a que el concreto es el fiel reflejo de las formas, estas deben ser selectas y tratadas convenientemente antes del encofrado, tanto en la aplicación de la laca desmoldante, durante el encofrado la cual estas debe resistir las cargas de gravedad, presión del concreto y cargas eventuales, y después en el desencofrado cuidando de no dañar el concreto expuesto.

Durante la erección de los encofrados, además de ser resistentes, estas deben estar dentro de 1/3 o 1/4 de la tolerancia admisible del concreto terminado y también deben ser totalmente impermeables en los acoples, para evitar la fuga de la lechada de cemento.

Las siguientes indicaciones se deben tomar en cuenta para un tratamiento adecuado de los encofrados:

- 1.- En el trazo y replanteo, la nivelación y el trazo por ejes completos de las columnas, se debe realizar con mucho cuidado, de no ser así, se apreciará desalineamientos muy desagradables a la vista.
- 2.- Los encofrados a utilizarse para el concreto expuesto deben ser contruidos empleando madera laminada o contraplacada, los llamados "triplays", con un espesor mínimo de $\frac{3}{4}$ " o 19 mm. En el mercado peruano, existen de madera **Copaiba** y de **Lupuna**, con comportamientos muy similares de resistencia.

- 3.- Cuando el concreto expuesto tiene formas especiales, como es el caso de vigas o columnas circulares, el espesor del "triplay" a utilizar debe ser el mínimo, es decir, de 4 mm. de espesor, por la versatilidad para adaptarse a las formas requeridas. En este caso, la resistencia y rigidez del encofrado debe ser asegurada adecuadamente.

- 4.- Antes de cualquier tratamiento a la madera nueva, se tiene que verificar si hay presencia de humedad en ella, de lo contrario esta debe secarse completamente para evitar eventuales pandeos y deformaciones. Si hay presencia de humedad, el desmoldante a aplicar no se adherirá a la madera.

- 5.- Con la finalidad de que las secciones y alineamientos del concreto terminado se mantengan dentro de las tolerancias admisibles, es importante que el encofrado cumpla con las siguientes características:
 - a) **Resistencia:** Para soportar con seguridad el peso y la presión lateral del concreto y las cargas de construcción.
 - b) **Rigidez:** Para evitar los pandeos y desalineamientos.
 - c) **Estabilidad:** Los puntales deben estar debidamente arriostrados y colocados en forma vertical, y el terreno debe contener la suficiente aptitud para absorber las cargas sin hundimientos.

- 6.- La deformación permisible en el encofrado del concreto expuesto deben ser de 1/3 a 1/4 de las tolerancias admisibles en el concreto terminado. A menos que otros valores sean establecidos en los planos o en las especificaciones de obra, los valores de estas tolerancias son:
 - a) **Variaciones del aplomado de superficies de columnas y placas:**
 - Dentro de los 3 m. de longitud 6 mm.
 - En toda la longitud 20 mm.

- b) Variaciones del aplomado de aristas de columnas, placas y juntas:
 - Dentro de los 6 m. de longitud 6 mm.
 - En toda la longitud 12 mm.

- c) Variaciones en el alineamiento de aristas y superficies de vigas y losas:
 - Dentro de los 3 m. de longitud 6 mm.
 - Dentro de los 6 m. de longitud 10 mm.
 - En toda la longitud 20 mm.

- d) Variaciones en el alineamiento de dinteles expuestos y parapetos:
 - Dentro de los 6 m. de longitud 6 mm.
 - En toda la longitud 12 mm.

Fuente: "Recomendaciones para el Proceso de puesta en Obra de Estructuras de Concreto" por Enrique Rivva Lopez, pág. 110

- 7.- Los elementos de eucalipto usados como "pies derechos", si bien es cierto, que son muy resistentes, tiene ciertos inconvenientes para el encofrado de concreto expuesto, ya que por la dureza de la misma, no permite un buen clavado y origina problemas en la nivelación, principalmente en fondo de vigas peraltadas. El uso de cuñas es necesario en este caso.

- 8.- Para dar estabilidad a los paneles de los encofrados, con frecuencia se hacen dados de apoyo; estos dados dan el contorno firme alrededor del cual queda definida la forma de las columnas y sirven para evitar un eventual desplazamiento durante la erección y apuntalamiento de los encofrados. Esto facilita el trabajo de lograr una correcta escuadría (ángulo de 90°), la verticalidad en el aplomado y el alineamiento en su eje de las columnas. La mezcla de estos dados necesariamente debe tener la misma resistencia que el concreto de la columna. (Ver Foto N° 3.11)

- 9.- Para el masillado de los encofrados en la madera nueva, se debe seguir el siguiente procedimiento:

- a) Se lija el panel del "triplay" con lija N° 60 eliminando las asperezas.
- b) Se masilla los diferentes empalmes de los "triplays" dentro de un mismo panel y las irregularidades superficiales, poros y agujeros.
- c) Se deja secar durante dos horas. Una vez seco el panel, se pasa una lija N° 150 hasta que éste quede suave al tacto.
(En todos los casos se debe usar lija al agua)

10.- Para la aplicación de la laca desmoldante en los encofrados, la que hacen que el concreto no se adhiera al encofrado, se debe tomar en cuenta el siguiente procedimiento:

- a) Luego del lijado de la madera, se limpia los residuos de polvo.
- b) Se aplica una mano de laca en forma espesa, pero diluido con su disolvente en la proporción de 1 en 1/8.
- c) Se deja reposar por 2 a 3 horas dependiendo de la temperatura ambiental.
- d) Se aplica 4 veces el desmoldante diluido con su disolvente en la proporción que recomienda las especificaciones técnicas de cada marca y que generalmente es de 1:1.
- e) En cada aplicación del laca desmoldante, debe ser lo más uniforme posible, cuando las hebras de la brocha dejan huellas o donde hay zonas de mayor espesor, esta se refleja en diferentes tonalidades en la superficie del concreto.
- f) Se deja secar de 2 a 3 horas entre aplicaciones y tomando las precauciones para que el panel esté libre de partículas de polvo que pudieran adherirse a ella.

11.- El armado de las formas se procede pasadas, por lo menos, 24 horas de la última aplicación del desmoldante; esto no quiere decir que el

encofrado se realiza con la laca aún húmeda y esperar las 24 horas para el vaciado del concreto.

Cuando se realiza el encofrado estando aún húmedo, en el caso de las columnas, esto produce una falta de circulación de aire al interior de la misma, que dependiendo del clima, puede ocasionar un deficiente secado, y la consiguiente mala apariencia final en el concreto expuesto.

- 12.-** El tratamiento de los encofrados luego del primer uso y hasta el 4to. o 5to. uso aproximadamente, debe ser como sigue:
- a) Luego del desencofrado se procede a lijar el panel y se masilla las irregularidades.
 - b) Se vuelve a lijar el panel y se limpia los residuos de polvo.
 - c) Se procede a la aplicación de 3 veces más el desmoldante siempre con su disolvente en la proporción de 1:1, dejándose reposar de 2 a 3 horas entre cada aplicación y se procede a encofrar pasadas, por lo menos, 24 horas de la última aplicación.
- 13.-** Se aplica esmalte o barniz en los bordes de las planchas de “triplay” con la finalidad de evitar o minimizar la absorción de agua y lechada de agua y cemento en esta zona, los cuales ocasiona hinchazón provocando ondulaciones en los bordes.
- 14.-** Con la finalidad de impermeabilizar y evitar el escape de líquido y lechada de cemento por las esquinas ochavadas del encofrado, se sella con cinta adhesiva “Masking Tape” de 1 ½” o de 2” de ancho; y sobre esta zona se aplica el desmoldante.
- En este caso, el junquillo (una especie de listón biselada) debe estar perfectamente adherida o clavada a los paneles del encofrado. (Ver Fig. N° 4.1)

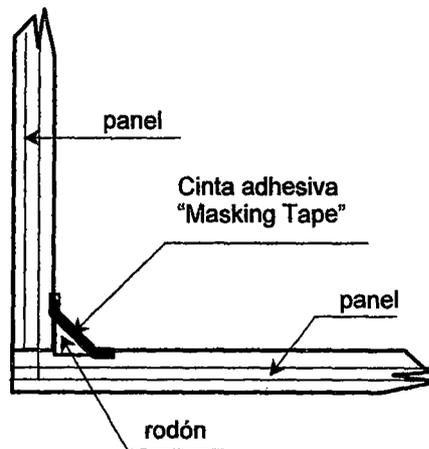


Fig. N° 4.1

- 15.- Otra manera de reforzar las juntas entre encofrados para evitar el escape de líquido, es insertar esponja o dulongillo entre estas juntas, tal como se puede apreciar en la Fig. N° 4.2.

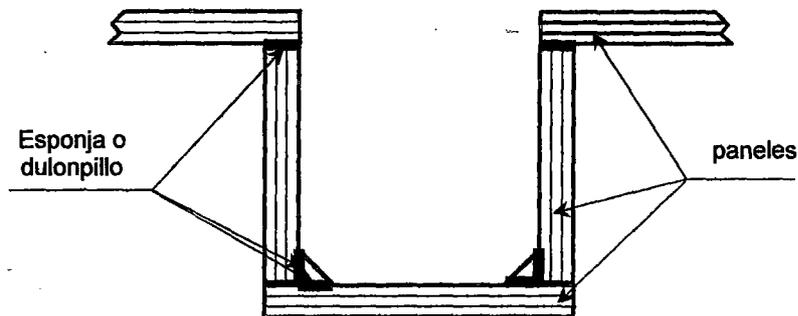


Fig. N° 4.2

- 16.- Cuando una de las dimensiones del elemento a vaciar es mayor que la dimensión del "triplay" (tamaño standard: 1.20 m. x 2.40 m.), es necesario empalmar dos o varias planchas para formar un panel, y para evitar que este empalme se refleje en la superficie del concreto, es recomendable además del masillado de esta junta, adherirle una cinta "Masking Tape", antes de aplicar el desmoldador. (Ver Fig. N° 4.3, pág. siguiente)

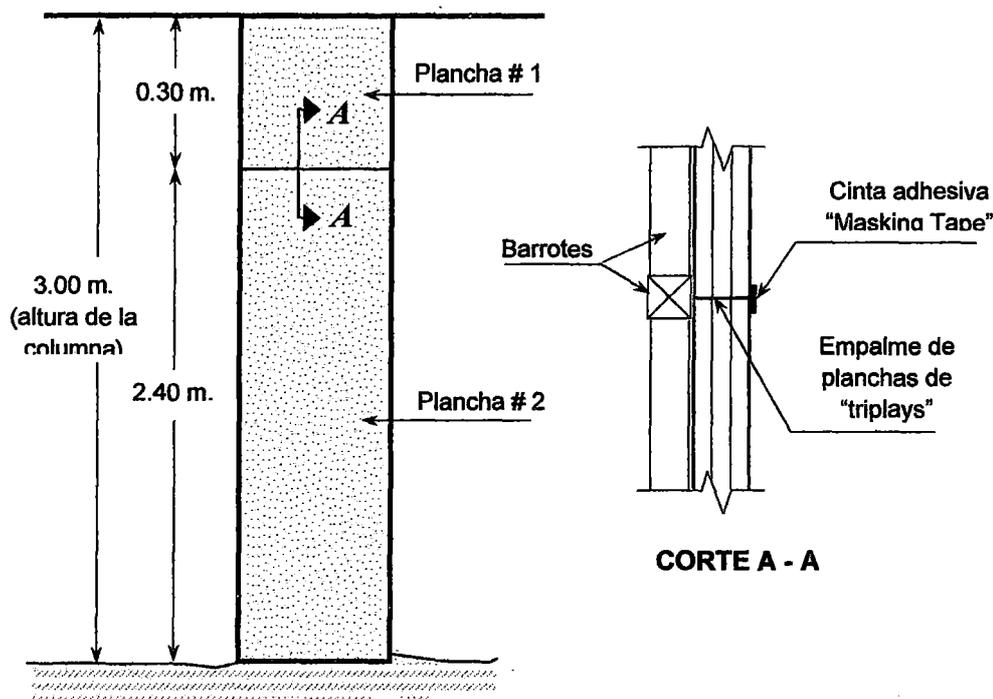


Fig. N° 4.3

- 17.- El rehuso de los paneles de los encofrados deben ser preferentemente en el sentido vertical, para que de esta manera exista coincidencia en el alineamiento de las juntas. Asimismo, la sistematización por el uso repetido de las formas permite abaratar los costos.
- 18.- Los elementos de sujeción de los encofrados, pernos u otros sistemas, hacen que la superficie del concreto se marquen los huecos u otras señales. Su ubicación deberá diseñarse para que guarde armonía y alineamiento, para que esta sea agradable a la vista. (Ver Fig. N° 4.4, pág. siguiente)
- 19.- Los paneles fabricados para columnas de una sección determinada, en lo posible, no deben ser destinadas a columnas de otra sección o a placas, ya que se reflejará las huellas de los huecos para pernos en forma desordenada en la superficie del concreto.

- 20.- Con un diseño correcto de encofrados, se evitará el amarre errático y el uso de alambres para atortolar; también se debe evitar el amarre de los encofrados traspasando el elemento de concreto; al momento del desencofrado, esto deja mechas causando lesiones posteriores en el concreto al momento de las reparaciones, la oxidación de estos alambres también afectará la superficie del concreto.

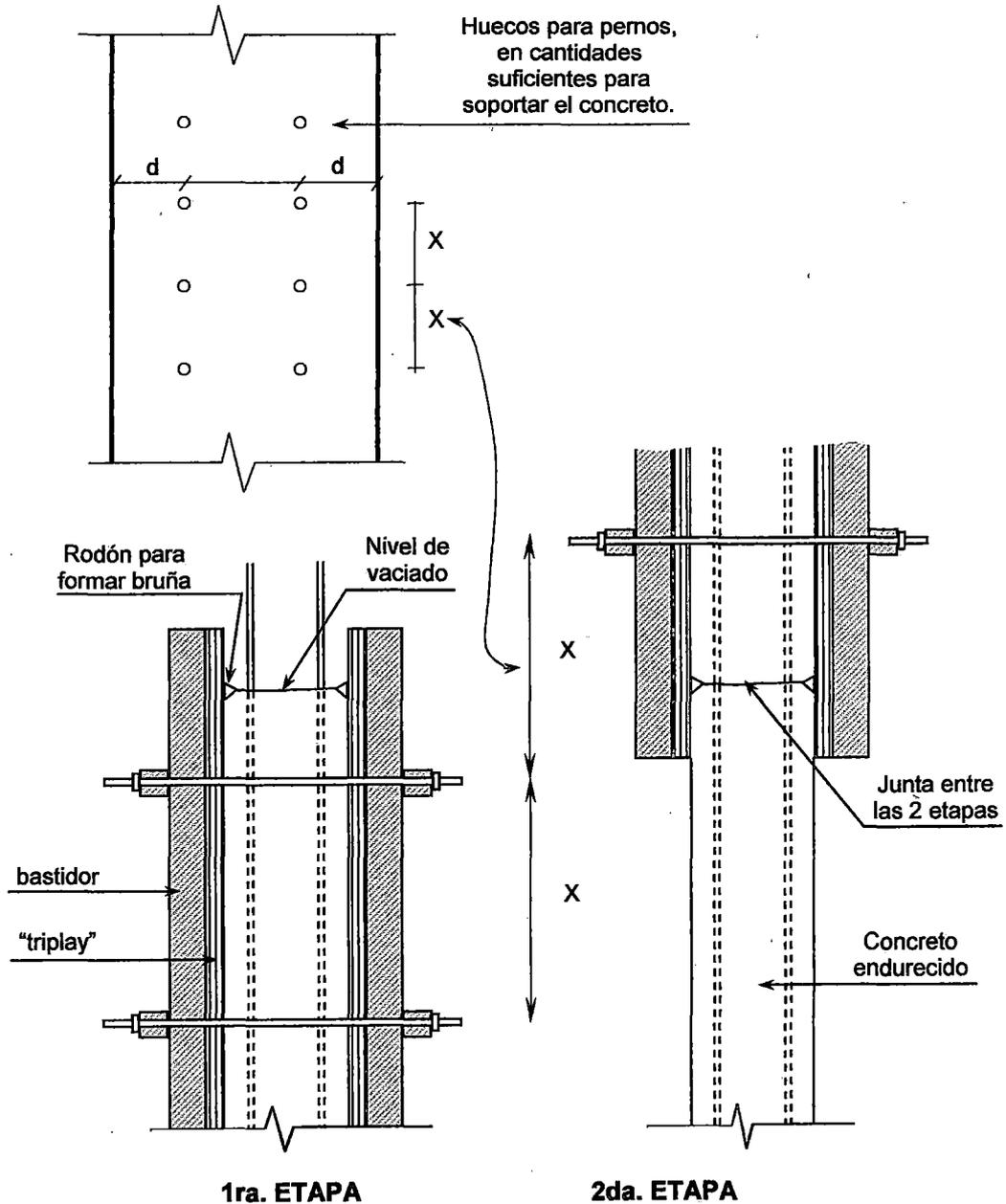


Fig. N° 4.4

- 21.-** Generalmente en los fondos de viga, los encofrados están expuestos de 2 a 4 días donde se acumula la suciedad, tierra y elementos indeseables, por lo que es importante la limpieza de los mismos antes de la colocación del concreto. Es recomendable el uso de la compresora de aire antes que el uso de agua para la limpieza, ya que esto último puede ser dejada acumulada en el fondo.
- 22.-** Para elementos altos, por ejemplo columnas de 5 o 6 metros de altura, no se recomienda usar ventanas en el encofrado en las caras que son expuestas por la huella que esta pueda dejar. En todo caso, si hay dificultad en la colocación del concreto, se procede de acuerdo al punto 11 del sub-capítulo 4.6 (Los Procesos Constructivos).
- 23.-** En los fondos de viga se debe prevenir la contraflecha necesaria, la que evitará futuras deflexiones; el valor de esta contraflecha debe ser calculada por el proyectista.

4.4.1 DESENCOFRADO.-

- 24.-** El desencofrado debe efectuarse cuando el concreto adquiera una resistencia adecuada para evitar daños en su superficie, bordes y despostillamientos. Es recomendable que los laterales de los elementos de concreto expuesto no se desencofren antes de los 24 horas; pero si a este plazo de desencofrado provoca los daños antes mencionados, es preferible desencofrar a un plazo mayor.
- 25.-** Se recomienda que el tiempo de desencofrado debe ser igual para todos los elementos de concreto expuesto; esto con la finalidad de evitar que el calor de hidratación del cemento pueda afectar la superficie generando diferentes tonalidades de color para diferentes plazos de desencofrado.

- 26.-** El desencofrado de fondos de losas, vigas y viguetas, necesariamente debe ser de acuerdo a los plazos establecidos, es decir, de 7 a 14 días dejando puntales de seguridad convenientemente distribuidos y a los 21 días con la remoción de todos los puntales (ver Tabla N° 2.9); salvo indicación contraria de acuerdo a los resultados de ensayo de compresión de probetas.
- 27.-** Se debe evitar el empleo de barretas y otras herramientas de metal contra el concreto para aflojar los encofrados, es preferible el uso de cuñas de madera u otros sistemas.
- 28.-** Los rodones o junquillos que se han usado para dar forma a las bruñas y a los ochavos en las aristas, deben ser desechadas al primer uso.

4.5 CRITERIOS DE DISEÑO DE LOS PROYECTOS.-

Si bien es cierto que el dimensionamiento de los elementos estructurales de una edificación es producto de un diseño estructural, es necesario tomar en cuenta algunas consideraciones adicionales para el caso de concreto expuesto. Estos criterios de diseño podemos clasificarlo en 3 aspectos:

- a) Arquitectónicos.
- b) Facilitar la colocación y compactación del concreto.
- c) Durabilidad del concreto.

Las siguientes recomendaciones se deben tomar en cuenta durante la fase de diseño del proyecto:

- 1.- Elementos estructurales con mucha congestión de acero de refuerzo, reduce la posibilidad de una buena vibración, por lo que la textura de la superficie final es posible que sea rugosa o con "cangrejas".
- 2.- Evitar los bordes en ángulos rectos y más aún los ángulos agudos, usando ochavos para evitar desprendimientos de los bordes.
- 3.- En el diseño estructural se debe considerar la ubicación adecuada de juntas de contracción y de expansión, para prevenir agrietamientos.
- 4.- Prescribir las mismas dimensiones de columnas desde su base hasta el techo; y de la misma manera para las vigas, a fin de eliminar o reducir los cortes en los encofrados.
- 5.- Es preferible evitar usar grandes superficies lisas e ininterrumpidas de concreto expuesto.
- 6.- El recubrimiento de los elementos estructurales, además del necesario, se debe considerar la profundidad de la bruña, con la finalidad de garantizar el recubrimiento adecuado al acero de refuerzo. (Ver Fig. N° 4.5, pág. siguiente)

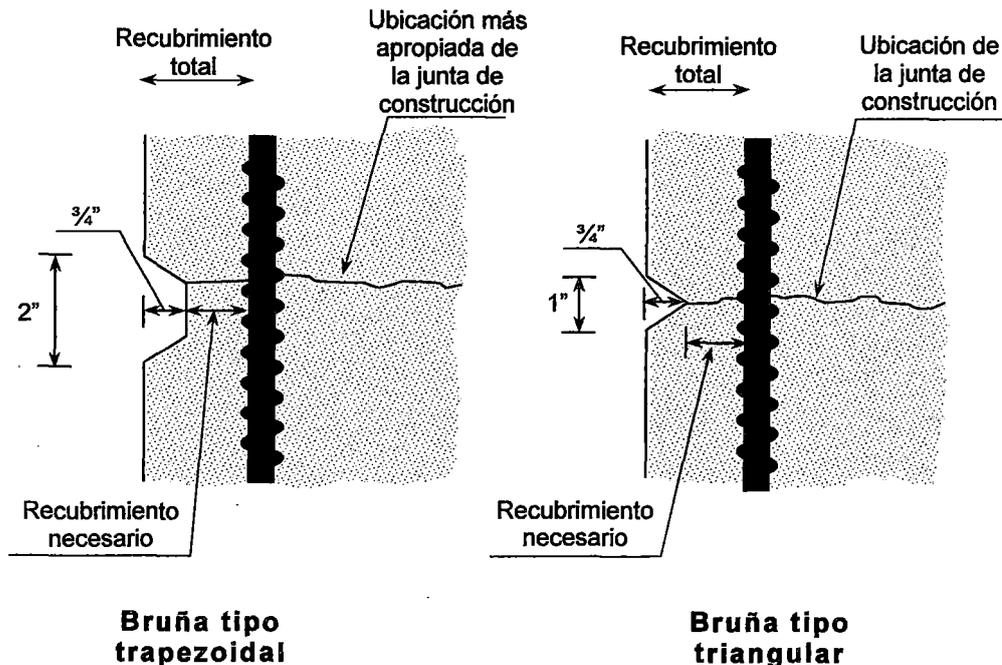


Fig N° 4.5

- 7.- Planificar o modular las bruñas tanto verticales como horizontales como distinción entre vigas y columnas, como función arquitectónica y también como control de fisuración del concreto.
- 8.- Es recomendable que las juntas entre paños encofrados estén marcados por bruñas. Estas pueden ser de 2 tipos: de sección trapecoidal o de sección triangular (ver Fig. N° 4.5). Las de sección rectangular no son recomendables porque dificulta su retiro pudiendo ocasionar lesiones al concreto.
- 9.- Como ya se comentó en el sub-capítulo 4.1 (Influencia del cemento); no se debe especificar diferentes resistencias del concreto entre columnas y vigas; el color de la superficie está en función del contenido de cemento por metro cúbico de concreto, así como también de la relación agua-cemento de la mezcla.

- 10.-** En edificaciones con concreto expuesto cercanos al mar, el concreto deberá estar especificado por durabilidad antes que por resistencia. En todo caso, se recomienda una relación de a/c máximo de 0.50 y de agregado/cemento por peso máximo de 5.
- 11.-** Las Especificaciones Técnicas deben estar completas, la omisión de estas facilitan imprevisiones en materiales y en mano de obra. Dado que buena parte de los defectos y problemas del concreto expuesto tiene su origen en aspectos del proyecto, es necesario la intervención o coordinación entre proyectista y constructores, de modo que se ejecuten los cambios o adecuaciones necesarios para salvar las dificultades a nivel constructivo.

Igualmente, es necesario que en la etapa de diseño, los diseños estructurales y arquitectónicos funcionen en forma armónica.

4.6 LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS.-

Para el concreto hecho en obra, una vez que se tiene seleccionado los componentes para la fabricación del concreto, luego, definida la dosificación de la mezcla o, caso contrario, cuando va a ser vaciado con concreto pre-mezclado y con los encofrados adecuadamente tratados; el siguiente paso corresponde a un adecuado mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto, es decir, que el concreto tenga la trabajabilidad óptima para el logro de un buen acabado de la superficie final.

En otras palabras, es necesario aplicar estrictamente la tecnología del concreto en todas sus fases, las siguientes recomendaciones se deben tomar en cuenta:

- 1.-** Los equipos necesarios para el concreto hecho en obra, tales como mezcladoras, vibradores o winches, deben estar en estado óptimo de operación antes del inicio de vaciado de concreto, para prevenir una eventual interrupción no programada, la cual ocasionará una junta fría.
- 2.-** Tener un adecuado control de los materiales, tanto de encofrados, ingredientes del concreto, fierro de construcción, aditivos, etc.
- 3.-** Tener una cuidadosa selección de la mano de obra, los cuales deben ser calificados y con experiencia en las diferentes operaciones de construcción: encofrados, fabricación y vaciado de concreto, vibrado, desencofrado, etc.
- 4.-** Para el mezclado del concreto con aditivo plastificante, se recomienda seguir los siguientes pasos:
 - a)** Verificar la fecha de vigencia del aditivo a usar en el concreto.
 - b)** Ingresar el 80 % del agua al tambor.
 - c)** Adicionar el volumen respectivo del aditivo.
 - d)** Mezclar un tiempo prudencial con la finalidad de homogeneizar ambos líquidos.

- e) Adicionar los agregados y el cemento.
 - f) Ingresar el 20 % del agua restante al tambor
 - g) El tiempo de mezclado debe ser de 1 minuto como mínimo.
- 5.- No es recomendable adicionar el aditivo plastificante después de haber ingresado los agregados y el cemento a la mezcladora porque existe la posibilidad de que el plastificante no se mezcle debidamente, obteniendo así superficies de concreto con manchas marmoteadas. El aditivo plastificante es de un color café oscuro.
- 6.- Siendo el aditivo plastificante un reductor de agua; durante la ejecución de la obra, no es recomendable variar el diseño de mezcla prescindiendo del aditivo e incrementando la relación a/c para lograr mayor trabajabilidad, ya que con esto se obtendrá distintas tonalidades del concreto.
- 7.- La consistencia del concreto debe mantenerse constante en todas las tandas; por lo tanto, el control de la relación agua/cemento mediante el "slump" debe ser constante durante la obra, un incremento considerable de a/c provoca fisuramientos por contracción por fraguado del concreto; la relación volumen/superficie (v/s) del elemento también contribuye a la contracción de fragua, el agua evapora a través de la superficie, por lo tanto, mientras esta sea mayor, las deformaciones por contracción se incrementan.
- Una disminución de la relación a/c (que no suele ser frecuente) puede ocasionar "cangrejeras" por falta de trabajabilidad de la mezcla.
- 8.- El transporte del concreto debe cumplir lo siguiente:
- a) Evitar la segregación de la mezcla por un traslado inadecuado.
 - b) Prevenir la contaminación de la mezcla.
 - c) Evitar la pérdida de trabajabilidad por evaporación del agua.
 - d) El tiempo de transporte se debe mantener lo más corto posible.
 - e) El concreto debe estar protegido durante el transporte de la acción de la lluvia.

- f) El llenado de los elementos debe ser en una sola operación, en forma continua y de ritmo constante.

9.- Para asegurar la eliminación de juntas frías, es necesario:

- a) Programar el vaciado del concreto de tal forma que cada capa que se coloque, cuando la anterior aún esté blanda.
- b) Asegurar que el agregado grueso no se disgregue durante el vaciado (Si esto sucede como resultado del amontonamiento del concreto, resulta conveniente mantener el vibrador funcionando en el centro del punto de descarga, a fin de que no se forme un cúmulo).
- c) Usar cabezales de los vibradores lo más grande posible y que los vibradores sea lo más potente en cada operación.
- d) Asegurar que los cabezales de los vibradores penetren cuando menos 15 cm. en la capa inferior.

10.- Para elementos de concreto expuesto, no es recomendable alternar concretos hecho en obra con concreto pre-mezclado, porque definitivamente se apreciará distintas tonalidades de color en la superficie acabada.

11.- Para la colocación con concreto pre-mezclado y bombeado en encofrados de cierta profundidad, es recomendable que la caída de la mezcla sea lo menor posible, y la vibración en este caso debe ir subiendo a medida que sube el nivel del concreto. (Ver Fig. N° 4.6)

El insertar el vibrador cuando ya se ha colocado el concreto no es satisfactorio, porque compacta la superficie e impide el escape de las burbujas de aire atrapado en las capas más profundas. (Ver Fig. N° 4.7)

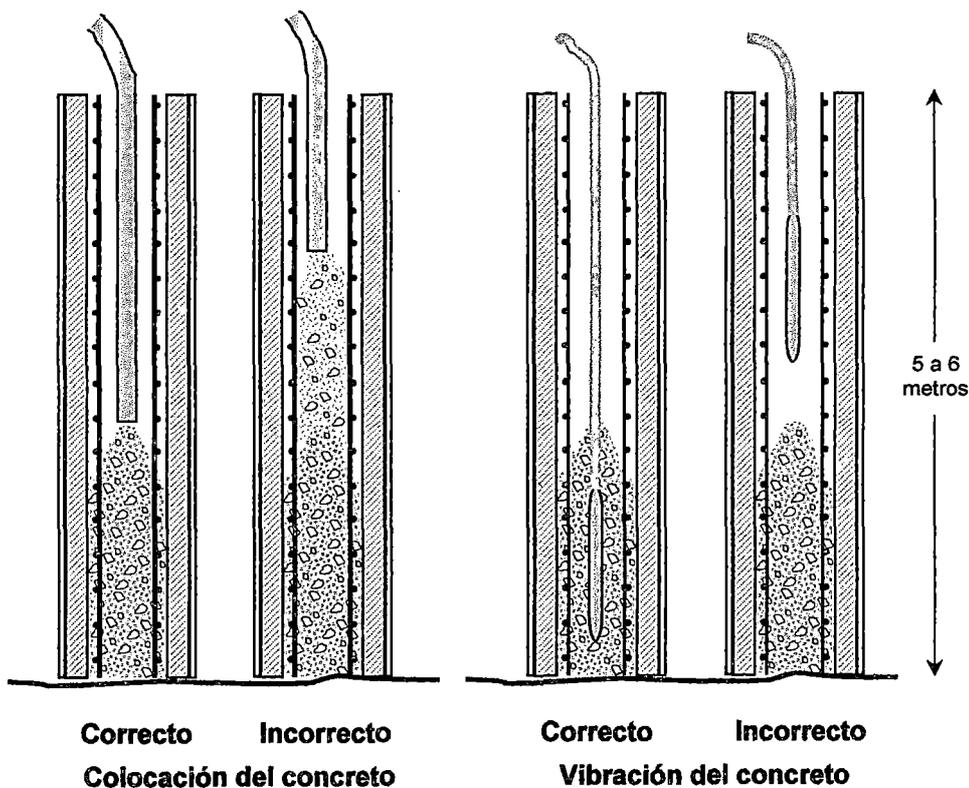


Fig. N° 4.6

Fig. N° 4.7

- 12.- Si el vaciado del concreto es manual, se procura que este entre por el núcleo confinado (área dentro de los estribos) y que luego fluya hacia los encofrados mediante la vibración, con la finalidad de reducir las burbujas de aire que se acumulan en la superficie. El vaciado de concreto contra la cara expuesta desmejora la apariencia superficial y expone aire atrapado en la superficie.
- 13.- Si el concreto es hecho en obra, algunos constructores recomiendan que para la primera tanda en el vaciado de una columna, un porcentaje de la piedra sea reemplazada por la arena, haciendo la función de un "colchón" para recibir al agregado grueso de las tandas sub-siguientes que se asientan por gravedad.

Esta primera tanda debe mantenerse la misma relación a/c de la mezcla del concreto. En efecto, al compactarse el concreto con vibradora de inmersión, este produce una sedimentación selectiva por acción de la gravedad, que lleva a la segregación y exudación de la pasta; en tal sentido esta primera tanda "colchón" va a compensar esto.

- 14.- Para reducir las burbujas de aire atrapado, además de la vibración interna, es aconsejable al mismo tiempo el martillado con martillo de caucho en forma paralela. También es útil la revibración, siempre que el concreto fresco no haya empezado la fragua inicial.
- 15.- Los vibradores deben penetrar verticalmente y espaciados en forma uniforme atravesando la junta con la capa previa. En vigas, placas o muros de contención con concreto expuesto, la penetración al azar y en diferentes ángulos no siempre da buenos resultados. (Ver Fig. N° 4.08)

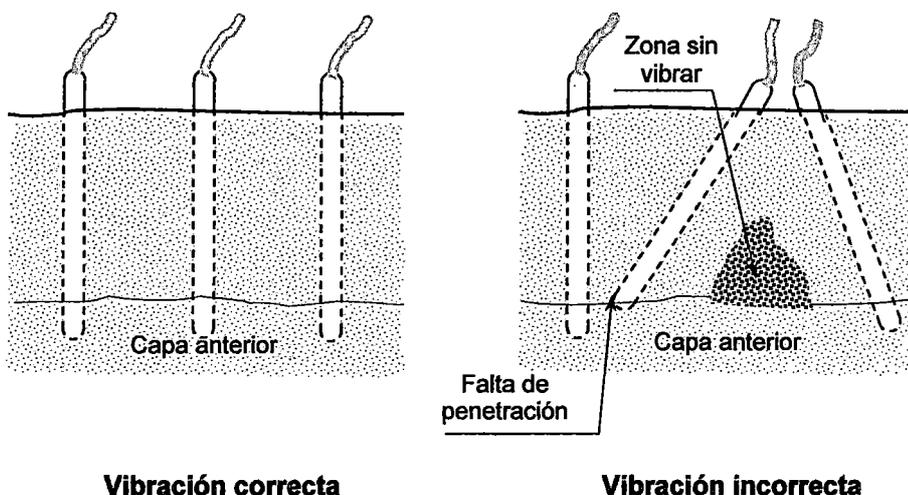


Fig. N° 4.08

- 16.- Para la consolidación del concreto, la experiencia del operario es muy importante, siendo necesario la misma persona encargada de esta operación para toda la obra.

- 17.- Se debe evitar que el cabezal del vibrador tenga contacto con el encofrado porque puede provocar daños a estas y dejar raspaduras en el acabado final del concreto.
- 18.- Cuando se presentan bolsones de agregado grueso durante la colocación del concreto, se debe trasladarlos a zonas más arenosas y vibrarlos, de ninguna manera agregar mortero. Esto sucede con frecuencia en el vaciado de vigas.
- 19.- En columnas de cercos perimétricos, que generalmente una de sus dimensiones es de 0.15 m. de ancho, y que por exigencia estructural los ganchos de los estribos son colocadas en forma intercaladas (Ver Fig. N° 4.09), se recomienda un concreto más fluido, debidamente diseñado con un agregado grueso del menor tamaño posible, siempre que no pueda pasar la vibradora, la compactación será mediante "chuceo" con una varilla de fierro, y también se debe ayudar con el golpeo externo del encofrado con martillo de caucho.
- 20.- En la misma obra, los métodos y el período de curado del concreto debe ser uniforme e igual en todos los elementos, pues las variaciones en el tiempo o tipo de curado pueden ocasionar variaciones de color en el concreto terminado.
- 21.- Respecto al curado del concreto con películas plásticas (mayor de 13 micrones de espesor), no es recomendable, debido a la posibilidad de formación de manchas, por la distribución dispareja del agua en su superficie.
- 22.- Con el objeto de mantener el recubrimiento necesario entre el acero de refuerzo del encofrado, los soportes deben tener el menor contacto posible con la superficie expuesta del concreto. Lo más recomendable es usar espaciadores de concreto, que sean elementos formados por la mitad de cilindros o semi-cilindros truncados, cuyos bordes curvos van contra la superficie del encofrado y la cara plana contra la armadura. (Ver Fig. N° 4.10)

Estos espaciadores deben estar repartidos adecuadamente y en número suficiente para evitar el desplazamiento del acero de refuerzo durante la colocación del concreto.

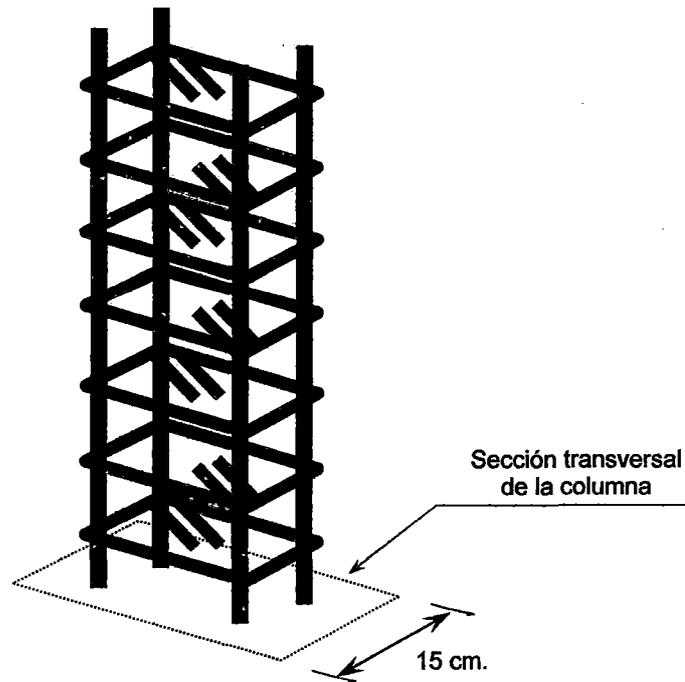


Fig. N° 4.09

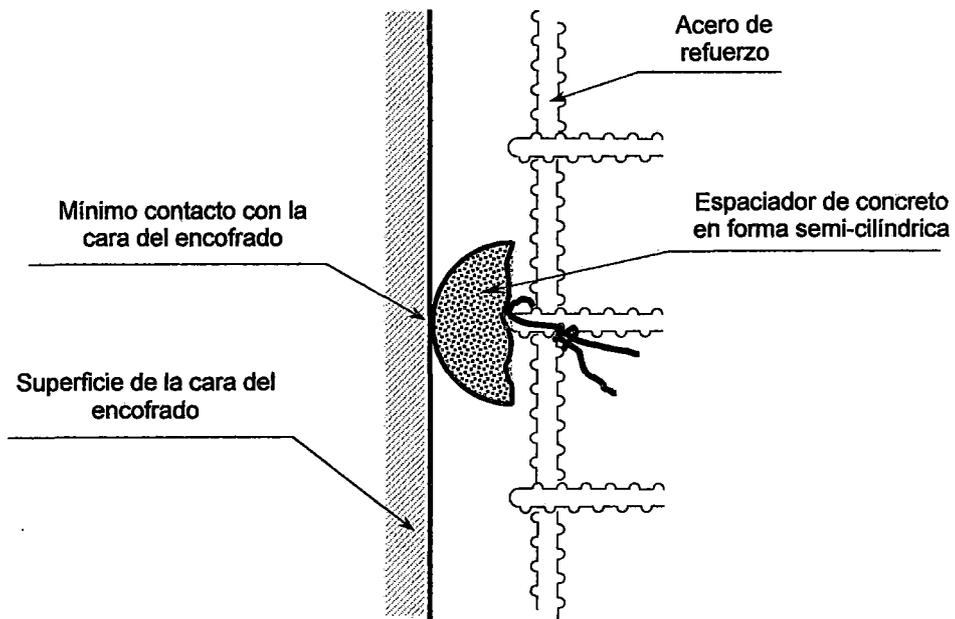


Fig. N° 4.10

- 23.-** Los pases que atraviesan los elementos de concreto deben estar totalmente fijos, para que estos no se desplacen al momento de la colocación del concreto. De lo contrario, la reparación posterior causará el picado del concreto con el consiguiente resane, dando un aspecto muy desagradable.
- 24.-** En los encuentros entre muros "caravistas" con columnas de concreto expuesto; si el vaciado del concreto es posterior al levantamiento de los muros; los ladrillos laterales, dado su alto porcentaje de absorción, deben estar lo suficientemente húmedo para evitar que absorba el agua del concreto y evitar la pérdida de agua en esta zona. Por otro lado, mezclas muy fluidas, originan grandes contracciones y fisuramientos al concreto luego del desencofrado.
- 25.-** El sellado de la parte inferior de los encofrados de columnas de cualquier nivel es importante, de lo contrario el escape de la lechada contribuye a la formación de cangrejeras. Este sellado puede ser con espuma plástica (dulongpillo), con papel de las bolsas de cemento o con un mortero de yeso y cemento (o llamado "diablo fuerte" que en este caso cumple buen papel).
- 26.-** Cuando se tiene que vaciar zonas de mucha concentración de acero, tales como en los nudos donde concurren las columnas de los dos niveles y vigas peraltadas en ambos sentidos, se procura utilizar agregado grueso del menor tamaño posible, con el objeto de facilitar la colocación y compactación del concreto.
El acero de refuerzo de las vigas (en ambos sentidos) colocadas dentro del alma de la columna, también facilita la trabajabilidad, ya que se puede colocar y vibrar el concreto por los lados laterales.
- 27.-** Si hubiera anclajes insertadas dentro del concreto, estas deben estar previamente colocadas y debidamente aseguradas antes de la colocación del concreto. Durante la soldadura de los elementos metálicos a estos

- anclajes, el concreto debe estar debidamente protegido contra las chispas de la soldadura.
- 28.-** Cuando una columna de concreto expuesto está entre muros portantes no “caravista”, es preferible que el amarre sea endentado, por tener un mejor comportamiento estructural.
- 29.-** Las superficies de concreto expuesto horizontales o inclinadas deben tener un acabado terminado tipo pulido.
- 30.-** Si bien es cierto que el curado húmedo es el método más recomendable para el curado del concreto; para superficies verticales de concreto expuesto, no es recomendable el curado con yute húmedo, porque puede dejar manchas en la superficie.
Si se aplica agua directamente sobre el concreto, es necesario establecer la frecuencia de la aplicación de este flujo de agua y garantizar su cumplimiento.
- 31.-** Para el curado del concreto, las láminas plásticas y/o el papel impermeable, puede causar una apariencia manchada por una distribución no uniforme de la humedad en la superficie expuesta.
- 32.-** Para el curado químico o uso de membranas sintéticas, debe tenerse en cuenta los efectos que sus compuestos pueden causar sobre la superficie terminada.
- 33.-** Una vez determinada que el curado sea químico, la forma de aplicación de estos productos es con pulverizador y debe realizarse lo antes posible luego del desencofrado. Se recomienda la aplicación en dos capas, la segunda de las cuales debe aplicarse en dirección perpendicular a la primera para garantizar la uniformidad del sello.
- 34.-** La protección a los elementos de concreto expuesto después de haber culminado la etapa del curado es importante, tales como:

- a) El nivel de referencia de ocre (NPT + 1.00 m.) que generalmente se coloca en toda obra, debe estar sobre una cinta adhesiva.
- b) Proteger a los elementos de concreto de las acciones del intemperismo cubriéndolos simplemente con papel de bolsas de cemento y amarradas con soguilla. Si se asume que el concreto ya ha sido resanado, estas envolturas quedarán hasta la culminación de la obra.
- c) En las áreas donde sobresale el acero de refuerzo en la parte superior de columnas o placas, como continuación del refuerzo, estas deben estar protegidos para evitar las manchas de óxidos y las del agua de lluvia que escurre por la superficie de concreto.

4.6.1 RESANES:

35.- Cuando las fallas sobre la superficie de concreto van más allá de lo permitido, produciendo una desagradable apariencia superficial, se deberá proceder a su reparación tan pronto como sea posible. Las labores más comunes pasan por el picado, la eliminación de rebabas, lavado superficial, hasta el llenado de huecos o daños en la superficie.

36.- Antes de proceder a los resanes, es necesario que la parte afectada sea limpiado con agua.

37.- Los resanes o el llamado "emporre", que viene a ser la utilización de una mezcla de cemento : cal (generalmente en la proporción 2:1 o 3:2) a manera de pintura sobre la superficie del concreto expuesto; donde durante la aplicación con esponja se trata de dar a la superficie una apariencia de concreto bien trabajado.

La proporción exacta de la combinación cemento : cal debe ser previamente experimentada en la misma obra antes de su aplicación para evitar distintas tonalidades con el concreto. La cal que se recomienda usar es la cal hidratada, que previamente debe ser cernida. Un exceso de cal puede generar afloramiento de salitre.

El empleo de adherentes en esta masa puede ser necesario en climas lluviosos, ya que las inclemencias del clima se encargarán de lavarlo.

4.7 MANTENIMIENTO.-

Las medidas de prevención están en función del grado de agresividad del entorno del concreto. Considerando que el acero de refuerzo cuenta con el recubrimiento necesario; los concretos elaborados con una adecuada tecnología, es decir, con materiales apropiados, convenientemente dosificados con una relación a/c baja, bien consolidados y debidamente curados, aseguran la durabilidad de las construcciones e impide la penetración de elementos que puedan llevar a su deterioro.

Las siguientes recomendaciones se deben tomar en cuenta para el mantenimiento del concreto en general y con mucho más razón para el concreto expuesto:

- 1.- Prevenir del ataque químico a la superficie de concreto de las siguientes sustancias:
 - a) Acidos (brómico, carbónico, clorhídrico, fórmico, fosfórico, fluorhídrico, sulfúrico, húmico, úrico, etc.)
 - b) Bases (úrea, aminas, NaOH, KOH, etc.)
 - c) Sales (cloruros, sulfatos, nitratos, nítricos, acetatos, etc.)
 - d) Alcoholes.
 - e) Bacterias, algas, etc.
- 2.- Las manchas más comunes que se deben a la acción externa, ocasionadas por diversos tipos de aceites y grasas, no presentan gran dificultad para erradicarlo mediante el lavado con agua y detergente.
- 3.- Para proteger el concreto de la suciedad se requiere efectuar una limpieza periódica, de manera similar a lo que se realiza con estructuras de otro tipo de materiales. El método comúnmente usado es el rociado con agua, aplicado con chorro a presión y el uso de cepillos de cerdas para eliminar los depósitos de polvo. Otros métodos menos usados son:

- a) Soplado de arena a presión en seco.
- b) Soplado de arena húmeda a presión.
- c) Limpieza química: constituye el método más eficaz, pero se requiere una selección cuidadosa del agente limpiador y trabajadores especializados en las técnicas de limpieza, a fin de evitar el deterioro de la superficie.

4.- Para las manchas de óxido presentes en la superficie del concreto, el ACI 303 recomienda el siguiente procedimiento:

- a) Remojar la mancha de óxido durante 10 minutos con una solución de citrato de sodio en agua (1 en 6), cepillando en cortos intervalos de tiempo.
- b) Rociar uniformemente sobre la mancha cristales de hiposulfato de sodio, cubriendo en seguida con una pasta de barro, aplicado con paleta en el caso de superficies verticales.
- c) Dejar secar la pasta durante 10 minutos, luego extraerla con espátula.
- d) Lavar la superficie con abundante agua.
- e) Repetir el tratamiento de ser necesario.

5.- En algunos casos se ha considerado conveniente dar un acabado al concreto expuesto con una capa de pintura o barniz para lograr, aparte de los efectos estéticos, una mejor protección superficial y cubrir imperfecciones.

CAPITULO V

APLICACIÓN EXPERIMENTAL DE LOS PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN PARA EL LOGRO DE UN BUEN CONCRETO EXPUESTO DEL TIPO LISO

Esta parte de la investigación tiene como finalidad verificar experimentalmente cuál es la influencia de los diversos factores que contribuyen al logro de un buen concreto expuesto del tipo liso.

Esta aplicación experimental se realizará en un laboratorio, la que simulará condiciones ideales, permitiendo reducir así la variabilidad de los diferentes factores en estudio. En lo que respecta a los encofrados, se prestará especial atención al montaje, uso del desmoldante y el acabado de superficies (textura, juntas, etc.).

En este sentido, el estudio experimental de los factores relativos al concreto mismo que pueden afectar patológicamente al concreto expuesto, son los siguientes:

- a) Tamaño de los agregados.
- b) Dosificación de los agregados en la mezcla.
- c) Uso de aditivo plastificante.
- d) Tiempo de desencofrado.

Mientras que los factores relativos a los encofrados que influyen en la calidad del concreto expuesto son:

- a) Tipo de acabado superficial (textura, juntas, empalmes)
- b) Laca desmoldante.

Se considera que los otros factores permanecen constantes, como sería el caso de la estabilidad y rigidez de los encofrados, la compactación del concreto, la mano de obra, entre otros. Con respecto al curado, en este caso se aplicará curado húmedo por 1 día.

5.1 CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN EN RELACION AL CONCRETO A UTILIZAR.-

Se ha considerado la construcción de un pórtico de concreto armado compuesto por dos columnas y una viga con las características que se menciona a continuación:

- 1.- Las dimensiones de las columnas y de la viga son las siguientes:
 - **Columnas:** Sección transversal de 0.27 m. x 0.27 m. y una altura de 1.80 m.
 - **Viga:** Sección transversal de 0.27 m. x 0.20 m. de altura y una luz libre de 1.50 m.
- 2.- La calidad del concreto a fabricar será de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y se utilizará cemento SOL Tipo I.
- 3.- Las columnas y la viga se ejecutarán en dos etapas, como se muestra en la Fig. N° 5.1, haciendo un total de 6 vaciados con igual número de variantes, con las características mencionadas en las Tabla N° 5.1 y Tabla N° 5.2.

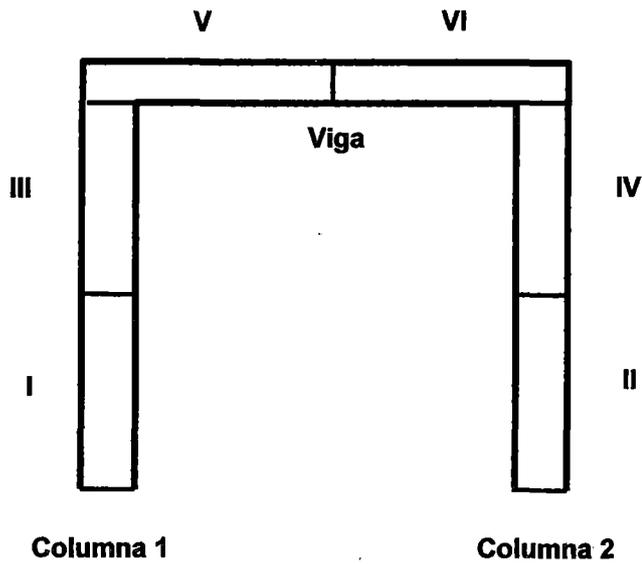


Fig. N° 5.1 Disposición de las variantes.

- 4.- Las características de las distintas variantes están contenidas en la Tabla N° 5.1.

VARIANTE	Características Ag. grueso	Método del diseño de mezclas	Aditivo plastificante
I	T_n máx: $\frac{1}{2}$ "	Ag. Global	Sin aditivo
II	T_n máx: $\frac{3}{4}$ "	Ag. Global	CHEMA Plast
III	T_n máx: $\frac{3}{4}$ "	ACI	CHEMA Plast
IV	T_n máx: $\frac{1}{2}$ "	ACI	Sin aditivo
V	T_n máx: 1"	Ag. Global	CHEMA Plast
VI	T_n máx: $\frac{3}{4}$ "	Ag. Global	Sin aditivo

Tabla N° 5.1 Características del espécimen en relación al concreto a utilizar.

5.2 CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN EN RELACION AL ENCOFRADO A UTILIZAR.-

Los factores en estudio, como ya se mencionó, están referidas al tipo superficial del encofrado y al uso de desmoldantes; las diferentes variaciones tomadas en cuenta en esta utilización se muestra en la Tabla N° 5.2.

A continuación se menciona el procedimiento para la preparación del encofrado a utilizar:

- 1.- Se utilizará planchas de “triplays” de madera Copaiba, con un espesor de $\frac{3}{4}$ ”.
- 2.- Para el masillado de los encofrados en la madera nueva, se seguirá el siguiente procedimiento:
 - a) Se lija el panel de la plancha de “triplay” con lija N° 60 eliminando las asperezas.
 - b) Se masilla los diferentes empalmes de los “triplays” que existen dentro de un mismo panel, así como las irregularidades superficiales, poros y agujeros. (Ver Foto N° 5.1)
 - c) Se deja secar durante dos horas. Una vez seco el panel, se pasa una lija N° 150 hasta que éste quede suave al tacto. (Ver Foto N° 5.2) (En todos los casos se usará lija al agua)
- 3.- Para la aplicación de la laca desmoldante, se seguirá el siguiente procedimiento:
 - a) Luego del lijado de la madera, se limpia los residuos de polvo.
 - b) Se aplica una mano de laca en forma espesa, pero diluido con su disolvente en la proporción de 1 en 1/8. (Ver Foto N° 5.3)

- c) Se deja reposar por 2 a 3 horas dependiendo de la temperatura ambiental.
 - d) Se aplica 4 veces el desmoldante diluido con su disolvente en la proporción 1:1 que recomienda las especificaciones técnicas.
 - e) En cada aplicación de la laca desmoldante, debe ser lo más uniforme posible.
 - f) Las 2 a 3 horas que se deja secar entre aplicaciones, se debe tomar las precauciones para que el panel esté libre de partículas de polvo que pudieran adherirse a ella.
- 4.- El armado de las formas se efectuará pasadas, por lo menos, 24 horas de la última aplicación del desmoldante.
- 5.- Con la finalidad de impermeabilizar y evitar el escape de líquido y lechada de cemento por las esquinas ochavadas del encofrado, se insertará esponja o dulongpillo entre estas juntas. (Ver Fig. 5.2 y Foto N° 5.4)

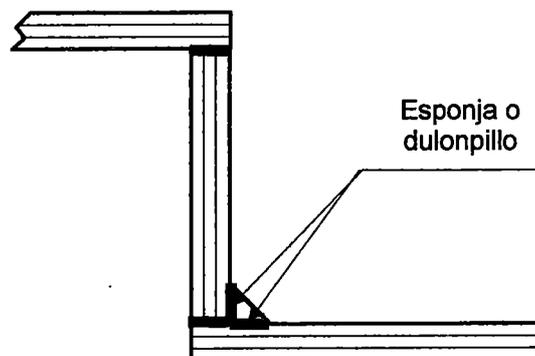


Fig. N° 5.2

- 6.- Para disimular las diferentes etapas de vaciado de concreto, se colocará una bruña del tipo triangular, de la forma mostrada en la Fig. N° 5.3.

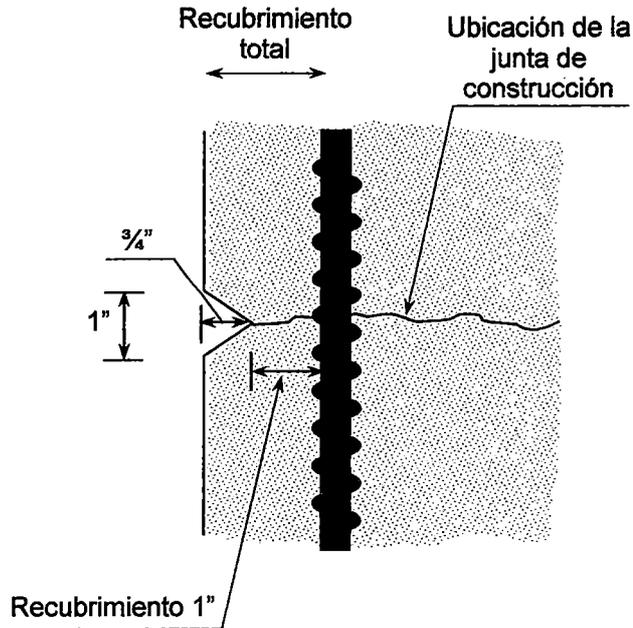


Fig. N° 5.3 Bruña en juntas frías.

- 7.- Las caras de los elementos del espécimen se han identificado de acuerdo al detalle mostrado en la Fig. N° 5.4.

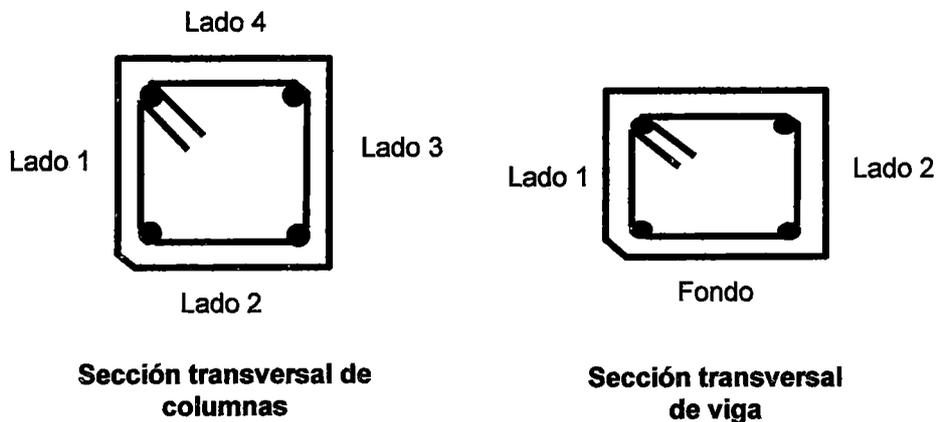


Fig. N° 5.4 Identificación de lados.

Variante	Lado	Tipo de encofrado	Laca desmoldante	Tiempo de desencofrado
I (Columna)	1	Liso	Con laca	1 día
	2	Liso	Con laca	1 día
	3	Liso	Sin laca	1 día
	4	Rústico	Sin laca	1 día
II (Columna)	1	Liso	Con laca	1 día
	2	Liso	Con laca	1 día
	3	Liso	Semi-laqueado	1 día
	4	Rústico	Sin laca	1 día
III (Columna)	1	Liso	Con laca	3 días
	2	Liso	Con laca	3 días
	3	Liso	Sin laca	3 días
	4	Rústico	Sin laca	3 días
IV (Columna)	1	Liso	Con laca	3 días
	2	Liso	Con laca	3 días
	3	Liso	Semi-laqueado	3 días
	4	Rústico	Sin laca	3 días
V (Viga)	1	Liso	Con laca	3 días
	2	Rústico	Sin laca	3 días
	Fondo	Liso	Con laca	7 días
VI (Viga)	1	Liso	Con laca	3 días
	2	Rústico	Sin laca	3 días
	Fondo	Liso	Con laca	7 días

Tabla N° 5.2 Características del espécimen en relación al encofrado.

5.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS A UTILIZAR.-

Los agregados a utilizar en el presente experimento tienen las siguientes características:

5.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO:

Es una arena gruesa procedente de la cantera La Molina, la cual tiene las siguientes características:

1.- ANALISIS GRANULOMETRICO.-

TAMIZ		% Ret.	% Ret. Acum.	% Pasa
(Pulg.)	(mm.)			
1/2"	12.5			
3/8"	9.5	0.0	0.0	100.0
N°4	4.75	1.8	1.8	98.2
N°8	2.38	14.5	16.3	83.7
N°16	1.19	25.4	41.7	58.3
N°30	0.6	25.4	67.1	32.9
N°50	0.3	18.2	85.3	14.7
N°100	0.15	8.4	93.7	6.3
FONDO	0.075	6.3	100.0	0.0

Tabla N° 5.3 Análisis granulométrico del agregado fino.

2.- PROPIEDADES FISICAS.-

Módulo de Fineza:	3.06
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³):	1,770
Peso Unitario Compactado (Kg/m ³):	2,032
Peso Específico:	2.61
Contenido de Humedad (%):	0.60
Porcentaje de Absorción (%):	0.70

5.3.2 CARACTERISTICAS DEL AGREGADO GRUESO:

Es una piedra zarandeada procedente de la cantera La Molina, la cual tiene las siguientes características:

1.- ANALISIS GRANULOMETRICO.-

a. Para el agregado de T_n máx: 1”:

TAMIZ		% Ret.	% Ret. Acum.	% Pasa
(Pulg.)	(mm.)			
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	100.0
1"	25	10.5	10.5	89.5
3/4"	19	41.1	51.6	48.4
1/2"	12.5	36.9	88.4	11.6
3/8"	9.5	8.4	96.8	3.2
N°4	4.75	3.1	99.9	0.1
N°8	2.38	0.1	100.0	0.0
N°16	1.19	0.0	100.0	0.0
FONDO	-	0.0	100.0	0.0
MF:	5.47			

Tabla N° 5.4 Análisis granulométrico del agregado grueso para T_n máx de 1”.

b. Para el agregado de T_n máx: 3/4":

TAMIZ		% Ret.	% Ret. Acum.	% Pasa
(Pulg.)	(mm.)			
1"	25	0.0	0.0	100.0
3/4"	19	45.9	45.9	54.1
1/2"	12.5	41.2	87.1	12.9
3/8"	9.5	9.4	96.5	3.5
N°4	4.75	3.4	99.9	0.1
N°8	2.38	0.1	100.0	0.0
N°16	1.19	0.0	100.0	0.0
MF:	5.29			

Tabla N° 5.5 Análisis granulométrico del agregado grueso para T_n máx de 3/4".

c. Para el agregado de T_n máx: 1/2":

TAMIZ		% Ret.	% Ret. Acum.	% Pasa
(Pulg.)	(mm.)			
3/4"	19	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.5	76.1	76.1	23.9
3/8"	9.5	17.3	93.4	6.6
N°4	4.75	6.4	99.8	0.2
N°8	2.38	0.2	100.0	0.0
N°16	1.19	0.0	100.0	0.0
MF:	4.69			

Tabla N° 5.6 Análisis granulométrico del agregado grueso para T_n máx de 1/2".

2.- PROPIEDADES FISICAS.-

Peso Unitario Suelto (Kg/m ³):	1,441
Peso Unitario Compactado (Kg/m ³):	1,603
Peso Específico:	2.82
Contenido de Humedad (%):	0.40
Porcentaje de Absorción (%):	0.67

5.4 DISEÑO DE MEZCLAS DE LAS DISTINTAS VARIANTES.-

Con las características de los agregados indicados en el punto 5.3, los resultados del diseño de mezclas para un concreto de $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$, utilizando cemento SOL Tipo I y con un "slump" de diseño de 3" a 4" para las distintas variantes según lo establecido en la Tabla 5.1 son:

1.- Variante I:

Agregado grueso: T_n máx: ½"

Método de diseño: Agregado Global

Aditivo: Sin aditivo

Relación a/c = 0.62

Material	Peso Seco	P.e.	Vol. Abs.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	Peso/ Bol C.	Prop. en Vol.
Cemento	349	3.13	0.1116	1	349	1	42.5	1
Agua	218	1	0.2180	0.61	222	0.62	26.3	26.3
Arena	733	2.61	0.2807	2.05	737	2.06	87.7	1.88
Piedra	1049	2.82	0.3721	2.94	1054	2.95	125.3	2.98
Aire	1.5	100	0.0150					
Aditivo	0	1.02	0.0	0.0	0.0	0.0		

Tabla N° 5.7 Diseño de la Variante I.

2.- Variante II:

Agregado grueso: T_n máx: $\frac{3}{4}$ "

Método de diseño: Agregado Global

Aditivo: CHEMA Plast

Relación a/c = 0.62

Material	Peso Seco	P.e.	Vol. Abs.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	Peso/ Bol C.	Prop. en Vol.
Cemento	349	3.13	0.1116	1	349	1	42.5	1
Agua	213	1	0.2130	0.61	217	0.62	26.4	26.4
Arena	756	2.61	0.2897	2.17	761	2.18	92.6	1.99
Piedra	1040	2.82	0.3687	2.98	1044	2.99	127.1	3.02
Aire	1.5	100	0.0150					
Aditivo	2.08	1.02	0.0020	0.0059	2.06	0.0059	0.2508	

Tabla N° 5.8 Diseño de la Variante II.

3.- Variante III:

Agregado grueso: T_n máx: $\frac{3}{4}$ "

Método de diseño: ACI

Aditivo: CHEMA Plast

Relación a/c = 0.57

Material	Peso Seco	P.e.	Vol. Abs.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	Peso/ Bol C.	Prop. en Vol.
Cemento	349	3.13	0.1116	1	349	1	42.5	1
Agua	213	1	0.2130	0.61	217	0.62	24.14	24.14
Arena	756	2.61	0.2897	2.17	761	2.18	132.0	2.82
Piedra	1040	2.82	0.3687	2.98	1044	2.99	78.2	1.87
Aire	1.5	100	0.0150					
Aditivo	2.08	1.02	0.0020	0.0059	2.06	0.0059	0.2508	

Tabla N° 5.9 Diseño de la Variante III.

4.- Variante IV:

Agregado grueso: T_n máx: ½"

Método de diseño: ACI

Aditivo: Sin Aditivo

Relación a/c = 0.57

Material	Peso Seco	P.e.	Vol. Abs.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	Peso/ Bol C.	Prop. en Vol.
Cemento	349	3.13	0.1116	1	349	1	42.5	1
Agua	213	1	0.2130	0.61	217	0.62	24.1	24.1
Arena	756	2.61	0.2897	2.17	761	2.18	113	2.42
Piedra	1040	2.82	0.3687	2.98	1044	2.99	55.3	1.32
Aire	1.5	100	0.0150					
Aditivo	0	1.02	0.0	0.0	0.0	0.0		

Tabla N° 5.10 Diseño de la Variante IV.

5.- Variante V:

Agregado grueso: T_n máx: 1"

Método de diseño: Agregado Global

Aditivo: CHEMA Plast

Relación a/c = 0.62

Material	Peso Seco	P.e.	Vol. Abs.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	Peso/ Bol C.	Prop. en Vol.
Cemento	341	3.13	0.1089	1	341	1	42.5	1
Agua	208	1	0.2080	0.61	212	0.62	26.4	26.4
Arena	765	2.61	0.2931	2.24	770	2.26	95.9	2.06
Piedra	1052	2.82	0.3730	3.08	1056	3.10	131.6	3.13
Aire	1.5	100	0.0150					
Aditivo	2.01	1.02	0.0020	0.0059	2.01	0.0059	0.2508	

Tabla N° 5.11 Diseño de la Variante V.

6.- Variante VI:

Agregado grueso: T_n máx: $\frac{3}{4}$ "

Método de diseño: Agregado Global

Aditivo: Sin aditivo

Relación a/c = 0.62

Material	Peso Seco	P.e.	Vol. Abs.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	Peso/ Bol C.	Prop. en Vol.
Cemento	349	3.13	0.1116	1	349	1	42.5	1
Agua	213	1	0.2130	0.61	217	0.62	26.4	26.4
Arena	756	2.61	0.2897	2.17	761	2.18	92.6	1.99
Piedra	1040	2.82	0.3687	2.98	1044	2.99	127.1	3.02
Aire	1.5	100	0.0150					
Aditivo	0	1.02	0.0	0.0	0.0	0.0		

Tabla N° 5.12 Diseño de la Variante VI.

5.5 ANEXO FOTOGRAFICO.-

A continuación se presenta un anexo fotográfico de los principales procesos y algunos aspectos relevantes en esta aplicación experimental.



Foto N° 5.1 Aplicación de masilla sobre el panel de la madera "triplay".



Foto N° 5.2 Lijado de la masilla aplicada luego del lapso de espera para su secado.

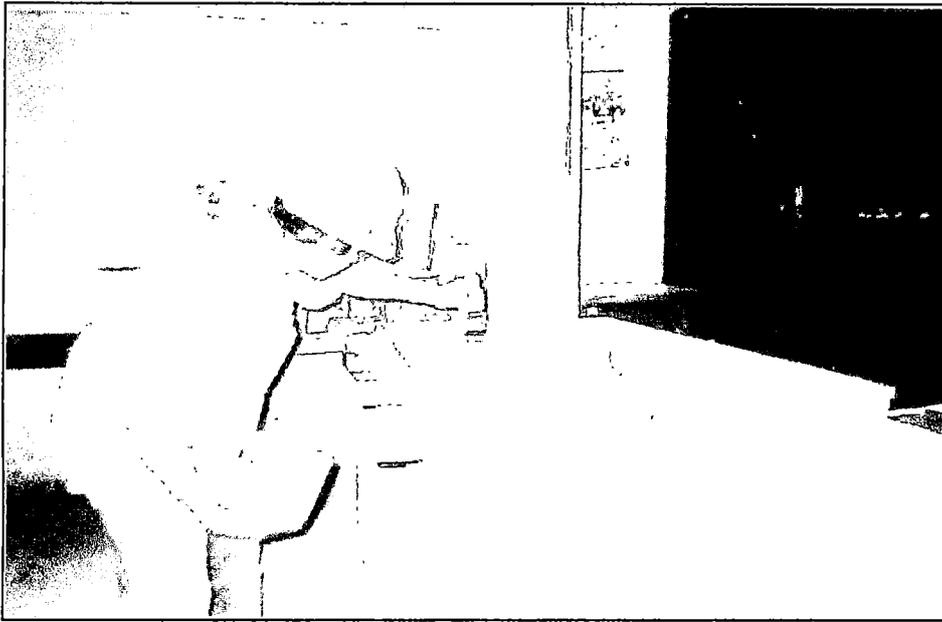


Foto N° 5.3 Aplicación de la laca desmoldante.



Foto N° 5.4

Inserción de esponja o dulpillo entre el junquillo (listón biselado) y los paneles, con la finalidad de evitar el escape de la lechada de cemento por las esquinas ochavadas del encofrado.

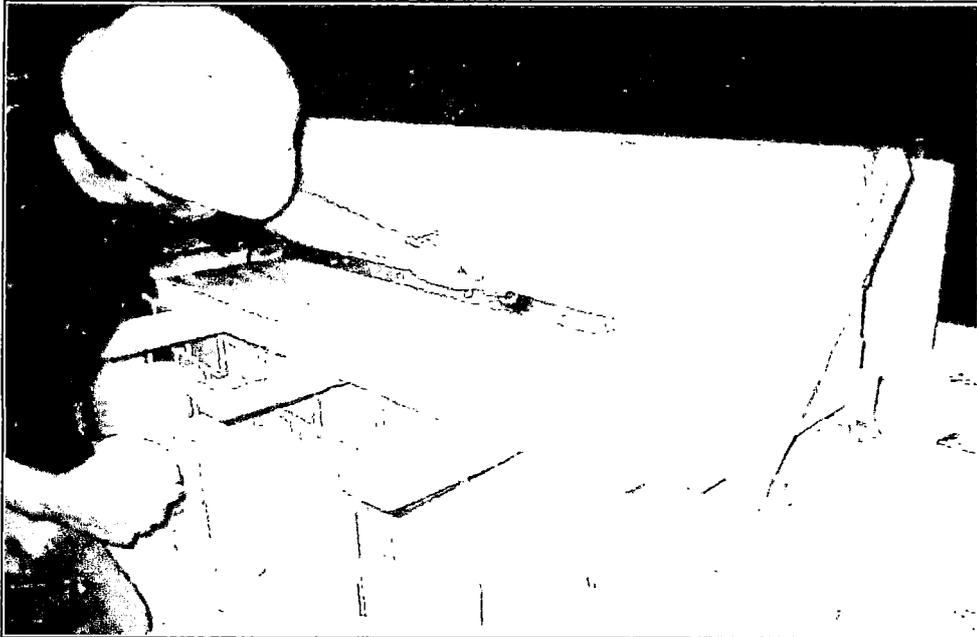


Foto N° 5.5 Aplicación de laca desmoldante al ochavo.

El junquillo que da forma al ochavo también es masillado y lijado antes de la aplicación del desmoldante.

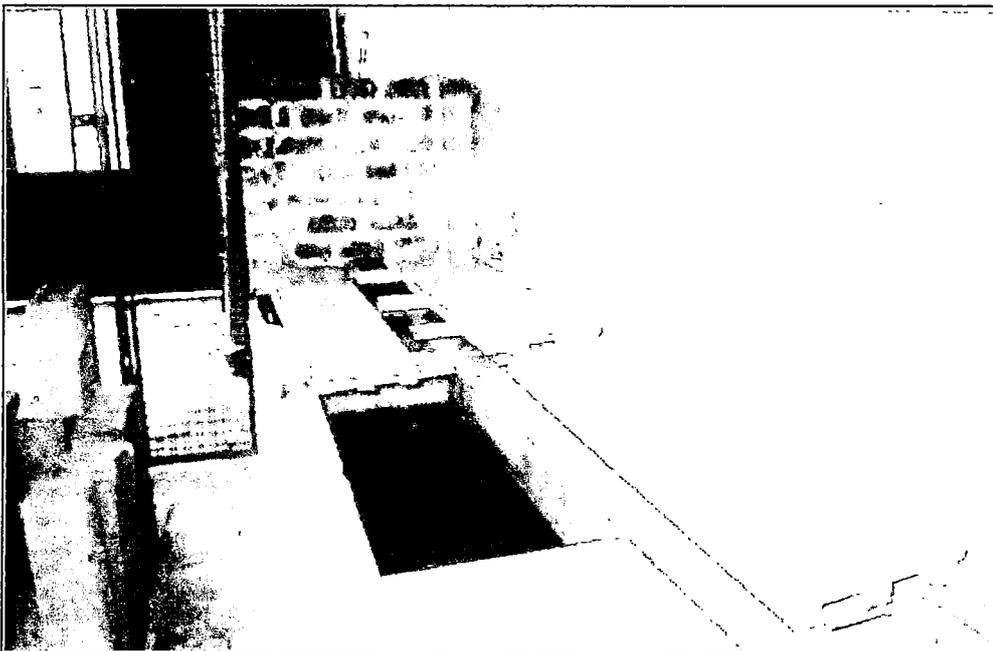


Foto N° 5.6 Secado de los paneles entre cada aplicación de la laca desmoldante.



Foto N° 5.7

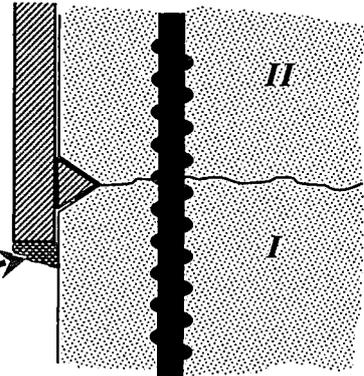


Fig. N° 5.5

Impermeabilización en el encofrado.

Esta impermeabilización con mortero simple tiene como finalidad evitar el escape de la lechada durante el vaciado de concreto de la etapa II, tal como se puede observar en la Fig. N° 5.5.



Foto N° 5.8 Vaciado de concreto de columna. (Variante I)

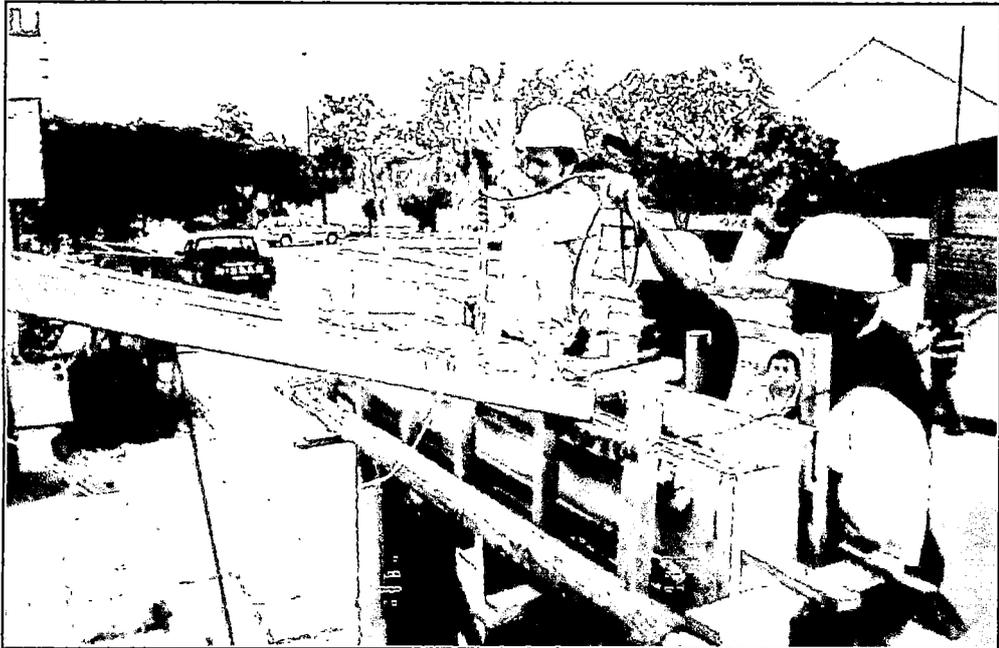


Foto N° 5.9 Vaciado de concreto de viga. (Variante VI)



Foto N° 5.10 Pórtico terminado donde se observa las seis variantes de concreto a analizar.

CAPITULO VI

ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN EXPERIMENTAL

Luego de culminado con el vaciado de las 6 variantes de concreto y con las características de los encofrados ya mencionadas en la Tabla N° 5.2, procederemos a evaluar los resultados obtenidos de la aplicación experimental. En tal sentido, se analizarán los factores que influyen patológicamente en el concreto y los factores relativos a los encofrados que influyen en la calidad del concreto expuesto.

Por la naturaleza misma del tema, es necesaria una amplia documentación fotográfica para una adecuada evaluación de los resultados; tal como se ha venido estableciéndose desde un inicio y a lo largo de toda la investigación.

Para efectos de uniformizar criterios de evaluación, las fotografías correspondientes al estudio de los factores que influyen patológicamente en el concreto expuesto han sido captadas en un momento determinado en un lapso de 15 minutos para evitar distorsiones en la intensidad de la iluminación sobre la superficie del concreto.

El personal que ha intervenido en el tratamiento de los encofrados y en el vaciado del concreto ha sido el mismo desde el inicio de la experimentación hasta su culminación.

6.1 FACTORES QUE INFLUYEN PATOLOGICAMENTE EN EL CONCRETO EXPUESTO DEL TIPO LISO.-

Como ya se ha mencionado en el capítulo anterior, se analizarán los siguientes factores que influyen en la apariencia final del concreto expuesto:

- a) Tamaño del agregado grueso.
- b) Dosificación de los agregados en la mezcla.
- c) Uso de aditivo plastificante.
- d) Tiempo de desencofrado.

La calificación de las apariencias superficiales será de manera cualitativa a partir de una observación visual, y el principal parámetro a tomar en cuenta es la uniformidad en el color.

En las páginas siguientes presentamos vistas de 5 de las 6 variantes a evaluar; tanto la variante V como el fondo de la viga no lo tomaremos en cuenta en esta parte porque no se aprecia la superficie debido a la adherencia de la capa de laca desmoldante en el concreto expuesto, aspecto que se tratará en el capítulo 6.2.2.

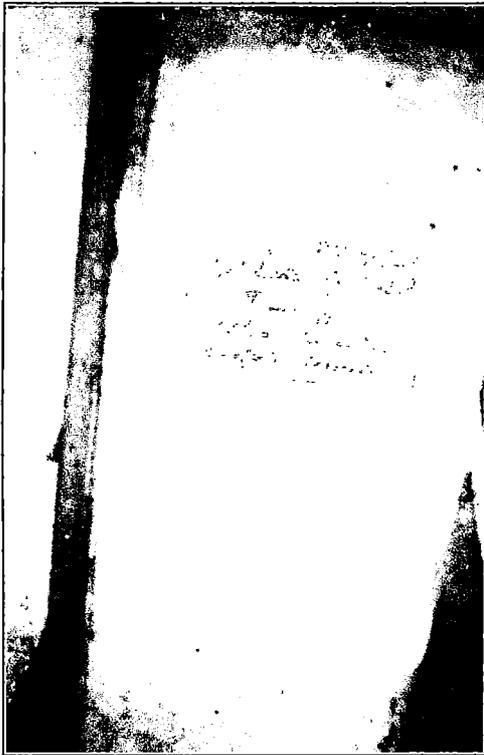


Foto N° 6.1

Variante I:

Lado:	2
Tamaño Agreg. grueso:	T_n máx: ½"
Met. de diseño:	Ag, Global
Relación a/c:	0.62
Proporción en Volumen C A P:	1 -1.88 - 2.98
Aditivo:	Sin aditivo
Tipo encofrado:	Liso
Laca:	Con desmoldante
Tiempo de desencofrado:	1 día

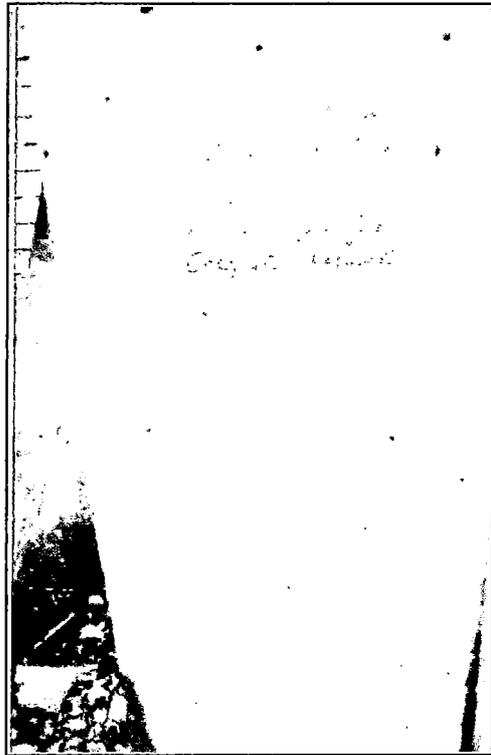


Foto N° 6.2

Variante II:

Lado:	2
Tamaño Agreg. grueso:	T_n máx: ¾"
Met. de diseño:	Ag, Global
Relación a/c:	0.62
Proporción en Volumen C A P:	1 -1.99 - 3.02
Aditivo:	CHEMA Plast
Tipo encofrado:	Liso
Laca:	Con desmoldante
Tiempo de desencofrado:	1 día

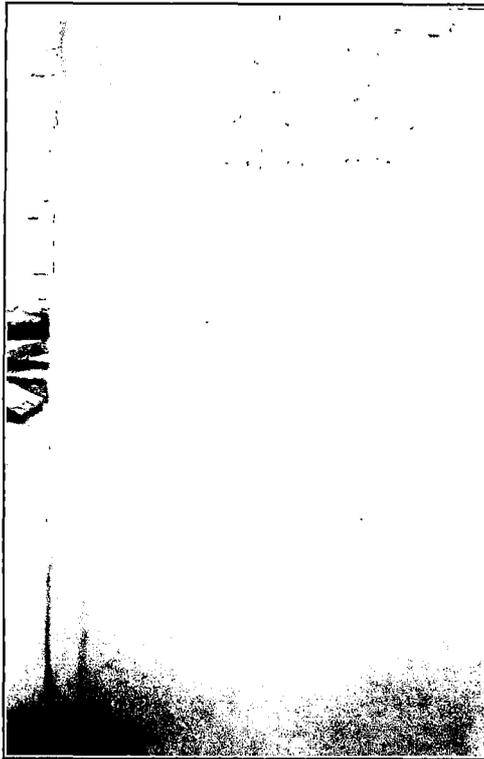


Foto N° 6.3

Variante III:

Lado:	2
Tamaño Agreg. grueso:	T_n máx: $\frac{3}{4}$ "
Met. de diseño:	ACI
Relación a/c:	0.57
Proporción en Volumen C A P:	1 - 2.82 - 1.87
Aditivo:	CHEMA Plast
Tipo encofrado:	Liso
Laca:	Con desmoldante
Tiempo de desencofrado:	3 días

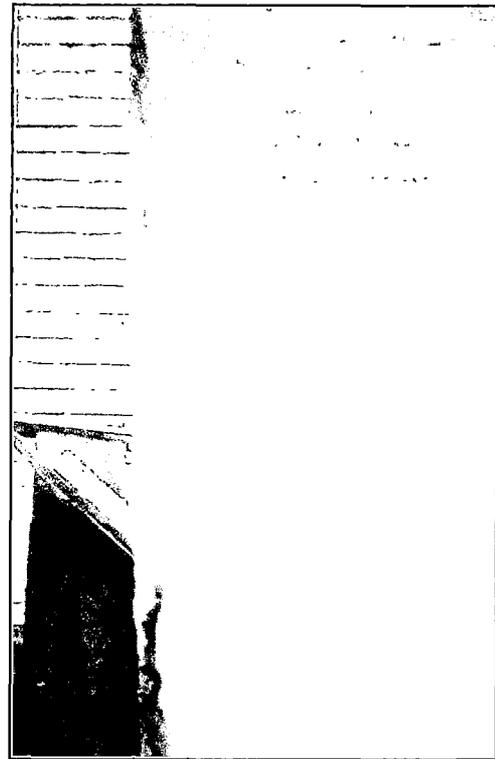


Foto N° 6.4

Variante IV:

Lado:	2
Tamaño Agreg. grueso:	T_n máx: $\frac{1}{2}$ "
Met. de diseño:	ACI
Relación a/c:	0.57
Proporción en Volumen C A P:	1 - 2.42 - 1.32
Aditivo:	Sin aditivo
Tipo encofrado:	Liso
Laca:	Con desmoldante
Tiempo de desencofrado:	3 días

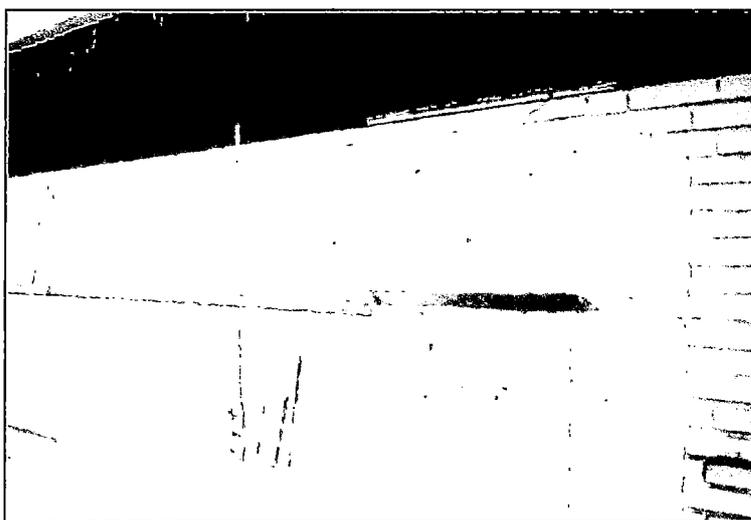


Foto N° 6.5

Variante VI:

Lado:	1
Tamaño Agreg. grueso:	T _n máx: ¾"
Met. de diseño:	Ag. Global
Relación a/c:	0.62
Proporción en Volumen C A P:	1 – 1.99 – 3.02
Aditivo:	Sin aditivo
Tipo encofrado:	Liso
Laca:	Con desmoldante
Tiempo de desencofrado:	3 días

6.1.1 INFLUENCIA DEL TAMAÑO DEL AGREGADO GRUESO.-

ANÁLISIS:

1.- Entre variantes I y II:

	VARIANTE I	VARIANTE II
Tamaño Agreg. grueso:	T _n máx: ½"	T _n máx: ¾"
Met. de diseño:	Ag, Global	Ag, Global
Relación a/c:	0.62	0.62
Proporción en Volumen C A P:	1 -1.88 - 2.98	1 -1.99 - 3.02
Aditivo:	Sin aditivo	CHEMA Plast
Tiempo de desencofrado:	1 día	1 día

Tabla Nº 6.1 Comparación entre variantes I y II respecto a la influencia del tamaño del agregado grueso.

Resultado: Si bien es cierto que en la variante II se observa un aspecto más uniforme, el tamaño del agregado grueso no ha influido mayormente en la apariencia, a pesar de que la variante I por el menor tamaño de la piedra la pasta es más rica en cemento. La mejor apariencia de la variante II es por la mejor trabajabilidad del concreto por acción del plastificante.

2.- Entre variantes III y IV:

	VARIANTE III	VARIANTE IV
Tamaño Agreg. grueso:	T _n máx: ¾"	T _n máx: ½"
Met. de diseño:	ACI	ACI
Relación a/c:	0.57	0.57
Proporción en Volumen C A P:	1 - 2.82 - 1.87	1 - 2.42 - 1.32
Aditivo:	CHEMA Plast	Sin aditivo
Tiempo de desencofrado:	3 días	3 días

Tabla Nº 6.2 Comparación entre variantes III y IV respecto a la influencia del tamaño del agregado grueso.

Resultado: Si bien es cierto que ambas tienen muy buen acabado, en la variante III se observa un acabado más uniforme que en la variante IV; sin embargo, no podemos inferir que el tamaño del agregado grueso haya contribuido a esto. La mejor apariencia de la variante III es por la mejor trabajabilidad del concreto por acción del plastificante.

3.- Variante VI con variantes I y IV:

	VARIANTE VI	VARIANTE I	VARIANTE IV
Tamaño Agreg. grueso:	T _n máx: ¾"	T _n máx: ½"	T _n máx: ½"
Met. de diseño:	Ag. Global	Ag. Global	ACI
Relación a/c:	0.62	0.62	0.57
Proporción en Vol. C A P:	1 - 1.99 - 3.02	1 - 1.88 - 2.98	1 - 2.42 - 1.32
Aditivo:	Sin aditivo	Sin aditivo	Sin aditivo
Tiempo de desencofrado:	3 días	1 día	3 días

Tabla N° 6.3 Comparación de la variante VI con variantes I y IV respecto a la influencia del tamaño del agregado grueso.

Resultado: En la variante VI, podemos observar que tiene un acabado aceptable, la que es mejor que la variante I pero no superior al variante IV. De manera que no es concluyente que el T_nmáx ¾" del agregado grueso sea el más apropiado para el concreto expuesto. Las manchas oscuras son atribuibles a la laca desmoldante que más adelante se explicará en la sección 6.2.2.

CONCLUSION: Si bien es cierto que con el uso del agregado grueso de T_nmáx = ¾" se ha obtenido las mejores apariencias superficiales de concreto expuesto: variantes II, III y VI; no es determinante que es el tamaño más apropiado para la fabricación del concreto expuesto. Dado que el concreto está formado por la pasta (cemento, arena y agua) que envuelve a las piedras, el volumen de pasta está en función del tamaño promedio de las piedras; por lo tanto, este aspecto del tamaño de las piedras no es una variable que pueda afectar significativamente la apariencia superficial del concreto.

6.1.2 INFLUENCIA DE LA DOSIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS EN LA MEZCLA.-

ANÁLISIS:

1.- Entre variantes I y IV:

	VARIANTE I	VARIANTE IV
Tamaño Agreg. grueso:	T _n máx: ½"	T _n máx: ½"
Met. de diseño:	Ag, Global	ACI
Relación a/c:	0.62	0.57
Proporción en Volumen C A P:	1 -1.88 - 2.98	1 - 2.42 - 1.32
Aditivo:	Sin aditivo	Sin aditivo
Tiempo de desencofrado:	1 día	3 días

Tabla N° 6.4 Comparación entre variantes I y IV respecto a la influencia de la dosificación de los agregados en la mezcla.

Resultado: Manteniendo constante el tamaño del agregado grueso y sin el uso de aditivo plastificante en el concreto, podemos observar que la apariencia superficial del concreto de la variante IV es mucho más uniforme que la de la variante I. Podemos concluir que esta buena apariencia es debido a que la variante IV tiene un volumen mayor de arena que de piedra, producto del diseño por el método ACI, la que también está en función de las características de los agregados.

2.- Entre variantes II y III:

	VARIANTE II	VARIANTE III
Tamaño Agreg. grueso:	T _n máx: ¾"	T _n máx: ¾"
Met. de diseño:	Ag, Global	ACI
Relación a/c:	0.62	0.57
Proporción en Volumen C A P:	1 -1.99 - 3.02	1 - 2.82 - 1.87
Aditivo:	CHEMA Plast	CHEMA Plast
Tiempo de desencofrado:	1 día	3 días

Tabla N° 6.5 Comparación entre variantes II y III respecto a la influencia de la dosificación de los agregados en la mezcla.

Resultado: Manteniendo constante el tamaño del agregado grueso y con el uso de aditivo plastificante en el concreto, podemos observar que el concreto de la variante III tiene una apariencia superficial mucho más uniforme que la de la variante II. Igualmente, podemos concluir que esta buena apariencia es debido a que la variante III tiene un volumen mayor de arena que de piedra.

3.- Variante VI con variantes III y IV:

	VARIANTE VI	VARIANTE III	VARIANTE IV
Tamaño Agreg. grueso:	T _n máx: ¾"	T _n máx: ¾"	T _n máx: ½"
Met. de diseño:	Ag. Global	ACI	ACI
Relación a/c:	0.62	0.57	0.57
Proporción en Vol. C A P:	1 - 1.99 - 3.02	1 - 2.82 - 1.87	1 - 2.42 - 1.32
Aditivo:	Sin aditivo	CHEMA Plast	Sin aditivo
Tiempo de desencofrado:	3 días	3 días	3 días

Tabla N° 6.6 Comparación de la variante VI con variantes III y IV respecto a la influencia de la dosificación de los agregados en la mezcla.

Resultado: Los acabados finales de las variantes III y IV diseñados por el método del ACI tienen mejor apariencia que la del variante VI. Podemos inferir que este mayor volumen de arena que la piedra en la mezcla contribuye a lograr un buen acabado superficial.

CONCLUSION: De todas las variantes analizadas, los mejores resultados han sido obtenidos de las variantes III y IV, las que han sido diseñadas por el método del ACI con unas proporciones finales de arena en mayor volumen que la piedra. En tal sentido, podemos concluir que a mayor volumen de pasta que rodea a las piedras, mejora el acabado superficial del concreto expuesto.

6.1.3 INFLUENCIA DEL USO DE ADITIVO PLASTIFICANTE.-**ANÁLISIS:****1.- Entre variantes I y II:**

	VARIANTE I	VARIANTE II
Tamaño Agreg. grueso:	T _n máx: ½"	T _n máx: ¾"
Met. de diseño:	Ag, Global	Ag, Global
Relación a/c:	0.62	0.62
Proporción en Volumen C A P:	1 -1.88 - 2.98	1 -1.99 - 3.02
Aditivo:	Sin aditivo	CHEMA Plast
Tiempo de desencofrado:	1 día	1 día

Tabla N° 6.7 Comparación entre variantes I y II respecto a la influencia del uso de aditivo plastificante.

Resultado: Manteniendo constante el método de diseño de mezclas, podemos observar que la apariencia superficial del concreto de la variante II es mucho más uniforme que la de la variante I. Podemos concluir que esta mejor apariencia es debido a una mejor trabajabilidad del concreto de la variante II por el aditivo plastificante en el concreto.

2.- Entre variantes III y IV:

	VARIANTE III	VARIANTE IV
Tamaño Agreg. grueso:	T _n máx: ¾"	T _n máx: ½"
Met. de diseño:	ACI	ACI
Relación a/c:	0.57	0.57
Proporción en Volumen C A P:	1 - 2.82 - 1.87	1 - 2.42 - 1.32
Aditivo:	CHEMA Plast	Sin aditivo
Tiempo de desencofrado:	3 días	3 días

Tabla N° 6.8 Comparación entre variantes III y IV respecto a la influencia del uso de aditivo plastificante.

Resultado: Manteniendo constante el método de diseño de mezclas, observamos que la apariencia superficial de la variante III es mejor que la de la variante IV. Igualmente, podemos concluir que esto es debido a la trabajabilidad del concreto de la variante III por la presencia del aditivo plastificante.

3.- Entre variantes III y VI:

	VARIANTE III	VARIANTE VI
Tamaño Agreg. grueso:	T_n máx: ¾"	T_n máx: ¾"
Met. de diseño:	ACI	Ag. Global
Relación a/c:	0.57	0.62
Proporción en Volumen C A P:	1 - 2.82 - 1.87	1 - 1.99 - 3.02
Aditivo:	CHEMA Plast	Sin aditivo
Tiempo de desencofrado:	3 días	3 días

Tabla N° 6.9 Comparación entre variantes III y VI respecto a la influencia del uso de aditivo plastificante.

Resultado: Aún cuando entre estas dos variantes no existen parámetros comunes, y que la variante III tiene mejor acabado que la variante VI; podemos afirmar que la adición del plastificante en la variante III aumentando el "slump" del concreto fresco ha dado mayor trabajabilidad al concreto logrando así un mejor acabado.

CONCLUSION: De los resultados obtenidos del análisis respectivo, podemos afirmar que con el uso de aditivo plastificante en el concreto se obtiene mayor trabajabilidad del concreto, obteniendo así mejores acabados superficiales. Es importante recalcar que se debe realizar un mezclado adecuado, ya que el plastificante tiene una coloración oscura, la falta de homogeneidad puede originar manchas en la superficie.

6.1.4 INFLUENCIA DEL TIEMPO DE DESENCOFRADO.-

ANÁLISIS:

1.- Entre variantes I y IV:

	VARIANTE I	VARIANTE IV
Tamaño Agreg. grueso:	T _n máx: ½"	T _n máx: ½"
Met. de diseño:	Ag, Global	ACI
Relación a/c:	0.62	0.57
Proporción en Volumen C A P:	1 -1.88 - 2.98	1 - 2.42 - 1.32
Aditivo:	Sin aditivo	Sin aditivo
Tiempo de desencofrado:	1 día	3 días

Tabla Nº 6.10 Comparación entre variantes I y IV respecto a la influencia del tiempo de desencofrado.

Resultado: Manteniendo constante el tamaño del agregado grueso y sin el uso de aditivo plastificante en el concreto, podemos observar que no hay mayor variación en la tonalidad final del color de la superficie con un mayor tiempo de desencofrado.

2.- Entre variantes II y III:

	VARIANTE II	VARIANTE III
Tamaño Agreg. grueso:	T _n máx: ¾"	T _n máx: ¾"
Met. de diseño:	Ag, Global	ACI
Relación a/c:	0.62	0.57
Proporción en Volumen C A P:	1 -1.99 - 3.02	1 - 2.82 - 1.87
Aditivo:	CHEMA Plast	CHEMA Plast
Tiempo de desencofrado:	1 día	3 días

Tabla Nº 6.11 Comparación entre variantes II y III respecto a la influencia del tiempo de desencofrado.

Resultado: Manteniendo constante el tamaño del agregado grueso y con el uso de aditivo plastificante en el concreto, igualmente podemos observar que no hay mayor variación en la tonalidad final del color de la superficie con un mayor tiempo de desencofrado.

3.- Variante VI con variantes I y IV:

	VARIANTE VI	VARIANTE I	VARIANTE IV
Tamaño Agreg. grueso:	T _n máx: ¾"	T _n máx: ½"	T _n máx: ½"
Met. de diseño:	Ag. Global	Ag, Global	ACI
Relación a/c:	0.62	0.62	0.57
Proporción en Vol. C A P:	1 - 1.99 - 3.02	1 -1.88 - 2.98	1 - 2.42 - 1.32
Aditivo:	Sin aditivo	Sin aditivo	Sin aditivo
Tiempo de desencofrado:	3 días	1 día	3 días

Tabla N° 6.12 Comparación de la variante VI con variantes I y IV respecto a la influencia del tiempo de desencofrado.

Resultado: Si comparamos la variante VI con la variante I, manteniendo constante el diseño de mezclas y sin utilizar plastificante, observamos que la variante VI tiene un mejor acabado (sin considerar las manchas existentes). Y si comparamos la variante VI con la variante IV, manteniendo constante los días de desencofrado y sin utilizar plastificante, observamos que la variante IV tiene ligeramente un mejor acabado. En tal sentido, no podemos afirmar que los días de desencofrado pueda afectar significativamente la apariencia final del concreto.

CONCLUSION: De los resultados obtenidos del análisis respectivo, podemos confirmar que los tiempos de desencofrado lateral de los elementos de concreto hasta el tercer día, no tiene mayor influencia en la superficie del concreto expuesto, a pesar del calor de hidratación atrapado (principalmente en columnas y no tanto en vigas). Sin embargo, no podemos aseverar lo mismo para desencofrados a tiempos mayores.

6.1.5 CONCLUSIONES.-

Luego de realizado el análisis respectivo de los factores que influyen patológicamente en la apariencia final del concreto expuesto, podemos concluir con lo siguiente:

- 1.- **El tamaño del agregado grueso:** El tamaño de las piedras (hasta T_n máx 1") no es una variable que pueda afectar significativamente la apariencia superficial del concreto.
- 2.- **La dosificación de los agregados en la mezcla:** Las mezclas que tienen mayor volumen de arena que de piedra influye favorablemente sobre el acabado superficial del concreto expuesto obteniéndose apariencias más uniformes.
- 3.- **Uso de aditivo plastificante:** Con la adición de aditivo plastificante en el concreto fresco se obtiene mejores acabados superficiales, ya que el concreto tiene mejor trabajabilidad.
- 4.- **El tiempo de desencofrado:** El desencofrado lateral de los elementos de concreto hasta el tercer día, no tiene mayor influencia en la coloración final de la superficie de concreto expuesto. Pero no podemos aseverar lo mismo para desencofrados a tiempos mayores.

6.2 FACTORES RELATIVOS A LOS ENCOFRADOS QUE INFLUYEN EN EL CONCRETO EXPUESTO DEL TIPO LISO.-

Los factores relativos a los encofrados que influyen en la calidad del concreto expuesto a analizar son:

- a) Tipo de acabado superficial (juntas, textura).
- b) Laca desmoldante.

La calificación de las apariencias superficiales también será a partir de una observación visual, y los aspectos a evaluar es la textura superficial del concreto en las juntas y empalmes y la influencia de la laca desmoldante en el acabado final.

6.2.1 INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO DE JUNTAS EN EL ACABADO.-

En este sub-capítulo se evaluarán las juntas de los paneles, comparando los resultados de una superficie de una correcta hermetización y las precauciones a tomar en los usos sucesivos de los moldes; también se evaluarán las juntas frías de construcción y empalme de planchas dentro de un panel.

En las páginas siguientes presentamos vistas fotográficas y las que serán analizadas cada uno de ellos.



Foto N° 6.6

Vista de una arista en una perfecta escuadra a 90°.

Corresponde a la variante I, entre el lado 2 (izquierda, encofrado liso) y lado 3 (derecha, encofrado sin laca); esta arista ha sido lograda sólo con la unión simple de los 2 paneles de estos lados, sin ningún tipo de tratamiento en la hermetización de esta junta. La variante I ha sido realizada con paneles al primer uso.

CONCLUSION N° 1: Se puede lograr con paneles al primer uso una buena arista a escuadra sin realizar ningún tipo de hermetización adicional en la junta. Es de vital importancia el aseguramiento adecuado del encofrado.

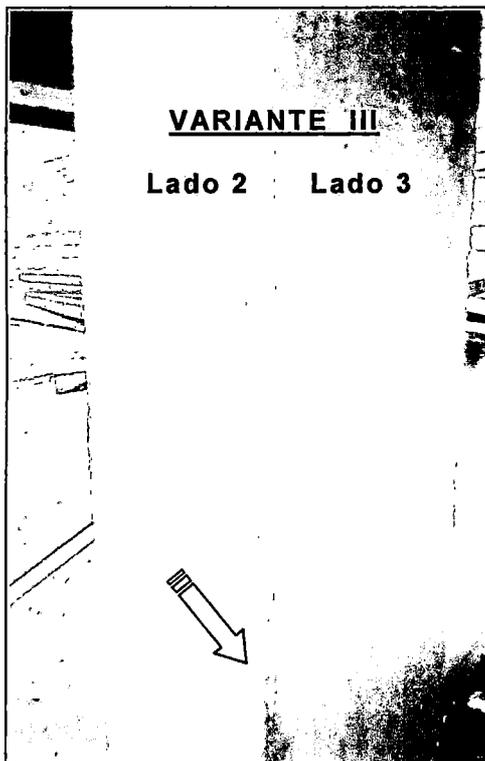


Foto N° 6.7

Otra vista de una arista con buen acabado a escuadra pero con una ligera arenosidad en la parte inferior.

Corresponde a la variante III, entre el lado 2 (izquierda, encofrado liso) y lado 3 (derecha, encofrado sin laca). Igualmente, esta arista ha sido lograda con la unión simple de los 2 paneles pero al 2do. uso y sin tratamiento de impermeabilización en esta junta.

CONCLUSION N° 2: El deterioro de los bordes de los "triplays" comienza al 2do. uso, pero todavía se puede lograr aristas aceptables a escuadra.



Foto N° 6.8

Vista de una arista en ochavo y corresponde a la variante II, entre el lado 1 y 2 (ambas caras con encofrado liso).

Esta arista ha sido lograda con un tratamiento de impermeabilización con esponja descrita en el punto 5.2 (ver Fig. N° 5.2 y Foto N° 5.4) y podemos observar que ha dado buenos resultados. La mancha oscura que se aprecia es por acción de la laca aplicada al junquillo la que se explicará en la Foto N° 6.11.

CONCLUSION N° 3: Se puede lograr con paneles al primer uso una buena arista en ochavo hermetizando con esponja de acuerdo al procedimiento descrito en el punto 5.2.

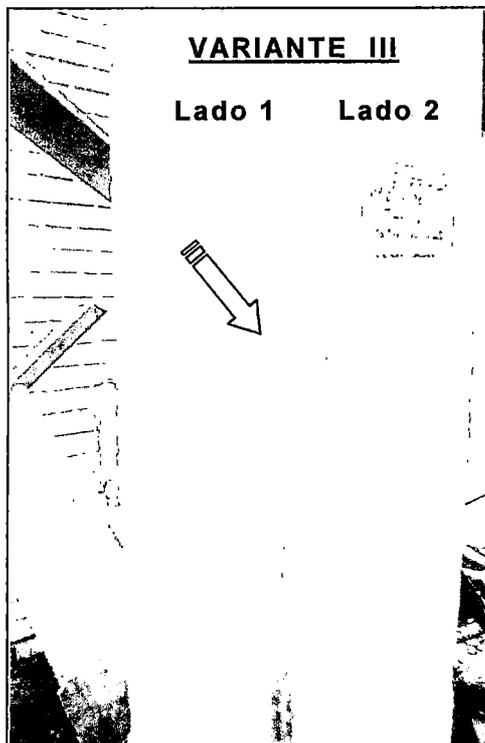


Foto N° 6.9

Otra vista de una arista en ochavo y corresponde a la variante III, entre el lado 1 y 2 (ambas caras con encofrado liso).

Esta arista ha sido lograda con el mismo molde utilizado para la variante I ubicada en la parte inferior de la columna, no hubo cambio del junquillo. En la vista podemos observar una pequeña arenosidad debido a un escape de lechada.

CONCLUSION N° 4: Después del primer uso, los moldes pierden rigidez, por lo que es necesario hermetizar nuevamente esta junta con el mismo procedimiento pero con un junquillo nuevo.

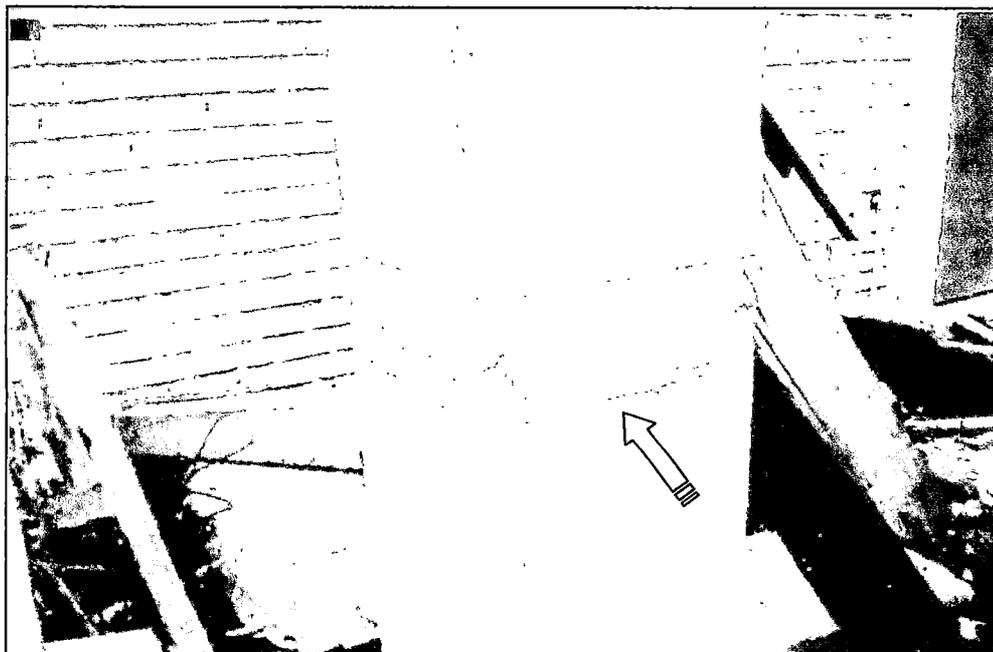


Foto N° 6.10 Vista de una junta fría entre vaciado de concreto.

El aspecto oscuro es la capa de lechada filtrada por debajo del junquillo, si no se hubiera hermetizado de la manera como se observa tanto en la Foto N° 5.7 y en Fig. N° 5.5, la lechada habría chorreado por el concreto inferior. Sin embargo, este aspecto terminado tampoco es una apariencia aceptable.

CONCLUSION N° 5: Para disimular la junta fría y evitar el escape de la lechada del concreto por debajo del junquillo, es necesario impermeabilizar con un mortero sobre el concreto vaciado en todo el perímetro del junquillo, tal como se muestra en la Fig. 6.1

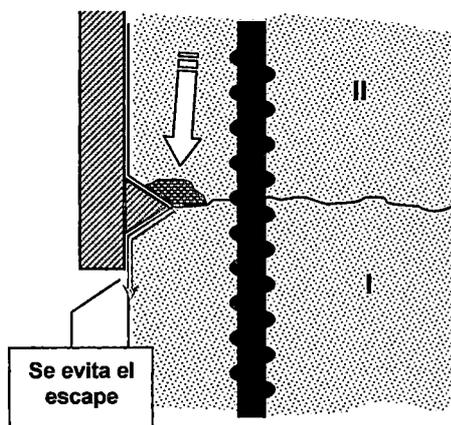


Fig. N° 6.1

6.2.2 INFLUENCIA DE LA LACA DESMOLDANTE.-

En este sub-capítulo se evaluará la influencia de la laca desmoldante sobre la apariencia final del concreto expuesto. Vamos a poder observar los resultados de una superficie producto de una correcta aplicación del desmoldante y otra superficie por una deficiente aplicación de la misma.

Igualmente, nos apoyamos con documentación fotográfica para la evaluación de sus efectos.

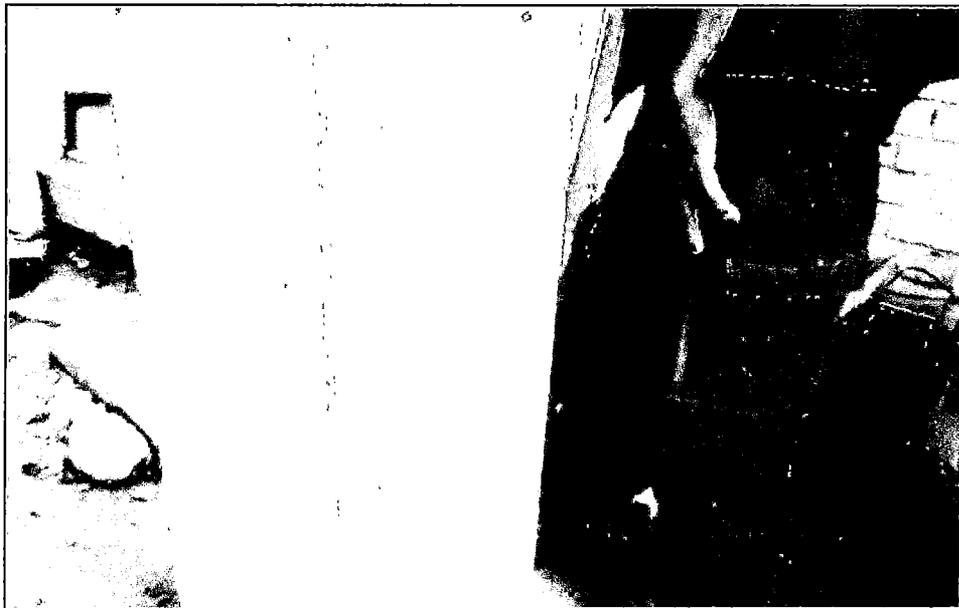


Foto N° 6.11 Vista de una arista ochavada con mancha oscura.

Esta mancha oscura es el efecto de la laca sobre la superficie, y es debido a que se aplicó la laca desmoldante sobre el junquillo que da forma al ochavo, el mismo día del vaciado de concreto.

Estos lados de concreto expuesto liso corresponden a la variante II, y podemos observar el contraste entre el color de las caras y la arista, el tratamiento del encofrado de las caras ha sido de acuerdo a lo recomendado en los incisos 9 y 10 del capítulo 4, parte 4.4, y mucho antes de las 24 horas del vaciado de concreto.



Foto N° 6.12 Vista de una arista ochavada tratado adecuadamente con laca desmoldante.

Esta vista corresponde a los lados de concreto expuesto liso de la variante IV, donde se ha rectificado la deficiencia comentada en la Foto N° 6.11, es decir, tanto el laqueado del molde en su conjunto como del junquillo se realizó 24 horas antes del inicio de los trabajos de encofrado, de acuerdo a lo recomendado en el inciso 11 del capítulo 4, parte 4.4, lo que demuestra fehacientemente la importancia de respetar estos tiempos.

CONCLUSION N° 1: Para evitar la presencia de manchas oscuras sobre la superficie del concreto expuesto liso, es importante que la última aplicación de laca sobre los moldes sea por lo menos 24 horas antes del inicio de los trabajos de encofrado de los elementos.

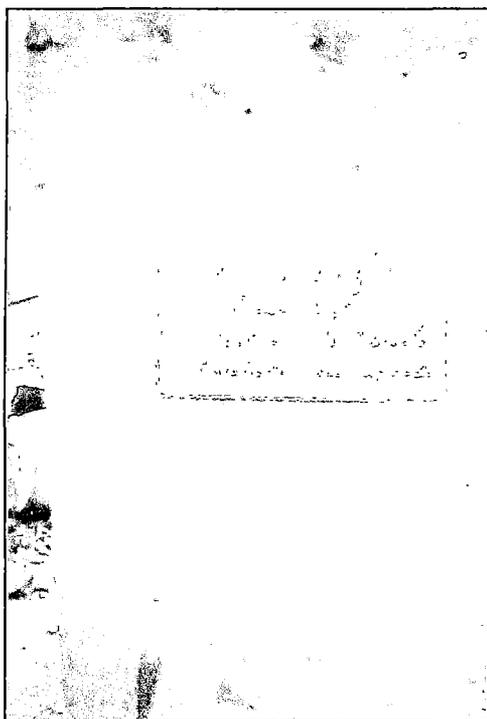


Foto N° 6.13

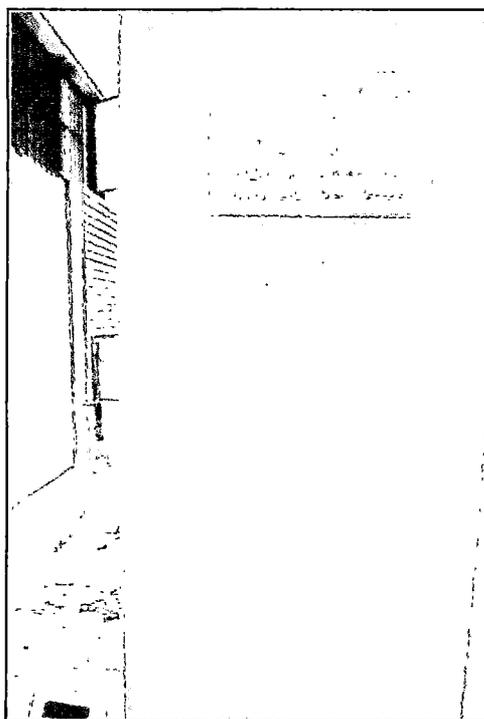


Foto N° 6.14

Fotos N° 6.13 y 6.14: Vistas del lado 3 de las variantes II y IV respectivamente y corresponden a apariencias de concreto realizada con planchas de "triplay" pero semi-laqueadas, es decir, no se ha completado el proceso de aplicación de laca desmoldante de acuerdo a lo descrito en los incisos 9 y 10 del capítulo 4, parte 4.4.

A modo de comparación, ver Foto N° 6.15 donde se aprecia el acabado del concreto cuando no se ha aplicado laca a las planchas de "triplay".

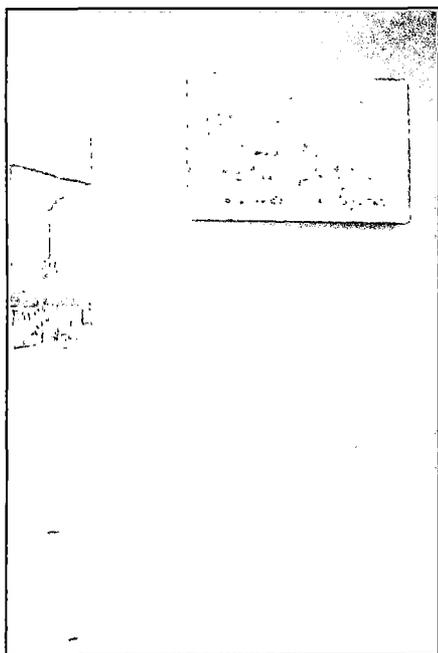


Foto N° 6.15

Vista del concreto expuesto hecho con "triplay" sin laquear.

CONCLUSION N° 2: Verificar en forma permanente que se cumpla cada uno de los pasos de aplicación de laca desmoldante sobre los paneles; caso contrario, no se conseguirá el espesor adecuado de la membrana desmoldante, lo que reflejará un mal aspecto en el acabado final.



Foto N° 6.16 Vista de la adherencia de laca caducada en el concreto.

Esta vista corresponde a la variante V de la viga, la que no podemos apreciar su superficie debido a la adherencia de la capa de laca desmoldante aplicada con fecha de vencimiento pasada. Cabe mencionar que el laqueado del panel se realizó mucho antes de las 24 horas previas al inicio de los trabajos de encofrado de viga.

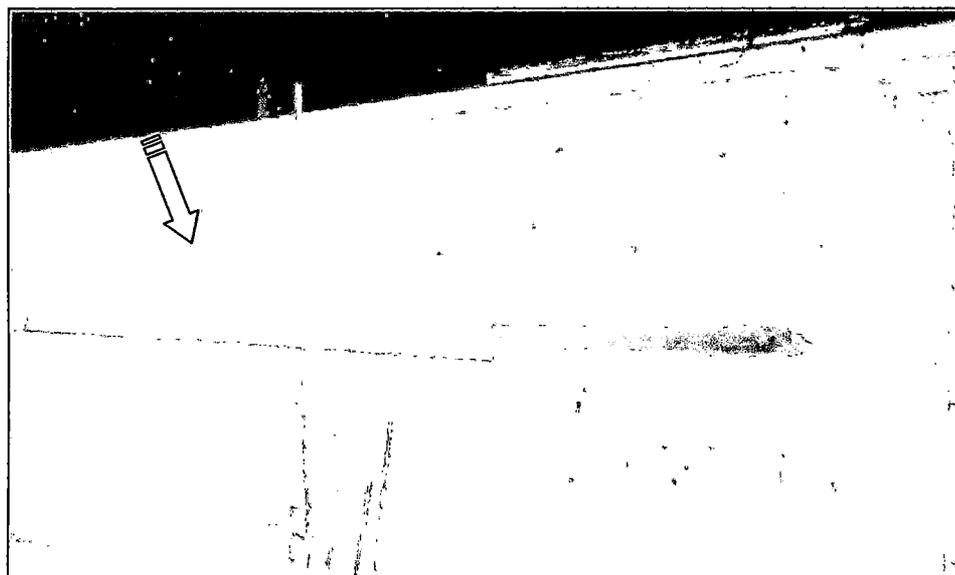


Foto N° 6.17 Vista de la adherencia de laca en el concreto.

Esta vista corresponde a la variante VI de la viga, donde podemos observar una aceptable apariencia del concreto pero con manchas en la superficie, las que no son por causas patológicas del concreto. Estas manchas son producidas accidentalmente por la brocha con laca caducada durante la aplicación de la laca desmoldante al panel del fondo de viga. Cabe mencionar que la laca caducada se aplicó al panel del fondo de viga cuando ya estaban culminados los trabajos de encofrado.

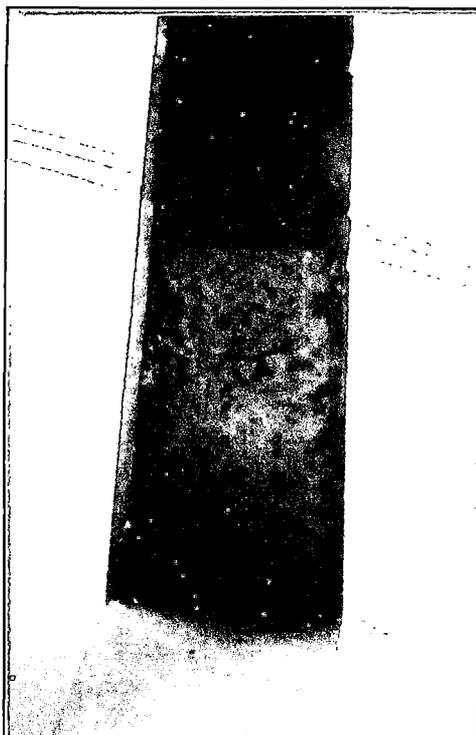


Foto N° 6.18



Foto N° 6.19

Fotos N° 6.18 y 6.19: Vistas correspondientes al fondo de viga, a las variantes V y VI respectivamente. Sin embargo, no podemos apreciar las apariencias debido a la adherencia de la laca desmoldante con vencimiento caducada. Se observan también en las vistas la adherencia de astillas del "triplay" al concreto.

CONCLUSION N° 3: Descartar totalmente el uso de laca desmoldante en la aplicación de los paneles cuando esta tenga su fecha de vigencia vencida; ya que la membrana pierde su dureza y se adhiere al concreto al momento del desencofrado y genera manchas en la superficie del acabado.

Para efectos comparativos, se presenta 4 vistas fotográficas de distintos acabados de concreto expuesto como reflejo de los encofrados; como variable común se tiene que el concreto es diseñado por el método del ACI:

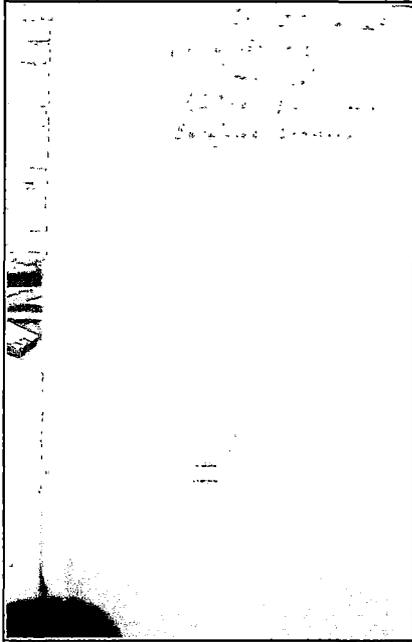


Foto N° 6.3
Variante III con "triplay" laqueado.

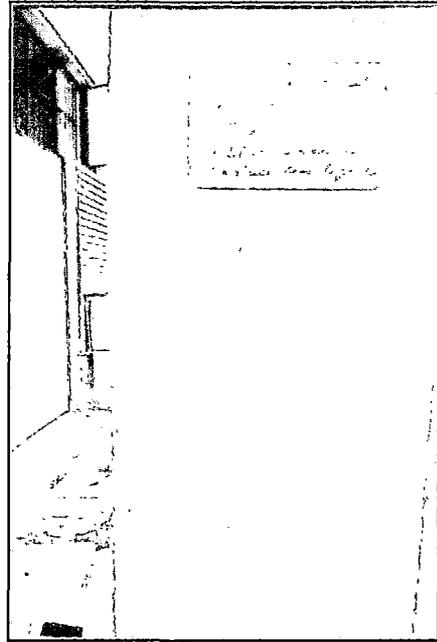


Foto N° 6.14
Variante IV con "triplay" semi-laqueado.

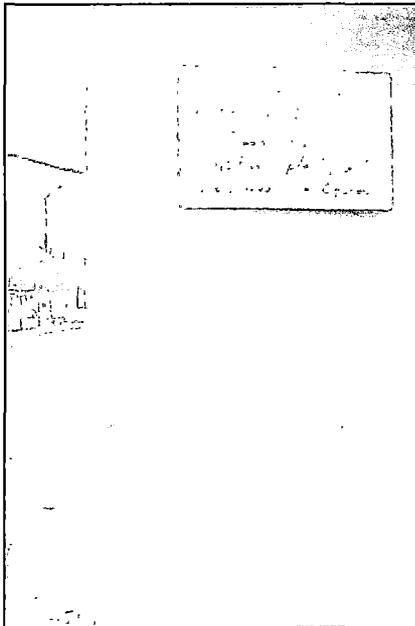


Foto N° 6.15
Variante III con "triplay" sin laquear.

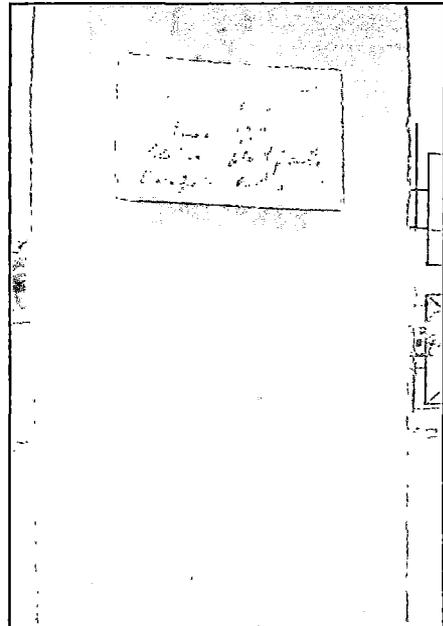


Foto N° 6.20
Variante III con encofrado rústico.

6.2.3 CONCLUSIONES.-

Luego de realizado el análisis del encofrado sobre la textura superficial del concreto en las juntas y empalmes y la influencia de la laca desmoldante en la apariencia final del concreto expuesto, podemos concluir con lo siguiente:

- 1.- **Aristas en escuadra:** Con paneles al primer uso se puede lograr una buena arista a escuadra sin realizar ningún tipo de hermetización adicional en la junta. Luego del 1er. uso, comienza el deterioro de los bordes, pero aún así se puede lograr aristas aceptables a escuadra. Es de vital importancia el aseguramiento adecuado del encofrado.
- 2.- **Aristas en ochavo:** Realizando la hermetización con esponja correctamente de acuerdo al procedimiento descrito en el punto 5.2, se logra con paneles al primer uso una arista en ochavo aceptable. Después del primer uso, se repite el mismo procedimiento pero con un junquillo nuevo.
- 3.- **Bruñas en juntas frías:** Para disimular la junta fría y evitar el escape de la lechada del concreto por debajo del junquillo horizontal que da forma a la bruña, es necesario impermeabilizar con un mortero sobre el concreto vaciado en todo el perímetro del junquillo, tal como se muestra en la Fig. N° 6.1.
- 4.- **Plazo de la última aplicación de laca desmoldante:** Para evitar la presencia de manchas oscuras sobre la superficie del concreto expuesto liso, es necesario que la última aplicación de laca sobre los moldes sea por lo menos 24 horas antes del inicio de los trabajos de encofrado de los elementos. Es importante verificar que el proceso de aplicación de laca sea completada en su totalidad.
- 5.- **Verificación de la fecha de vigencia de laca desmoldante:** Descartar totalmente el uso de laca desmoldante en la aplicación de

los paneles cuando esta tenga su fecha de vigencia vencida; ya que la membrana pierde su dureza y se adhiere al concreto al momento del desencofrado y genera manchas en la superficie del acabado.

CAPITULO VII

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

En este capítulo se va a realizar el análisis de costos unitarios para la elaboración de elementos de concreto expuesto del tipo liso, cuyos rendimientos e insumos tanto de equipos, de materiales como de mano de obra son tomadas del plan experimental realizado y comentado en el capítulo V.

En tal sentido, se realizará el análisis de costos unitarios para la ejecución de una columna y una viga de concreto expuesto y luego se comparará con los costos de ejecución de los mismos elementos pero ejecutados con concreto convencional. Las partidas a analizar en todos los casos son:

- a) Encofrado y desencofrado.
- b) Concreto de calidad $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Y para el concreto convencional se adicionará los análisis de costos unitarios de la CAPECO de las siguientes partidas: tarrajeo, vestidura de aristas y pintura. Los precios son de la ciudad de Lima y son obtenidos de la Revista Constructivo Ed. 53, Noviembre del 2,006.

7.1 COSTOS DE CONSTRUCCION DE COLUMNA.-

Las dimensiones de la columna para el análisis de precio unitario tanto para concreto expuesto como para el concreto convencional es la siguiente:

ALTURA: 2.40 m.
SECCION TRANSVERSAL: 0.30 m. x 0.50 m.

7.1.1 ANALISIS DE COSTO UNITARIO DE ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNA DE CONCRETO EXPUESTO.-

De acuerdo a la Fig. 7.1, el aporte unitario de materiales para encofrado de una columna de concreto expuesto está contenida en la Tabla N° 7.1

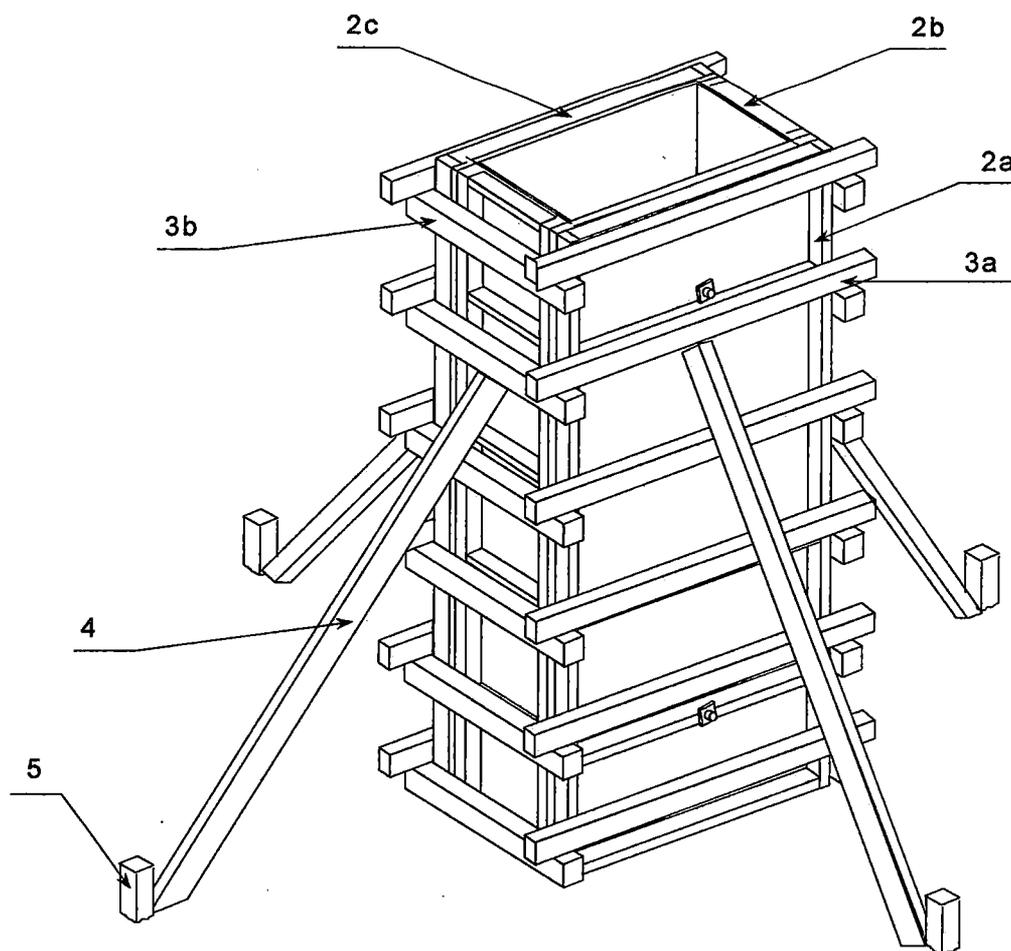


Fig. N° 7.1 Encofrado de columna de concreto expuesto.

Tomando en cuenta las dimensiones de la columna (Altura: 2.40 m. y Sección transversal: 0.30 m. x 0.50 m.), la unidad de medida como área total de encofrado es:

$$\text{Unidad de medida (U.M.)} = (2 \times 0.50 + 2 \times 0.30) \times 2.40 = 3.84 \text{ m}^2$$

Elemento N°	Descripción	Sección (A)	Longitud		Cantidad (C)	Pies ² AxBxC 12	Desperdicios: Madera 10 %	N° Usos	Pies ² N° Usos	Pies ² U.M.
			m.l.	Pies (B)						
1	Triplay	4' x 8' x 19 mm.			1.33		1.46	4	0.37	0.10 Pl.
Total Triplay:										0.10 Pl.
2a	Barrotes (bastidor)	2" x 4"	2.40	7.87	8	41.97	46.17	7	6.60	1.72
2b	Barrotes (bastidor)	2" x 4"	0.30	0.98	12	7.84	8.62	7	1.23	0.32
2c	Barrotes (bastidor)	2" x 4"	0.50	1.64	12	13.12	14.43	7	2.06	0.54
3a	Barrotes (6 marcos)	2" x 4"	0.90	2.95	12	23.60	25.96	7	3.71	0.97
3b	Barrotes (6 marcos)	2" x 4"	0.70	2.30	12	18.40	20.24	7	2.89	0.75
4	Puntales	2" x 3"	2.30	7.54	4	15.08	16.59	10	1.66	0.43
5	Estacas	3" x 3"	0.45	1.48	4	4.44	4.88	4	1.22	0.32
6	Junquillos ochavadas	$\frac{(1" \times 1")}{2}$	2.40	7.87	4	1.31	1.44	1	1.44	0.38
Total Madera:										5.43 p²
Elemento N°	Descripción	Sección (A)	Longitud		Cantidad (C)	Clavos, alambres (Kg.)	Desperdicios: 15 %	N° Usos	Material N° Usos	Mater. U.M.
			m.l.	Pies (B)						
7	Laca Desmold.				0.25 gal.		0.29	1	0.29	0.08
8	Pernos Φ 1/2"		0.50		4 Unid.			100	0.04	0.01
9	Tubo PVC Φ 3/4"		0.50		4		2.30	1	2.30	0.60
10	Clavos 1"				64 Unid.	0.07	0.08	1	0.08	0.02
11	Clavos 2"				130 Unid.	0.22	0.25	1	0.25	0.07
12	Clavos 3"				80 Unid.	0.85	0.98	2	0.49	0.13
Total Clavos:										0.22 Kg.

Tabla N° 7.1 Aporte unitario de materiales para encofrado de columna de concreto expuesto.

Tomando en consideración los datos de la Tabla N° 7.1, el análisis de precio unitario para la partida de encofrado y desencofrado de una columna de concreto expuesto de las medidas indicadas, se muestra en la Tabla N° 7.2:

PARTIDA: Encofrado y desencofrado de columna (concreto expuesto)

Unidad: m²

Cuadrilla: Encofrado: 0.10 Capataz + 1 Operario + 1 Oficial

Desencofrado: 1 Oficial + 2 Peones

Rendimiento: Habilitación: 40 m² al día

Encofrado: 6 m² al día

Desencofrado: 25 m² al día

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES					
Triplay 4" x 8" x 19 mm.	Pl.	0.10	84.00	8.40	
Madera Tornillo	p ²	5.43	3.00	16.29	
Laca Desmoldante	Gal.	0.08	109.19	8.74	
Pernos Φ ½"	Unid.	0.01	24.04	0.24	
Tubo PVC Φ ¾"	ml.	0.60	9.42	5.65	
Clavos	Kg.	0.22	2.85	0.63	
Costo de Materiales:					39.95
MANO DE OBRA					
Capataz	h-h	0.15	15.29	2.29	
Operario	h-h	1.53	11.76	17.99	
Oficial	h-h	1.85	10.53	19.48	
Peón	h-h	0.64	9.51	6.09	
Costo de Mano de Obra:					45.85
HERRAMIENTAS					
Herramientas: 3% M.O.		0.03	45.85	1.38	
Costo de Herramientas:					1.38
TOTAL:					87.18

Fuente: Precios unitarios en Nuevos Soles obtenidos de la Revista Constructivo Ed. 53 Oct. – Nov. 2006.

Tabla N° 7.2 Análisis de Costo Unitario para encofrado de columna de concreto expuesto.

7.1.2 ANALISIS DE COSTO UNITARIO DE CONCRETO DE COLUMNA CON ADITIVO PLASTIFICANTE.-

PARTIDA: Columnas – concreto 210 Kg/cm² c/aditivo plastificante
(concreto expuesto)
Unidad: m³
Cuadrilla: 0.10 Capataz + 1 Operario + 1 Oficial + 5 Peones
Rendimiento: 5 m³ al día

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES					
Arena gruesa	m ³	0.42	21.85	9.18	
Piedra chancada ¾"	m ³	0.85	41.62	35.38	
Agua	m ³	0.18	1.83	0.33	
Cemento Pórtland Tipo I	Bl.	9.74	15.13	147.37	
Aditivo plastificante	Gal.	0.34	23.50	7.99	
Costo de Materiales:					200.25
MANO DE OBRA					
Capataz	h-h	0.16	15.29	2.45	
Operario	h-h	1.60	11.76	18.82	
Oficial	h-h	1.60	10.53	16.85	
Peón	h-h	8.00	9.51	76.08	
Costo de Mano de Obra:					114.20
EQUIPOS					
Herramientas	% M.O.	3.00	114.20	3.43	
Mezcladora 11 p ³ , 22HP	h-m	0.80	15.05	12.04	
Vibrador 1 ¾", 4 HP	h-m	0.80	4.95	3.96	
Costo de Equipos:					19.43
TOTAL:					333.28

Fuente: Precios unitarios en Nuevos Soles obtenidos de la Revista
Constructivo Ed. 53 Oct. – Nov. 2006.

**Tabla N° 7.3 Análisis de Costo Unitario para de concreto 210 Kg/cm² de
columna con aditivo plastificante.**

7.1.3 ANALISIS DE COSTO UNITARIO DE ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNA DE CONCRETO CONVENCIONAL.-

De acuerdo a la Fig. 7.2, el aporte unitario de materiales para encofrado rústico de una columna de concreto convencional (típica) está contenida en la Tabla N° 7.4

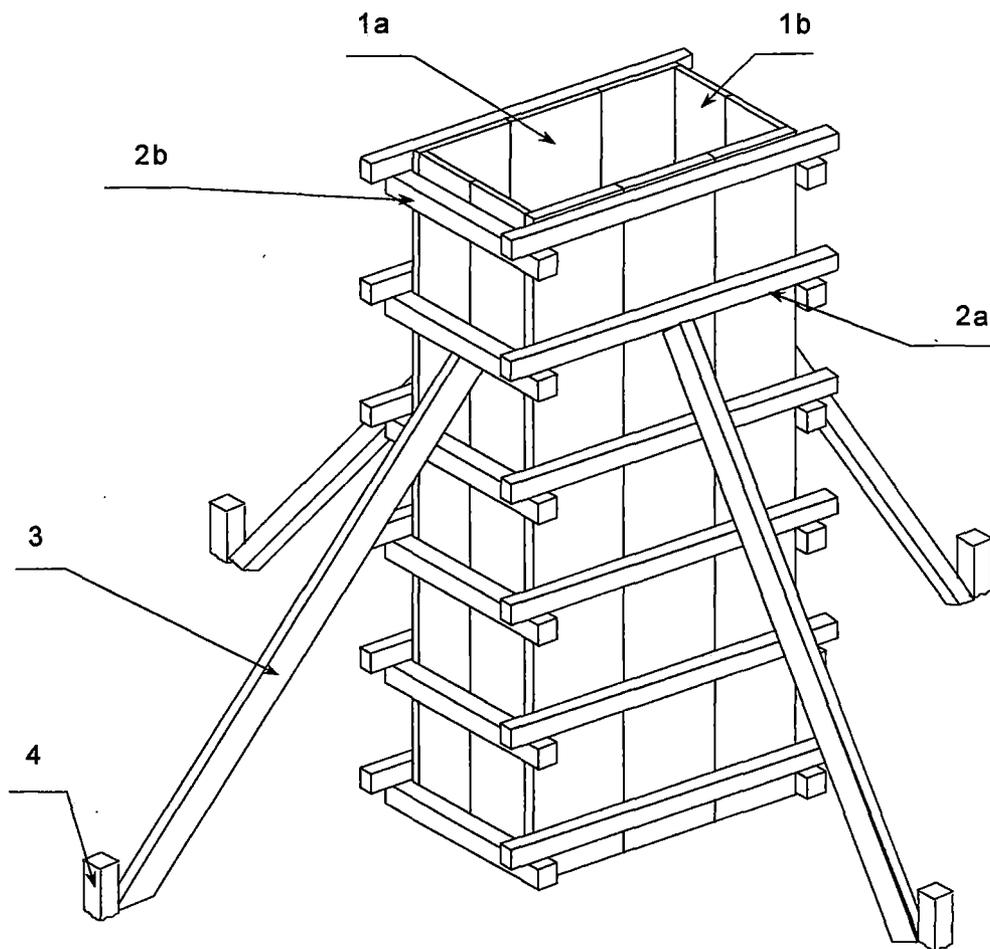


Fig. N° 7.2 Encofrado de columna de concreto convencional (típica).

Tomando en cuenta las dimensiones de la columna (Altura: 2.40 m. y Sección transversal: 0.30 m. x 0.50 m.), la unidad de medida como área total de encofrado es:

$$\text{Unidad de medida (U.M.)} = (2 \times 0.50 + 2 \times 0.30) \times 2.40 = 3.84 \text{ m}^2$$

Elemento N°	Descripción	Sección (A)	Longitud		Cantidad (C)	Pies ² AxBxC 12	Desperdicios: Madera 10 %	N° Usos	Pies ² N° Usos	Pies ² U.M.
			m.l.	Pies (B)						
1a	Tablones	1 ½" x 8"	2.40	7.87	6	47.22	51.94	7	7.42	1.93
1b	Tablones	1 ½" x 6"	2.40	7.87	4	23.61	25.97	7	3.71	0.97
2a	Barrotes (6 marcos)	2" x 4"	0.90	2.95	12	23.60	25.96	7	3.71	0.97
2b	Barrotes (6 marcos)	2" x 4"	0.70	2.30	12	18.40	20.24	7	2.89	0.75
3	Puntales	2" x 3"	2.30	7.54	4	15.08	16.59	10	1.66	0.43
4	Estacas	3" x 3"	0.45	1.48	4	4.44	4.88	4	1.22	0.32
Total Madera:										5.37 p²
Elemento N°	Descripción	Sección (A)	Longitud		Cantidad (C)	Clavos, alambres (Kg.)	Desperdicios: 15 %	N° Usos	Material N° Usos	Mater. U.M.
			m.l.	Pies (B)						
5	Alambre N°8		11.4			1.25	1.44	1	1.44	0.38
6	Clavos 3"				260 Unid.	1.44	1.66	2	0.83	0.22
Total Clavos:										0.22 Kg.

Tabla N° 7.4 Aporte unitario de materiales para encofrado de columna de concreto convencional.

Tomando en consideración los datos de la Tabla N° 7.4, el análisis de precio unitario para la partida de encofrado y desencofrado de una columna de concreto convencional (típica), se muestra en la Tabla N° 7.5:

PARTIDA:	Encofrado y desencofrado de columna típica (concreto convencional)
Unidad:	m ²
Cuadrilla:	Encofrado: 0.10 Capataz + 1 Operario + 1 Oficial Desencofrado: 1 Oficial + 2 Peones
Rendimiento:	Habilitación: 40 m ² al día Encofrado: 10 m ² al día Desencofrado: 40 m ² al día

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES					
Madera Tornillo	p ²	5.37	3.00	16.11	
Alambre N°8	Kg.	0.38	3.11	1.18	
Clavos 3"	Kg.	0.22	2.85	0.63	
Costo de Materiales:					17.92
MANO DE OBRA					
Capataz	h-h	0.10	15.29	1.53	
Operario	h-h	1.00	11.76	11.76	
Oficial	h-h	1.20	10.53	12.64	
Peón	h-h	0.40	9.51	3.80	
Costo de Mano de Obra:					29.73
EQUIPOS					
Herramientas: 3% M.O.		0.03	29.73	0.89	
Costo de Herramientas:					0.89
TOTAL:					48.54

Fuente: A.C.U. de la CAPECO y precios unitarios en Nuevos Soles obtenidos de la Revista Constructivo Ed. 53 Oct. – Nov. 2006.

Tabla N° 7.5 Análisis de Costo Unitario para encofrado de columna de concreto convencional (típica).

7.1.4 ANALISIS DE COSTO UNITARIO DE CONCRETO DE COLUMNA.-

PARTIDA: Columnas – concreto 210 Kg/cm² (concreto convencional)

Unidad: m³

Cuadrilla: 0.10 Capataz + 1 Operario + 1 Oficial + 5 Peones

Rendimiento: 5 m³ al día

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES					
Arena gruesa	m ³	0.42	21.85	9.18	
Piedra chancada ¾"	m ³	0.85	41.62	35.38	
Agua	m ³	0.18	1.83	0.33	
Cemento Pórtland Tipo I	Bl.	9.74	15.13	147.37	
Costo de Materiales:					192.26
MANO DE OBRA					
Capataz	h-h	0.16	15.29	2.45	
Operario	h-h	1.60	11.76	18.82	
Oficial	h-h	1.60	10.53	16.85	
Peón	h-h	8.00	9.51	76.08	
Costo de Mano de Obra:					114.20
EQUIPOS					
Herramientas	% M.O.	3.00	114.20	3.20	
Mezcladora 11 p ³ , 22HP	h-m	0.80	15.05	12.04	
Vibrador 1 ¾", 4 HP	h-m	0.80	4.95	3.96	
Costo de Equipos:					19.20
TOTAL:					325.66

Fuente: A.C.U. de la CAPECO y precios unitarios en Nuevos Soles obtenidos de la Revista Constructivo Ed. 53 Oct. – Nov. 2006.

Tabla N° 7.6 Análisis de Costo Unitario para concreto 210 Kg/cm² de columna.

7.1.5 ANALISIS DE COSTO UNITARIO DE TARRAJEO DE COLUMNA.-

PARTIDA: Tarrajeo de columnas (superficie)
Unidad: m²
Especificaciones: Pañeteo y acabado, espesor: 1.5 cm. Mezcla 1:5
Cuadrilla: 0.10 Capataz + 1 Operario + 0.33 Peón
Rendimiento: 8 m² al día

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES					
Arena fina	m ³	0.016	21.01	0.34	
Cemento Pórtland Tipo I	Bl.	0.117	15.13	1.77	
Costo de Materiales:					2.11
MANO DE OBRA					
Capataz	h-h	0.10	15.29	1.53	
Operario	h-h	1.00	11.76	11.76	
Peón	h-h	0.33	9.51	3.14	
Costo de Mano de Obra:					16.43
EQUIPOS					
Herramientas	% M.O.	3.00	16.43	0.49	
Regla de madera	p ²	0.40	2.42	0.97	
Clavos 3"	Kg.	0.02	2.85	0.06	
Andamio de madera	p ²	0.58	2.42	1.40	
Costo de Equipos:					2.92
TOTAL:					21.46

Fuente: A.C.U. de la CAPECO y precios unitarios en Nuevos Soles obtenidos de la Revista Constructivo Ed. 53 Oct. – Nov. 2006.

Tabla N° 7.7 Análisis de Costo Unitario de tarrajeo de columna.

7.1.6 ANALISIS DE COSTO UNITARIO DE VESTIDURA DE ARISTAS DE COLUMNA.-

PARTIDA: Tarrajeo de columnas (aristas)
Unidad: ml.
Especificaciones: Los materiales, andamio, reglas y herramientas están incluidos en el tarrajeo de la superficie de la columna
Cuadrilla: 0.10 Capataz + 1 Operario + 0.33 Peón
Rendimiento: 20 ml. al día

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MANO DE OBRA					
Capataz	h-h	0.10	15.29	0.61	
Operario	h-h	1.00	11.76	4.70	
Peón	h-h	0.33	9.51	1.24	
Costo de Mano de Obra:					6.55
TOTAL:					6.55

Fuente: A.C.U. de la CAPECO y precios unitarios en Nuevos Soles obtenidos de la Revista Constructivo Ed. 53 Oct. – Nov. 2006.

Tabla Nº 7.8 Análisis de Costo Unitario de vestidura de aristas de columna.

7.1.7 ANALISIS DE COSTO UNITARIO DE PINTURA DE COLUMNA.-

PARTIDA: Pintura latex 2 manos en columnas
Unidad: m²
Especificaciones: Aplicación de 2 manos de pintura latex considerando imprimación
Cuadrilla: 0.10 Capataz + 1 Operario + 1 Peón
Rendimiento: 70 m² al día

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES					
Imprimante	Kg.	0.20	0.80	0.16	
Lija para madera	Unid.	0.20	0.84	0.17	
Pintura latex	Gal.	0.05	24.28	1.21	
Costo de Materiales:					1.54
MANO DE OBRA					
Capataz	h-h	0.01	15.29	0.15	
Operario	h-h	0.114	11.76	1.34	
Peón	h-h	0.114	9.51	1.08	
Costo de Mano de Obra:					2.57
EQUIPOS					
Herramientas	% M.O.	3.00	2.57	0.08	
Costo de Equipos:					0.08
TOTAL:					4.19

Fuente: A.C.U. de la CAPECO y precios unitarios en Nuevos Soles obtenidos de la Revista Constructivo Ed. 53 Oct. – Nov. 2006.

Tabla Nº 7.9 Análisis de Costo Unitario de pintura de columna .

7.1.8 ANALISIS COMPARATIVO.-

Luego de culminado el análisis de precios unitarios de todas las partidas correspondientes para la fabricación de una columna de las mismas dimensiones tanto de concreto expuesto como para una columna de concreto convencional, a continuación se presenta el cuadro comparativo de precios en Nuevos Soles para ambos casos:

COLUMNA DE CONCRETO EXPUESTO					
Altura: 2.40 m.					
Sección Transversal: 0.30 m. x 0.50 m.					
PARTIDA	Unid.	Cantidad	Precio Unitario	Parcial	TOTAL
Encofrado y desencofrado	m ²	3.84	87.18	334.77	
Concreto f'c = 210 Kg/cm ²	m ³	0.36	333.28	119.98	
Solaqueado (*)	m ²	0.38	6.63	2.52	457.27
(*) P.U. obtenido de la revista ARKINKA Ed. Nov. 2006 Se asume un 10% de la superficie del concreto expuesto.					
COLUMNA DE CONCRETO CONVENCIONAL					
Altura: 2.40 m.					
Sección Transversal: 0.30 m. x 0.50 m.					
PARTIDA	Unid.	Cantidad	Precio Unitario	Parcial	TOTAL
Encofrado y desencofrado	m ²	3.84	48.54	186.39	
Concreto f'c = 210 Kg/cm ²	m ³	0.36	325.66	117.24	
Tarrajeo	m ²	3.84	21.46	82.41	
Vestidura de arista	ml.	9.60	6.55	62.88	
Pintura	m ²	3.84	4.19	16.09	465.01

Tabla N° 7.10 Cuadro Comparativo de precios de fabricación entre una columna de concreto expuesto y una columna de concreto convencional.

Luego de los análisis de costos unitarios realizados, de la Tabla N° 7.10 podemos apreciar que para la fabricación de dos columnas de idénticas dimensiones, una de concreto expuesto y otra de concreto convencional, es menos costoso con el uso del concreto expuesto.

7.2 COSTOS DE CONSTRUCCION DE VIGA.-

Igualmente, realizamos el análisis de costo unitario para la ejecución de una viga tanto para concreto expuesto como para el concreto convencional, y cuyas dimensiones es la siguiente:

LONGITUD:	0.60 m.
SECCION TRANSVERSAL:	0.30 m. x 0.40 m.
ALTURA SOBRE EL PISO:	2.40 m.

7.2.1 ANALISIS DE COSTO UNITARIO DE ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGA DE CONCRETO EXPUESTO.-

De acuerdo a la Fig. 7.3, el aporte unitario de materiales para encofrado de una columna de concreto expuesto está contenida en la Tabla N° 7.11

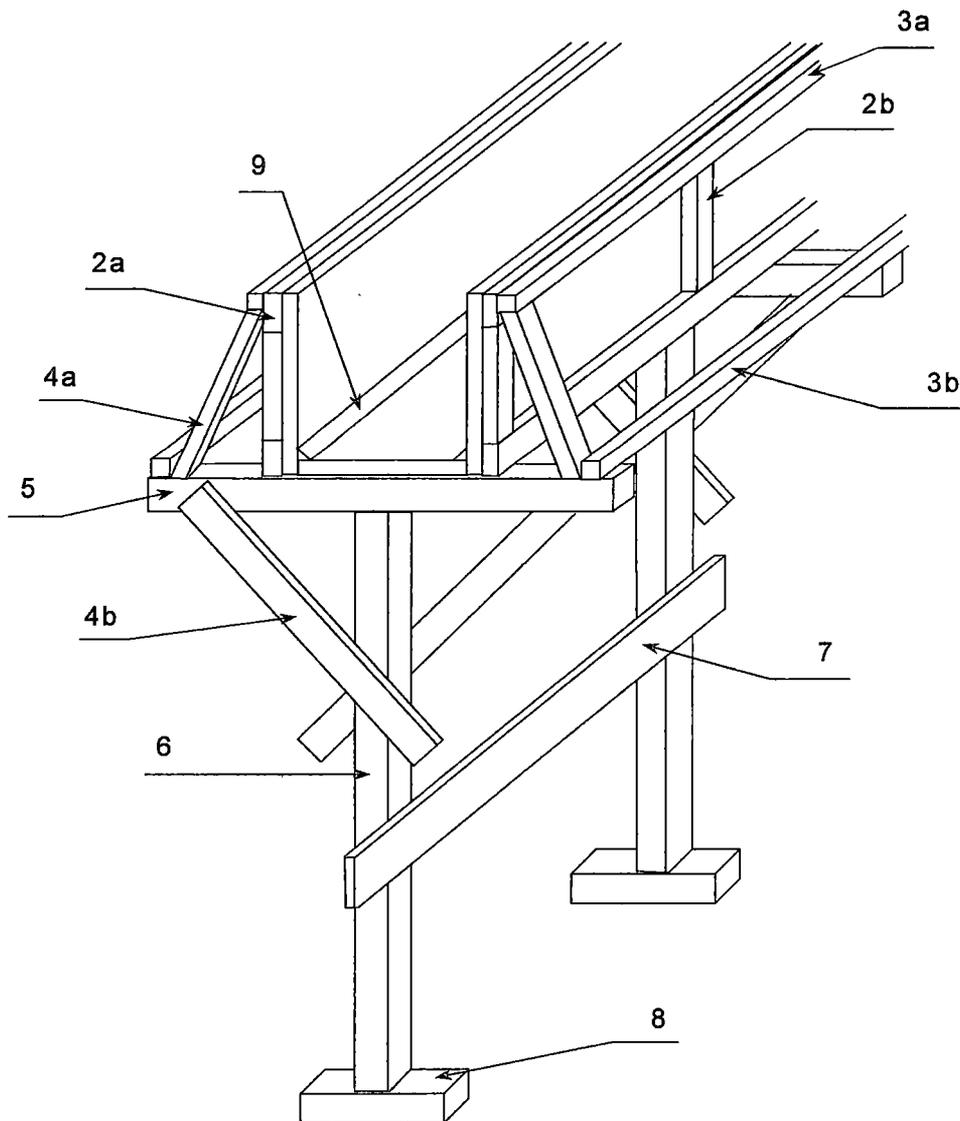


Fig. N° 7.3 Encofrado de viga de concreto expuesto.

Tomando en cuenta las dimensiones de la viga (Sección transversal: 0.30 m. x 0.40 m.), una altura de 2.40 m. sobre el piso y una longitud referencial de 0.60 m., la unidad de medida como área total de encofrado es:

$$\text{Unidad de medida (U.M.)} = (2 \times 0.40 + 0.30) \times 0.60 = 0.66 \text{ m}^2$$

Elemento N°	Descripción	Sección (A)	Longitud		Cantidad (C)	Pies ² AxBxC 12	Desperdicios: Madera 10 %	N° Usos	Pies ² N° Usos	Pies ² U.M.
			m.l.	Pies (B)						
1	Triplay	4' x 8' x 19 mm.			0.23		0.25	4	0.06	0.09 Pl.
Total Triplay:										0.09 Pl.
2a	Barrotes (bastidor)	2" x 3"	0.60	1.97	6	5.91	6.50	7	0.93	1.41
2b	Barrotes (bastidor)	2" x 3"	0.25	0.82	6	2.46	2.71	7	0.39	0.59
3a	Soleras	2" x 3"	0.60	1.97	2	1.97	2.17	7	0.31	0.47
3b	Soleras	2" x 3"	0.60	1.97	2	1.97	2.17	7	0.31	0.47
4a	Tomapuntas	1 1/2" x 3"	0.45	1.48	2	1.11	1.22	6	0.20	0.30
4b	Tomapuntas	1" x 4"	0.60	1.97	2	1.31	1.44	7	0.21	0.32
5	Cabezales	3" x 3"	1.20	3.94	1	2.96	3.26	7	0.47	0.71
6	Pies derechos	3" x 3"	2.40	7.87	1	5.90	6.49	10	0.65	0.98
7	Arriostes laterales	1" x 4"	0.60	1.97	1	0.66	0.73	14	0.05	0.08
8	Cuñas	2" x 3"	0.30	0.98	1	0.49	0.54	4	0.14	0.21
9	Junquillos ochavadas	$\frac{(1" \times 1")}{2}$	0.60	1.97	2	0.16	0.18	1	0.18	0.27
Total Madera:										5.81 p²
Elemento N°	Descripción	Sección (A)	Longitud		Cantidad (C)	Clavos, alambres (Kg.)	Desperdicios: 15 %	N° Usos	Material N° Usos	Mater. U.M.
			m.l.	Pies (B)						
10	Laca Desmold.				0.04 gal.		0.05	1	0.05	0.08
11	Pernos Φ 1/2"		0.50		1 Unid.			100	0.01	0.02
12	Tubo PVC Φ 3/4"		0.30		1 Unid.		0.35	1	0.35	0.52
13	Clavos 2"				60 Unid.	0.10	0.12	1	0.12	0.18
14	Clavos 3"				35 Unid.	0.19	0.22	2	0.11	0.17
Total Clavos:										0.35 Kg.

Tabla N° 7.11 Aporte unitario de materiales para encofrado de viga de concreto expuesto.

Tomando en consideración los datos de la Tabla N° 7.10, el análisis de precio unitario para la partida de encofrado y desencofrado de una viga de concreto expuesto de las medidas indicadas, se muestra en la Tabla N° 7.12:

PARTIDA: Encofrado y desencofrado de viga (concreto expuesto)
Unidad: m²
Cuadrilla: Encofrado: 0.10 Capataz + 1 Operario + 1 Oficial
 Desencofrado: 1 Oficial + 2 Peones
Rendimiento: Habilitación: 40 m² al día
 Encofrado: 6 m² al día
 Desencofrado: 12 m² al día

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES					
Triplay 4" x 8" x 19 mm.	Pl.	0.09	84.00	7.56	
Madera Tornillo	p ²	5.81	3.00	17.43	
Laca Desmoldante	Gal.	0.08	109.19	8.74	
Pernos Φ ½"	Unid.	0.02	24.04	0.48	
Tubo PVC Φ ¾"	ml.	0.52	9.42	4.90	
Clavos	Kg.	0.35	2.85	1.00	
Costo de Materiales:					40.11
MANO DE OBRA					
Capataz	h-h	0.15	15.29	2.29	
Operario	h-h	1.53	11.76	17.99	
Oficial	h-h	2.20	10.53	23.17	
Peón	h-h	1.33	9.51	12.65	
Costo de Mano de Obra:					56.10
HERRAMIENTAS					
Herramientas: 3% M.O.		0.03	56.10	1.68	
Costo de Herramientas:					1.68
TOTAL:					97.89

Fuente: A.C.U. de la CAPECO y precios unitarios en Nuevos Soles obtenidos de la Revista Constructivo Ed. 53 Oct. – Nov. 2006.

Tabla N° 7.12 Análisis de Costo Unitario para encofrado de viga de concreto expuesto.

7.2.2 ANALISIS DE COSTO UNITARIO DE CONCRETO DE VIGA CON ADITIVO PLASTIFICANTE.-

PARTIDA: Vigas – concreto 210 Kg/cm² c/aditivo plastificante (concreto expuesto)
Unidad: m³
Cuadrilla: 0.10 Capataz + 1 Operario + 1 Oficial + 5 Peones
Rendimiento: 10 m³ al día

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES					
Arena gruesa	m ³	0.42	21.85	9.18	
Piedra chancada ¾"	m ³	0.85	41.62	35.38	
Agua	m ³	0.18	1.83	0.33	
Cemento Pórtland Tipo I	Bl.	9.74	15.13	147.37	
Aditivo plastificante	Gal.	0.34	23.50	7.99	
Costo de Materiales:					200.25
MANO DE OBRA					
Capataz	h-h	0.08	15.29	1.22	
Operario	h-h	0.80	11.76	9.41	
Oficial	h-h	0.80	10.53	8.42	
Peón	h-h	4.00	9.51	38.04	
Costo de Mano de Obra:					57.09
EQUIPOS					
Herramientas	% M.O.	3.00	57.09	1.71	
Mezcladora 11 p ³ , 22HP	h-m	0.40	15.05	6.02	
Vibrador 1 ¾", 4 HP	h-m	0.40	4.95	1.98	
Costo de Equipos:					9.71
TOTAL:					267.05

Fuente: A.C.U. de la CAPECO y precios unitarios en Nuevos Soles obtenidos de la Revista Constructivo Ed. 53 Oct. – Nov. 2006.

Tabla N° 7.12 Análisis de Costo Unitario para de concreto de 210 Kg/cm² de viga con aditivo plastificante.

7.2.3 ANALISIS DE COSTO UNITARIO DE ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGA DE CONCRETO CONVENCIONAL.-

De acuerdo a la Fig. 7.4, el aporte unitario de materiales para encofrado de una columna de concreto expuesto está contenida en la Tabla N° 7.13

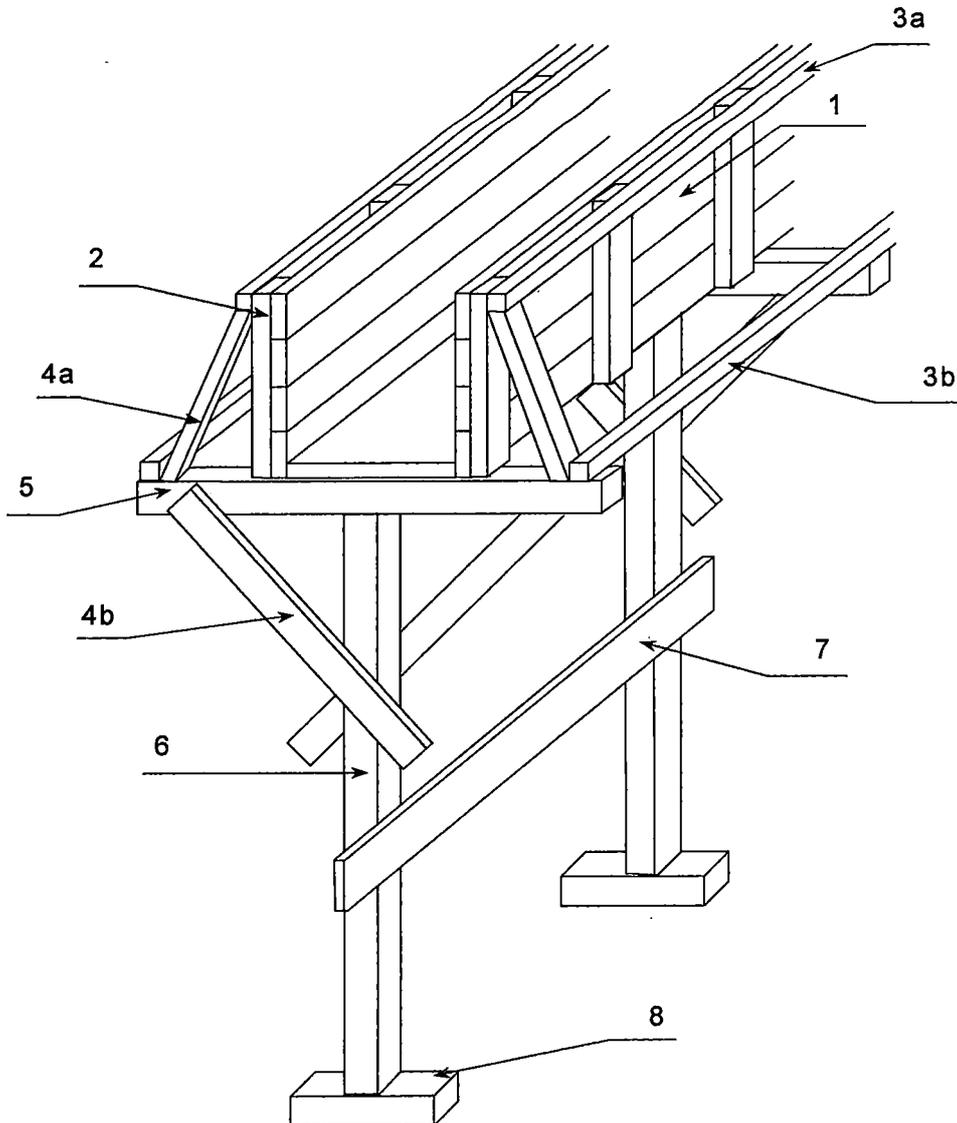


Fig. N° 7.13 Encofrado de viga de concreto convencional (típica).

Tomando en cuenta las dimensiones de la viga (Sección transversal: 0.30 m. x 0.40 m.), una altura de 2.40 m. sobre el piso y una longitud referencial de 0.60 m., la unidad de medida como área total de encofrado es:

$$\text{Unidad de medida (U.M.)} = (2 \times 0.40 + 0.30) \times 0.60 = 0.66 \text{ m}^2$$

Elemento N°	Descripción	Sección (A)	Longitud		Cantidad (C)	Pies ² AxBxC 12	Desperdicios: Madera 10 %	N° Usos	Pies ²	Pies ²
			m.l.	Pies (B)					N° Usos	U.M.
1	Tablones	1 ½" x 8"	0.60	1.97	6	11.82	13.00	7	1.86	2.81
2	Barros	2" x 3"	0.40	1.31	2	1.31	1.44	7	0.21	0.32
3a	Soleras	2" x 3"	0.60	1.97	2	1.97	2.17	7	0.31	0.47
3b	Soleras	2" x 3"	0.60	1.97	2	1.97	2.17	7	0.31	0.47
4a	Tomapuntas	1 ½" x 3"	0.45	1.48	2	1.11	1.22	6	0.20	0.30
4b	Tomapuntas	1" x 4"	0.60	1.97	2	1.31	1.44	7	0.21	0.32
5	Cabezales	3" x 3"	1.20	3.94	1	2.96	3.26	7	0.47	0.71
6	Pies derechos	3" x 3"	2.40	7.87	1	5.90	6.49	10	0.65	0.98
7	Arriostes laterales	1" x 4"	0.60	1.97	1	0.66	0.73	14	0.05	0.08
8	Cuñas	2" x 3"	0.30	0.98	1	0.49	0.54	4	0.14	0.21
Total Madera:									6.67 p²	
Elemento N°	Descripción	Sección (A)	Longitud		Cantidad (C)	Clavos, alambres (Kg.)	Desperdicios: 15 %	N° Usos	Material	Material
			m.l.	Pies (B)					N° Usos	U.M.
9	Alambre N°8		1.10			0.12	0.14	1	0.14	0.21
10	Clavos 3"				50 Unid.	0.28	0.32	2	0.16	0.24

Tabla N° 7.14 Aporte unitario de materiales para encofrado de viga de concreto convencional (típica).

Tomando en consideración los datos de la Tabla N° 7.14, el análisis de precio unitario para la partida de encofrado y desencofrado de una viga de concreto convencional de las medidas indicadas, se muestra en la Tabla N° 7.15:

PARTIDA: Encofrado y desencofrado de viga (concreto convencional)
Unidad: m²
Cuadrilla: Encofrado: 0.10 Capataz + 1 Operario + 1 Oficial
Desencofrado: 1 Oficial + 2 Peones
Rendimiento: Habilitación: 40 m² al día
Encofrado: 9 m² al día
Desencofrado: 36 m² al día

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES					
Madera Tornillo	p ²	6.67	3.00	20.01	
Alambre N° 8	Kg.	0.21	3.11	0.65	
Clavos	Kg.	0.24	2.85	0.68	
Costo de Materiales:					21.34
MANO DE OBRA					
Capataz	h-h	0.11	15.29	1.68	
Operario	h-h	1.09	11.76	12.82	
Oficial	h-h	1.31	10.53	13.79	
Peón	h-h	0.44	9.51	4.18	
Costo de Mano de Obra:					32.47

Tabla N° 7.15 Análisis de Costo Unitario para encofrado de viga de concreto convencional.

7.2.4 ANALISIS DE COSTO UNITARIO DE CONCRETO DE VIGA.-

PARTIDA: Vigas – concreto 210 Kg/cm² c/aditivo plastificante (concreto expuesto)

Unidad: m³

Cuadrilla: 0.10 Capataz + 1 Operario + 1 Oficial + 5 Peones

Rendimiento: 10 m³ al día

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES					
Arena gruesa	m ³	0.42	21.85	9.18	
Piedra chancada ¾"	m ³	0.85	41.62	35.38	
Agua	m ³	0.18	1.83	0.33	
Cemento Pórtland Tipo I	Bl.	9.74	15.13	147.37	
Costo de Materiales:					192.26
MANO DE OBRA					
Capataz	h-h	0.08	15.29	1.22	
Operario	h-h	0.80	11.76	9.41	
Oficial	h-h	0.80	10.53	8.42	
Peón	h-h	4.00	9.51	38.04	
Costo de Mano de Obra:					57.09
EQUIPOS					
Herramientas	% M.O.	3.00	57.09	1.70	
Mezcladora 11 p ³ , 22HP	h-m	0.40	15.05	6.02	
Vibrador 1 ¾", 4 HP	h-m	0.40	4.95	1.98	
Costo de Equipos:					9.70
TOTAL:					259.05

Fuente: A.C.U. de la CAPECO y precios unitarios en Nuevos Soles obtenidos de la Revista Constructivo Ed. 53 Oct. – Nov. 2006.

Tabla Nº 7.16 Análisis de Costo Unitario para concreto 210 Kg/cm² de viga.

7.2.5 ANALISIS DE COSTO UNITARIO DE TARRAJEO DE VIGA.-

PARTIDA: Tarrajeo de vigas (superficie)
Unidad: m²
Especificaciones: Pañeteo y acabado, espesor: 1.5 cm. Mexcla 1:5
Cuadrilla: 0.10 Capataz + 1 Operario + 0.33 Peón
Rendimiento: 6.50 m² al día

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES					
Arena fina	m ³	0.016	21.01	0.37	
Cemento Pórtland Tipo I	Bl.	0.117	15.13	1.77	
Costo de Materiales:					2.14
MANO DE OBRA					
Capataz	h-h	0.12	15.29	1.83	
Operario	h-h	1.23	11.76	14.46	
Peón	h-h	0.41	9.51	3.90	
Costo de Mano de Obra:					20.19
EQUIPOS					
Herramientas	% M.O.	3.00	20.19	0.61	
Regla de madera	p ²	0.40	2.42	0.97	
Clavos 3"	Kg.	0.10	2.85	0.29	
Andamio de madera	p ²	2.60	2.42	6.29	
Costo de Equipos:					8.16
TOTAL:					30.49

Fuente: A.C.U. de la CAPECO y precios unitarios en Nuevos Soles obtenidos de la Revista Constructivo Ed. 53 Oct. – Nov. 2006.

Tabla N° 7.17 Análisis de Costo Unitario de tarrajeo de viga .

7.2.6 ANALISIS DE COSTO UNITARIO DE VESTIDURA DE ARISTAS DE VIGA.-

PARTIDA: Tarrajeo de vigas (aristas)
Unidad: ml.
Especificaciones: Los materiales, andamio, reglas y herramientas están incluidos en el tarrajeo de la superficie de la viga
Cuadrilla: 0.10 Capataz + 1 Operario + 0.33 Peón
Rendimiento: 18 ml. al día

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MANO DE OBRA					
Capataz	h-h	0.04	15.29	0.61	
Operario	h-h	0.44	11.76	5.17	
Peón	h-h	0.15	9.51	1.43	
Costo de Mano de Obra:					7.21
TOTAL:					7.21

Fuente: A.C.U. de la CAPECO y precios unitarios en Nuevos Soles obtenidos de la Revista Constructivo Ed. 53 Oct. – Nov. 2006.

Tabla N° 7.18 Análisis de Costo Unitario de vestidura de aristas de viga.

7.2.7 ANALISIS DE PRECIO UNITARIO DE PINTURA DE VIGA.-

PARTIDA: Pintura latex 2 manos en vigas
Unidad: m²
Especificaciones: Aplicación de 2 manos de pintura latex considerando imprimación
Cuadrilla: 0.10 Capataz + 1 Operario + 1 Peón
Rendimiento: 60 m² al día

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES					
Imprimante	Kg.	0.20	0.80	0.16	
Lija para madera	Unid.	0.20	0.84	0.17	
Pintura latex	Gal.	0.05	24.28	1.21	
Costo de Materiales:					1.54
MANO DE OBRA					
Capataz	h-h	0.01	15.29	0.15	
Operario	h-h	0.133	11.76	1.56	
Peón	h-h	0.133	9.51	1.26	
Costo de Mano de Obra:					2.97
EQUIPOS					
Herramientas	% M.O.	3.00	2.97	0.09	
Costo de Equipos:					0.09
TOTAL:					4.60

Fuente: A.C.U. de la CAPECO y precios unitarios en Nuevos Soles obtenidos de la Revista Constructivo Ed. 53 Oct. – Nov. 2006.

Tabla Nº 7.19 Análisis de Precio Unitario de pintura de viga.

7.2.8 ANALISIS COMPARATIVO.-

Similar a lo analizado en la fabricación de columnas, luego de culminado el análisis de precios unitarios de todas las partidas correspondientes para la fabricación de una viga de las mismas dimensiones tanto de concreto expuesto como para una viga de concreto convencional, a continuación se presenta el cuadro comparativo de precios en Nuevos Soles para ambos casos:

VIGA DE CONCRETO EXPUESTO					
Longitud referencial: 1.00 m.					
Sección Transversal: 0.30 m. x 0.40 m.					
Altura sobre el piso: 2.40 m.					
PARTIDA	Unid.	Cantidad	Precio Unitario	Parcial	TOTAL
Encofrado y desencofrado	m ²	1.10	90.44	107.68	
Concreto f'c = 210 Kg/cm ²	m ³	0.12	267.64	32.05	
Solaqueado (*)	m ²	0.11	6.63	0.73	140.46
(*) P.U. obtenido de la revista ARKINKA Ed. Nov. 2006 Se asume un 10% de la superficie del concreto expuesto.					
VIGA DE CONCRETO CONVENCIONAL					
Longitud referencial: 1.00 m.					
Sección Transversal: 0.30 m. x 0.40 m.					
Altura sobre el piso: 2.40 m.					
PARTIDA	Unid.	Cantidad	Precio Unitario	Parcial	TOTAL
Encofrado y desencofrado	m ²	1.10	54.78	6.26	
Concreto f'c = 210 Kg/cm ²	m ³	0.12	259.05	31.09	
Tarrajeo	m ²	1.10	30.49	33.54	
Vestidura de arista	ml.	2.00	7.21	14.42	
Pintura	m ²	1.10	4.60	5.06	144.37

Tabla N° 7.20 Cuadro Comparativo de precios de fabricación entre una viga de concreto expuesto y una viga de concreto convencional.

Luego de los análisis de costos unitarios realizados, de la Tabla N° 7.20 podemos apreciar que para la fabricación de dos vigas de idénticas dimensiones, una de concreto expuesto y otra de concreto convencional, es menos costoso con el uso del concreto expuesto.

Podemos concluir finalmente, que la fabricación de elementos de concreto con concreto expuesto del tipo liso, es menos costoso que con el uso del concreto convencional. Sin embargo, para llegar a este nivel de precios, es necesario que los involucrados en el proceso constructivo con concreto expuesto tengan la capacitación y la experiencia necesaria, es decir tanto los operarios, los ingenieros como los propietarios de las empresas contratistas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación presentamos las conclusiones más importantes halladas en esta tesis de investigación sobre el concreto expuesto del tipo liso. Luego se darán algunas recomendaciones también importantes para tomarse en cuenta.

I. CONCLUSIONES.-

- 1.- El concreto arquitectónico es un tipo de concreto que corresponde a los requisitos técnicos y estéticos de una obra arquitectónica y que, por consiguiente, requiere de un cuidado especial en la selección del encofrado y de los materiales que se utilizan para preparar el concreto, así como del colocado y el acabado, a fin de obtener la apariencia arquitectónica deseada.
- 2.- Con el concreto arquitectónico permite cualquier inventiva y creatividad arquitectónica, y se abren infinitas posibilidades estéticas, tanto de formas, textura y/o de color.
- 3.- El concreto expuesto del tipo liso es considerado como un concreto arquitectónico, y es aquel concreto que luego del desencofrado, la superficie final tendrá una textura y un acabado aceptable y que permanecerá expuesto permanentemente; y por su propia naturaleza de material moldeable y heterogéneo, es difícil alcanzar la perfección de la superficie expuesta del concreto.
- 4.- Para la obtención de un acabado aceptable de concreto expuesto del tipo liso, juega un rol importantísimo dos aspectos: el tratamiento del encofrado en todas sus fases y los procesos para la obtención del concreto con la aplicación en forma correcta de la tecnología del concreto, es decir, tener un conocimiento profundo de la naturaleza íntima de este material, desde su diseño, la selección de sus

componentes, su comportamiento tanto en sus estados fresco y endurecido, su manejo antes y durante la construcción, manteniendo la uniformidad en todos los procesos, correspondiendo el manejo de estos aspectos al ámbito de la ingeniería civil.

- 5.- Durante la etapa de diseño del proyecto es necesario que los diseños estructurales y arquitectónicos funcionen en forma armónica para obtener Especificaciones Técnicas adecuadas, para evitar imprevisiones durante la etapa constructiva. Dado el caso, es necesario la intervención o coordinación entre proyectistas y constructores, de modo que se ejecuten los cambios o adecuaciones necesarios para salvar las dificultades a nivel constructivo.
- 6.- La principal influencia del cemento en el concreto expuesto es en la tonalidad del color en la apariencia final; por tanto, es importante mantener bien conservado el cemento antes de su uso, utilizar un solo tipo de cemento y mantener constante la relación a/c en la mezcla durante la ejecución de la obra y no alternar los vaciados con concreto premezclado.
- 7.- La influencia del agua de mezcla en el concreto expuesto es igualmente en la tonalidad final del color. En general, el agua a usar en la mezcla debe ser potable; así como también debe ser potable el agua de lavado de los agregados y de curado del concreto.
- 8.- Los agregados en el concreto, si bien es cierto, es un material inerte, debe cumplir ciertas condiciones, tales como la limpieza misma de este material, principalmente el agregado fino, una granulometría continua del agregado grueso para un buen acomodo. El tamaño de las piedras (hasta T_n máx 1") no es una variable que pueda afectar significativamente la apariencia superficial del concreto.

- 9.- Las mezclas que tienen mayor volumen de arena que de piedra influye favorablemente sobre el acabado superficial del concreto expuesto obteniéndose apariencias más uniformes; sin embargo, esto requiere más cemento.
- 10.- Con la adición de aditivo plastificante en el concreto fresco se obtiene mejores acabados superficiales, ya que el concreto tiene mejor trabajabilidad.
- 11.- La influencia del encofrado en el concreto expuesto del tipo liso es el más importante de entre todos los factores. Estas deben ser tratadas convenientemente antes del encofrado, tanto en la aplicación de la laca desmoldante, durante el encofrado la cual estas debe resistir las cargas de gravedad, presión del concreto y cargas eventuales, y después en el desencofrado cuidando de no dañar el concreto expuesto. Se debe tener en cuenta lo siguiente:
- Realizar correctamente la hermetización en las juntas o esquinas ochavadas. Los junquillos deben ser desechadas al primer uso.
 - La última aplicación de laca sobre los moldes debe ser por lo menos 24 horas antes del inicio de los trabajos de encofrado de los elementos.
 - Descartar totalmente el uso de laca desmoldante sobre los paneles cuando esta tenga su fecha de vencimiento caducada.
- 12.- El tipo de madera a utilizar no tiene mayor influencia en el aspecto final del concreto, es decir, ya sea "triply" de madera Copaiba o de Lupuna, porque la superficie de contacto con el concreto es la capa de laca desmoldante.
- 13.- El desencofrado lateral de los elementos de concreto, normalmente en las obras se realiza entre las 24 y 48 horas. Sin embargo, desencofrados hasta el 3er. día, no tiene mayor influencia en la coloración final de la

superficie de concreto expuesto, pero no podemos aseverar lo mismo para desencofrados a tiempos mayores.

- 14.- Una vez elegido el método de curado del concreto expuesto, esta debe ser uniforme para todos los elementos durante la obra.
- 15.- La mano de obra debe ser altamente calificada, capacitada y con mucha experiencia, tanto en el tratamiento de los encofrados como es las diversas fases constructivas del concreto.
- 16.- De acuerdo a los resultados del análisis de costos unitarios, la fabricación de concreto expuesto es teóricamente menos costoso en un 2% al 3% que con el uso del concreto convencional, ya que este último requiere de un revestimiento de mortero y de pintura. Sin embargo, para llegar a este nivel de costos, es necesario que los involucrados, es decir, ingenieros y operarios tengan la capacitación suficiente y la experiencia necesaria.
- 17.- El concreto expuesto permite la reducción o eliminación de partidas de obras referidas a tarrajeos y pintura obligando a una elaboración correcta de los elementos estructurales, en la medida que los tarrajeos ocultan deficiencias en la ejecución de estos elementos.
- 18.- La ejecución de elementos con concreto expuesto contiene un mensaje de calidad en la construcción, ya que sólo basta una deficiencia en uno de los eslabones de los procesos constructivos del concreto para que se refleje los defectos en el acabado final.

II. RECOMENDACIONES.-

- 1.- Por tener nuestro territorio diferentes características geográficas y por ende, climas desde muy fríos hasta muy cálidos, las que requieren para tales casos un tratamiento especial del concreto; se debe realizar investigaciones para conocer la influencia en el concreto expuesto del tipo liso, los materiales a utilizar y los procesos constructivos a implementar.
- 2.- En la parte experimental de la presente tesis de investigación se ha demostrado que el agregado grueso de tamaños nominales máximos de $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ " y de 1" no tiene mayor influencia en el acabado de la superficie de concreto expuesto liso; sin embargo, es necesario profundizar la investigación con agregados gruesos tanto de mayor tamaño al de 1" como con el uso del "confitillo".
- 3.- Para edificaciones cercanas al mar o en ambientes con cierta agresividad, el concreto a utilizar se debe diseñar por durabilidad. En tal sentido, se debe estudiar los factores que influyen en el acabado para concretos diseñados por durabilidad.
- 4.- Complementando el punto anterior, también se debe estudiar el concreto expuesto en lo referente al acabado por una exposición al fuego y su resistencia producto de esta exposición.
- 5.- Como se ha mencionado anteriormente, el concreto arquitectónico permite mucha inventiva y creatividad; los pisos de concreto arquitectónico es uno de esos campos, se recomienda el estudio de la influencia de los diversos pigmentos de colores en la durabilidad del concreto.
- 6.- Para edificaciones de muchos pisos, eventualmente se especifica concreto de $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para elementos verticales; es necesario

verificar la influencia de los diversos factores para el logro de esta calidad de concreto en el acabado final.

- 7.- Se debe difundir y masificar el uso de concreto expuesto, ya que un acabado uniforme del concreto expuesto del tipo liso es muy agradable a la vista, la que sumado a un costo inferior que el concreto convencional (que requiere tarrajeo y pintura), son considerados como fortalezas para su difusión.
- 8.- Dado que el uso de concreto expuesto en edificaciones formales está en función de las decisiones que toman los proyectistas de arquitectura, es necesario difundir las bondades de su uso en las facultades y colegios profesionales respectivos.
- 9.- Para el logro de una óptima superficie de concreto expuesto del tipo liso, se requiere mano de obra calificada para estos trabajos; por lo que es necesario la capacitación del personal involucrado. En este sentido, la capacitación debe estar dirigido tanto para operarios, capataces, ingenieros y contratistas en general.
- 10.- Para sistemas aporticados, los muros de albañilería (portantes o tabiques) realizados con ladrillos "caravista" son complementos de los elementos estructurales de concreto expuesto; por lo que es necesario realizar estudios para recomendar procesos constructivos lograr un encuentro aceptable entre el ladrillo y la columna o placa.
- 11.- Como ya se ha mencionado, basta una deficiencia en uno de los procesos de la cadena constructiva del concreto para que se refleje los defectos en el acabado final del concreto; se debe tomar como ejemplo práctico la "fabricación del concreto expuesto" en los cursos, seminarios o ponencias de control de calidad en la construcción.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ACI, CAPITULO PERUANO
"Tecnología del Concreto"
I Congreso Nacional de Ingeniería Estructural y Construcción, 1998
- 2.- A.M. NEVILLE y J.J. BROOKS.
"Tecnología del Concreto"
Editorial TRILLAS, México, 1998
- 3.- ASOCEM (Asociación de Productores de Cemento)
"Coloquio sobre Concreto Arquitectónico"
ASOCEM, Perú, 1985
- 4.- ASOCEM (Asociación de Productores de Cemento)
"Cemento", Compendio de Boletines Técnicos N° 1 al 58
ASOCEM, Perú, 1993
- 5.- CACHAY HUAMAN, RAFAEL
"Diseño de Mezclas. Método del Agregado Global y Modulo de Finura para concretos de mediana a alta resistencia"
Facultad de Ingeniería Civil, UNI
- 6.- CAPECO (Cámara Peruana de la Construcción)
"Construcción de Estructuras – Manual de Obra"
CAPECO, Perú, 1992
- 7.- CEMENTOS LIMA S.A.
"El Supercemento Atlas Puzolánico Tipo IP"
Cementos Lima, Perú, 1988

- 8.- C.F. MORRISH
"Técnicas y Posibilidades del Concreto Expuesto"
Facultad de Arquitectura – U.N.I., Perú, 1985
- 9.- DOBROWOLSKI A., JOSEPH
"Form Stripping and Architectural Concrete Appearance"
Portland Cement Association, EEUU, 1985
- 10.- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C.
"Durabilidad del Concreto"
Editorial LIMUSA, México, 1988
- 11.- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C.
"Concreto Arquitectónico"
Editorial LIMUSA, México, 1990
- 12.- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C.
"Aditivos para Concreto"
Editorial LIMUSA, México, 1990
- 13.- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C.
"El Concreto en la Obra" Tomo II
Editorial LIMUSA, México, 1990
- 14.- MOREANO MEJIA, RAUL
"Concreto Caravista: Defectos y Problemas Constructivos"
IV Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Chiclayo, 1982
- 15.- PASQUEL CARBAJAL, ENRIQUE
"Tópicos de Tecnología del Concreto"
Colegio de Ingenieros del Perú, 1998. 2da. Edición
- 16.- RAMOS SALAZAR, JESUS.
"Costos y Presupuestos en Edificación"
Cámara de Comercio, Perú, 1995

17.- READING J., THOMAS

“Deleterious Effects of word Forms on Concrete Surfaces”

Concrete International, EEUU, 1985

18.- RIVVA LOPEZ, ENRIQUE

“Recomendaciones para el Proceso de puesta en Obra de Estructuras de Concreto”

Universidad Nacional de Ingeniería

19.- RIVVA LOPEZ, ENRIQUE

“Diseño de Mezclas”

Editorial HOZLO S.C.R.L. Perú, 1992