

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



CONCRETOS PARA VIVIENDAS SISMO
RESISTENTES DE BAJO COSTO

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

ANA MARIA CABANILLAS MORENO

LIMA - PERU

1994

**A Dios Nuestro Señor Creador
del Mundo y dador de la Sabiduría
cuya Luz y Amor son mi Guía.**

**A mis Padres Carlos y Gonzalina
por su cariño y apoyo constante
en todas las etapas de mi vida.**

A mis hermanos:

Nelly, Haydée, Carlos,

María, Víctor, Bertha,

Silvia, Héctor y Luchi.

AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero Enrique Rivva López, asesor de esta Tesis por brindarme su amistad, conocimientos y consejos permanentes que facilitaron la conclusión del presente trabajo.

Al personal técnico y administrativo del Laboratorio N°1 de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería por su apoyo en la realización de los diversos ensayos.

A la familia Sánchez Moreno por su apoyo en el proceso de redacción e impresión. A mi amiga Gladys Cuadros por su apoyo y aliento permanente.

A todos mis profesores, amigos y familiares que de algún modo contribuyeron en mi formación profesional.

INDICE

CAPITULO	TOPICO	PAG.
1.	INTRODUCCION	1
	1.1 GENERALIDADES	1
	1.3 BREVE JUSTIFICACION DE LA ELECCION DEL SUPER- CEMENTO PUZOLANICO ATLAS TIPO IP	3
2.	PROBLEMATICA DE LA VIVIENDA EN EL PROCESO DE FOR- MACION DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS	5
	2.1 ORIGEN Y EVOLUCION DE LOS PUEBLOS JOVENES	5
	2.2 AUTOCONSTRUCCION	13
	2.2.1 Desarrollo de la Vivienda	15
	2.2.2 Tipología de la Vivienda	15
	2.2.3 Participación en la consolidación de la Vivienda	16
	2.2.4 Plazos de construcción y estado de la Vivienda	16
	2.3 SECUENCIA EN LA AUTOCONSTRUCCION	18
	2.4 PREFERENCIA DE MATERIALES	20
	2.4.1 Detalles Constructivos	21
3.	MATERIALES EMPLEADOS	24
	3.1 SUPERCEMENTO PUZOLANICO ATLAS TIPO IP	24
	3.1.1 Introducción	24
	3.1.2 Puzolana de Cementos Lima S.A.	26
	3.1.3 Clinker de Cementos Lima S.A.	27

CAPITULO	TOPICO	PAG.
	3.1.4 Principales propiedades físicas	27
3.2	HORMIGON	33
	3.2.1 Conceptos generales	33
	3.2.2 Propiedades físicas	34
	Perfil y textura superficial	34
	Granulometría	34
	Superficie Específica	35
	Módulo de fineza	36
	Peso específico	37
	Peso unitario	38
	Porcentaje de absorción	39
	Contenido de humedad	39
	Tamaño máximo	40
	Tamaño máximo nominal	40
	Porcentaje que pasa la malla n ^o 200	40
3.3	AGUA	42
4.	SELECCION DE LAS PROPORCIONES DE LA MEZCLA	43
	4.1 CRITERIOS GENERALES	43
	4.1.1 Introducción	43
	4.1.2 Secuencia de diseño	44
	4.2 PREPARACION EN EL LABORATORIO	46
	4.2.1 Generalidades	46
	4.2.2 Diseño de mezclas con el hormigón HC1	47
	4.2.3 Diseño de mezclas con el hormigón HC2	51
	4.2.4 Diseño de mezclas con el hormigón HC3	58

CAPITULO	TOPICO	PAG.
	4.2.5 Diseño de mezclas con el hormigón HC4	62
	4.3 PROCEDIMIENTO EN OBRA	65
5.	PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO	68
	5.1 CONSISTENCIA	69
	5.2 RESISTENCIA A LA COMPRESION	71
	5.3 ANALISIS DE LOS RESULTADOS	73
6.	COSTOS	77
	6.1 GENERALIDADES	77
	6.2 COSTO DEL METRO CUBICO DE CONCRETO A BASE DE HORMIGON	79
	6.3 COSTO DEL METRO CUBICO DE CONCRETO A BASE DE ARENA Y PIEDRA	80
	6.4 ESTUDIO COMPARATIVO	81
7.	PROYECTO DE RECOMENDACIONES PARA EL PROCESO DE PUESTA EN OBRA	83
	7.1 REQUISITOS GENERALES	83
	7.1.1 Alcance	83
	7.1.2 Limitaciones	84
	7.1.3 Proyecto y ejecución	84
	7.2 MATERIALES	85
	7.2.1 Cemento	85
	7.2.2 Agregados	85
	7.2.3 Agua	86
	7.2.4 Acero de refuerzo	86
	7.2.5 Almacenamiento de los materiales	87
	7.3 ENCOFRADOS	88

CAPITULO	TOPICO	PAG.
	7.3.1 Condiciones generales	88
	7.3.2 Puntales	89
	7.3.3 Preparación para la colocación del Concreto	89
	7.3.4 Desencofrado	90
	7.3.5 Plazos de desencofrado	91
7.4	RECUBRIMIENTOS DEL REFUERZO	91
	7.4.1 Generalidades	91
7.5	CALIDAD DEL CONCRETO	92
	7.5.1 Consideraciones generales	92
	7.5.2 Selección de las proporciones	92
7.6	PUESTA EN OBRA	93
	7.6.1 Preparación para la colocación	93
	7.6.2 Medida de los materiales	94
	7.6.3 Mezclado	94
	7.6.4 Transporte	95
	7.6.5 Colocación	96
	7.6.6 Consolidación	97
	7.6.7 Protección	98
	7.6.8 Curado	99
8.	CONCLUSIONES	102
	8.1 RESPECTO AL AMBITO DE ALCANCE DEL ESTUDIO	102
	8.2 RESPECTO AL CONCRETO EN BASE A HORMIGON Y SUPERCEMENTO PUZOLANICO ATLAS TIPO IP	103

ANEXO DE FOTOGRAFIAS

BIBLIOGRAFIA

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES:

Con éste estudio se pretende brindar un aporte para paliar de alguna forma la problemática de la vivienda surgida a raíz del crecimiento desordenado y caótico de las ciudades. Si bien es cierto este problema se presenta en la mayoría de metrópolis del mundo, en nuestro país y fundamentalmente en Lima Metropolitana, éste adquiere características particulares en base a las cuales se deben plantear soluciones considerando los aspectos económicos, sociales, culturales y la condición sísmica del medio que determinan el desarrollo de la vivienda por el poblador urbano marginal y que influyen en el tipo, diseño y proceso constructivo.

En el capítulo siguiente al analizar el origen y evolución de los asentamientos humanos y su repercusión en la problemática de la vivienda, se determinará el ámbito al cual éste estudio quiere llegar además de mostrar las características actuales de la autoconstrucción, procedimiento con el cual el poblador de estas zonas ha enfrentado y resuelto en parte el problema de la vivienda.

En el acápite 1.2, tal como expresa el título del mismo, se hace la justificación de la elección del hormigón y el supercemento puzolánico Atlas tipo IP como materiales constituyentes del concreto en viviendas sismo resistentes de bajo costo, se sustenta ésto con el análisis de costos efectuado en el capítulo VI.

Los capítulos III, IV y V se desarrollarán considerando los resultados que se obtengan en el Laboratorio de Ensayo de Materiales. En el capítulo III se analizarán las características de los materiales en estudio independientemente. En el capítulo IV se hace la selección de las proporciones de las mezclas; se considera para ésta selección condiciones similares a las que se presenta en obra. En el capítulo V, una vez establecidas las proporciones de mezcla convenientes, se determinará la calidad del concreto considerando las propiedades de consistencia al estado fresco y resistencia al esfuerzo de compresión al

estado endurecido. Estos parámetros son de uso frecuente en obras construídas en zonas marginales.

El capítulo VII es el fundamental y se elaborará en base a los resultados obtenidos en los capítulos anteriores. Con el Proyecto de recomendaciones para el proceso de puesta en obra se pretende que el concreto utilizado en autoconstrucción en asentamientos humanos, además de ser sismo resistente, sea tratado de manera adecuada y cumpla con las características requeridas en los planos y especificaciones si los hubiere y lo recomendable en caso de no existir.

1.2 BREVE JUSTIFICACION DE LA ELECCION DEL HORMIGON Y SUPERCEMENTO PUZOLANICO ATLAS IP

Al igual que en la ejecución de las viviendas en asentamientos humanos donde el aspecto económico es básico; ya que si no se cuentan con los recursos necesarios es practicamente imposible iniciar el proceso de autoconstrucción; para la elección de los materiales se considera determinante el factor costo tanto en el caso del supercemento puzolánico como del hormigón en el que, además, influye la accesibilidad y disponibilidad en un buen número de casos.

Si bien cierto que la diferencia de precios entre el supercemento puzolánico Atlas tipo IP y los cementos portland normales varía entre 5 á 10%; ésta variación resulta significativa al considerar la incidencia del cemento en el costo total de la obra.

En el caso del hormigón comparado a los agregados tradicionalmente usados (arena más piedra) la diferencia es mucho más notoria, mas aún en el caso en el que la obra está ubicada en zonas que tienen acceso a éste material y puede ser explotado libremente por el poblador, que es el que selecciona el material en sus ratos libres por lo que no incide en el costo de mano de obra.

C A P I T U L O I I

PROBLEMATICA DE LA VIVIENDA EN EL PROCESO DE FORMACION DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS EN LIMA

2.1 ORIGEN Y EVOLUCION DE LOS PUEBLOS JOVENES:

Hasta la década de 1950, el crecimiento urbano del país, se desarrollo principalmente siguiendo los patrones y normas oficiales, orientándose de acuerdo a las previsiones técnicas existentes dentro de las normas oficiales de los planes de expansión municipal.

Las migraciones masivas tropezaron, desde sus inicios, con la rigidez impuesta por el régimen urbano, concebido como un reducto de la vida criolla y nunca pensado como hábitat para poblaciones provincianas. El aumento de la gran

corriente migratoria que tropezaba con ésta barrera, produjo ya en la década de 1950 las primeras rupturas de la legalidad tradicional , ocasionando un desorden urbanístico que fue acrecentándose a través del tiempo. Este desorden generó un problema prácticamente desconocido en ese entonces, que es el de la vivienda; problema sin solución dentro de los términos impuestos por el desarrollo normal de la estructura urbana de esa época que se regía en base a la propiedad. El migrante tuvo que adecuarse al contexto que le ofrecía la ciudad y encontrar soluciones a su problema de vivienda, dado que el sistema no se lo ofrecía. Tenía dos opciones a escoger: someterse al sistema legal imperante aceptando la falta de techo o, de lo contrario, violentar los límites del sistema establecido iniciando la ocupación de facto de terrenos y predios públicos y privados. Los mecanismos existentes en la ciudad legal ligados intimamente al poder político, social y económico, determinaron que se decidiera por la segunda opción; es decir, la invasión de áreas marginales posibles de ser urbanizadas. A partir de ésta decisión, tanto los migrantes como los nativos que forman los sectores populares urbanos, se convirtieron en invasores de terrenos, llegando con frecuencia a apropiarse de ellos a la fuerza sin importarles que éstos fueran públicos o privados.

La invasión, fenómeno social, primero urbano y, más tarde, rural aparece desde entonces como la antesala de una nueva legalidad en emergencia. Los acontecimientos mostrarían

al paso del tiempo que las situaciones de facto generadas por las masas podrían llegar a ser una fuente de derecho, en tanto la presión ejercida fuera suficiente para forzar el reconocimiento por parte del Estado o al menos, alcanzar de las autoridades una actitud de conveniente indiferencia. Con las invasiones de predios urbanos y rurales el Perú inauguró la era de la nueva contestación de masas conocida como la "informalidad"

El crecimiento poblacional así como el número de viviendas no está acompañado con una expansión adecuada de los servicios básicos que satisfaga la creciente demanda de ellos.

CRECIMIENTO DE LA POBLACION Y VIVIENDA EN LA PROVINCIA DE LIMA

FECHA DE CENSO	VIVIENDAS PARTICULARES	HABITANTES	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL
09/06/40	-	577437	
02/07/61	-	1682909	5.2%
04/06/72	574135	3086224	5.7%
12/07/81	780283	4385633	4.0%
11/07/93	1105975	5706127	2.2%

FUENTE: INEI

La población migrante, ahora urbana, se organizó mayoritariamente en base a barrios populares cuyo origen y composición son muy complejos y heterogéneos y constituyen el patrón de crecimiento urbano preponderante en todo el país, en todas las ciudades grandes, medianas y pequeñas.

La existencia de barriadas urbano-marginales o pueblos jóvenes, en general obedece a una serie de factores que son consecuencia del sub-desarrollo y marginalidad que subsiste en el país. Se observa un acelerado crecimiento de pueblos jóvenes a nivel nacional, siendo la ciudad de Lima la más afectada, estimándose al año de 1992 la cantidad de 1074 pueblos jóvenes que albergan un total de 2232907 habitantes, que representa el 37.54% de la población total de Lima Metropolitana (ver cuadro de la página siguiente).

Desde hace décadas se considera que los nuevos habitantes de las grandes ciudades provienen además de las migraciones de zonas rurales del interior de nuestro país, del crecimiento vegetativo de las ciudades comprobándose de acuerdo a los resultados del censo de 1981 que ésta iguala y supera el crecimiento por inmigración, por lo que los que ahora demandan techo son, además, oriundos de sus ciudades y en su mayoría hijos de migrantes.

Los altos costos de la construcción y de alquiler de las viviendas en Lima y la baja capacidad económica de la
...///

LIMA METROPOLITANA: NUMERO DE ASENTAMIENTOS HUMANOS, FAMILIAS Y POBLACION DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS A 1992

CONOS Y DISTRITOS	Nº DE AA.HH.	FAMILIAS	POBLACION		
			TOTAL	AA.HH.	%
TOTAL	967	385694	5947689	2232907	37.5
CONO ESTE	391	138242	2328630	691210	29.7
Lima	48	11049	80560	55245	68.6
El Agustino	55	20815	36270	104075	286.9
La Victoria	16	3891	311967	19455	6.2
Ate Vitarte	46	44058	158958	220290	138.6
Breña	3	191	108203	955	0.9
Chaclacayo	9	2987	43078	14935	34.7
La Molina	3	299	64923	1495	2.3
Rímac	34	10855	224309	54275	24.2
San Borja	6	371	77518	1855	2.4
S.J.de Luri	125	37742	437485	188710	43.1
San Miguel	5	353	121472	1765	1.5
San Luis	3	238	76027	1190	1.6
Lur-Chosica	30	5038	437485	25190	5.8
Magdalena	4	165	59919	825	1.4
Pueblo Lib.	4	190	90456	950	1.1
CONO NORTE	320	73094	1369850	365470	26.7
Ancon	7	3207	14594	16035	109.9
Carabayllo	42	11910	88170	59550	67.5
Comas	82	30271	410858	151355	36.8
Independenc	72	14125	224630	70625	31.4
Puente Pied	40	8089	74956	40445	54.0
San Martín	41	4352	394909	21760	5.5
Los Olivos	36	1140	161733	5700	3.5
CONO SUR	256	174358	1591109	871790	54.8
Chorrillos	22	6672	197560	33360	16.9
Lurín	4	1581	31320	7905	25.2
Surquillo	8	1149	155695	5745	3.7
S.J.de Mira	77	19467	293772	97335	33.1
Pachacamac	5	794	13726	3970	28.9
Pucusana	2	292	6685	1460	21.8
Sant.de Sur	35	9976	193749	49880	25.7
Villa María	82	35344	316324	176720	55.9
Villa el Sa	20	99068	271999	495340	182.1
Miraflores	1	15	110279	75	0.1
P.C.CALLAO	97	49641	658100	304437	46.3
Callao	66	30042	313800	165245	52.7
Bellavista	4	148	72200	815	1.1
C.de la Leg	7	4383	52700	24108	45.8
La Perla	6	1414	50500	7779	15.4
Ventanilla	14	10954	68900	60250	87.5

FUENTE: MINISTERIO DE VIVIENDA

///...

mayoría de los habitantes, son factores fundamentales para la formación de barriadas en las cuales se manifiestan los más altos porcentajes de desempleo y sub-empleo además de los más bajos niveles de salario e ingresos percibidos. La escasa capacidad económica de la población hace difícil la obtención de financiamiento para la construcción de sus viviendas. De haber un mayor ingreso económico se incrementa notoriamente la construcción de éstas.

El déficit de vivienda a nivel nacional ha aumentado aceleradamente de 179159 viviendas en 1981 a 560000 en 1993 teniendo un incremento anual en ese período de 9.96% de acuerdo a los resultados del último censo de población y vivienda realizado el 12 de Julio de 1993. Este valor es sólo un indicativo ya que el déficit cualitativo, es decir aquellas viviendas que requieren ser sustituidas por ser construcción precaria, carentes o deficitarias de servicios básicos y que albergan en un cuarto hasta diez personas representa el 30% de las existentes.

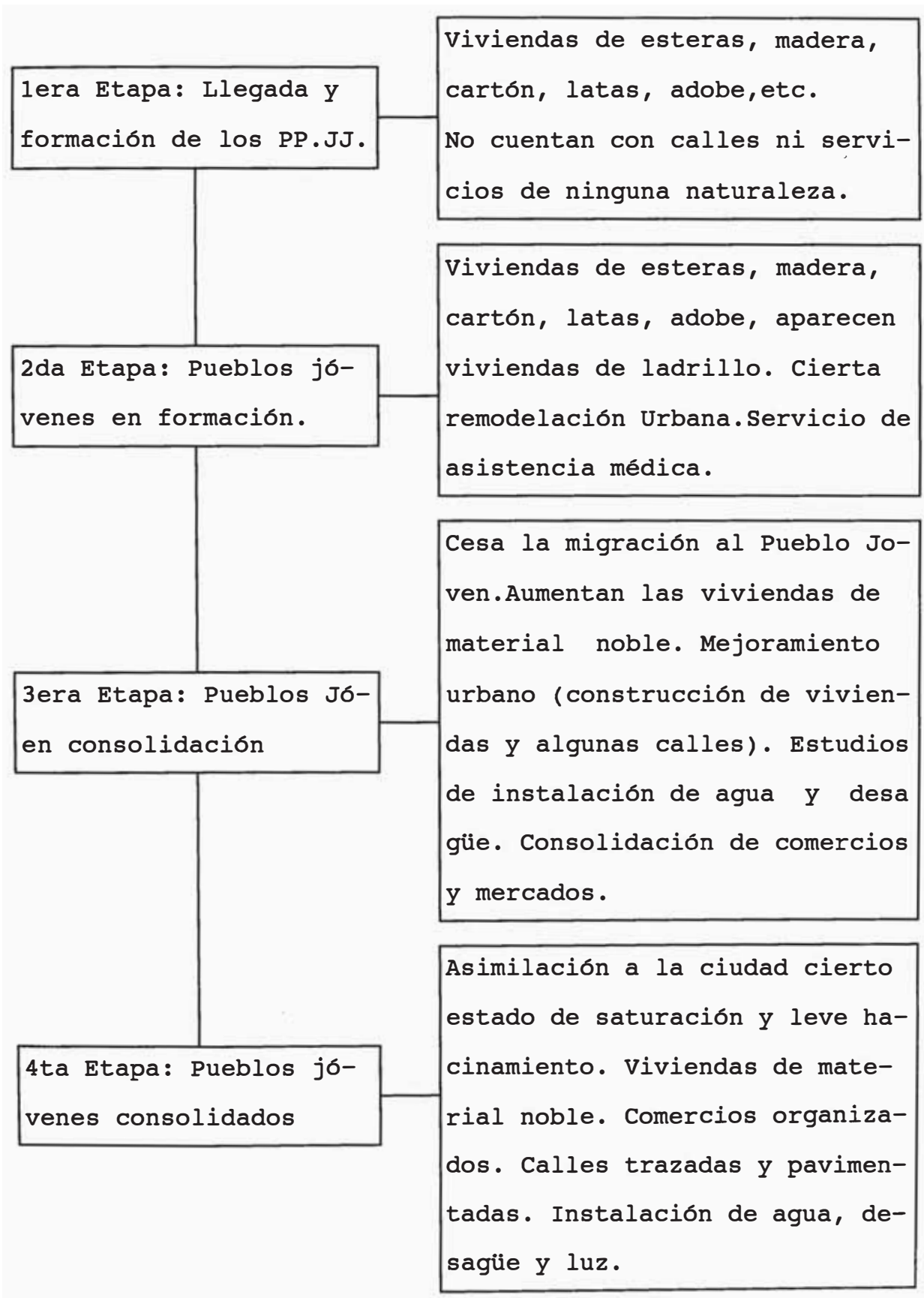
DEFICIT DE VIVIENDAS A NIVEL NACIONAL

DESCRIPCION	1961	1972	1981	1993
CANTIDAD DE HOGARES	2039432	2686471	3257124	4682000
CANTIDAD DE VIV. OCUP. CON OCUP. PRES.	1876908	2171553	2436383	4122000
DEFICIT	162524	850482	179159	560000

La dinámica que imprime mayor impulso al desarrollo urbano, en las principales ciudades , es la dinámica espontánea de organización de asentamientos humanos. En dicha dinámica los técnicos por lo general intervienen sólo al final, para efectos de habilitar redes, vias de comunicación, o para regularizar lo ya construído.

Se ha definido cuatro etapas en el proceso de consolidación de los pueblos jóvenes. Las características resaltantes de cada una de éstas etapas se presentan en el siguiente diagrama. Véase también anexo de fotografías.

PROCESO DE FORMACION Y CONSOLIDACION DE LOS PUEBLOS JOVENES



2.2 AUTOCONSTRUCCION:

La vivienda, como parte de los asentamientos humanos de los sectores urbano marginales o pueblos jóvenes, constituye para las familias un asunto de vital importancia, que tiene que ver no sólo con aspectos de abrigo, sino con interrelaciones económicas, sociales, de organización etc.

El déficit de vivienda en éstos sectores se sigue agravando y el sector público y privado hasta hoy no tiene una respuesta acorde con la demanda de la población.

Esta población desde hace cinco décadas viene generando una respuesta a través de la autoconstrucción espontánea a su problema de vivienda; es decir, se ha convertido en el protagonista del desarrollo de la vivienda en éstos sectores.

Esta nueva alternativa generada por la población, nos enfrenta a un conjunto de interrogantes en relación a las características y alcances de ésta consolidación: concepción de la vivienda, tipología y formas de acceder a un diseño, fuentes y modalidades de financiamiento, formas de gestión y organización de los recursos como son el terreno, la mano de obra y la tecnología constructiva predominante, además de nuevas alternativas e innovaciones tecnológicas asumidas por el poblador.

En la actualidad, resulta evidente que el problema de la vivienda se desenvuelve dentro de aspectos generales, que involucran aspectos humanos, técnicos, operativos y económico financieros. El desarrollo de los pueblos jóvenes se centra básicamente en la participación de sus propios pobladores mediante la autoconstrucción de viviendas, lo cual podría definirse como la acumulación de esfuerzos hechos en forma aislada de un conjunto de familias organizadas que cuentan o no con el apoyo externo necesario, a fin de conseguir sus viviendas propias. Entendiéndose por apoyo externo fundamentalmente el asesoramiento técnico y/o a la financiación de la vivienda por medio de créditos privados a intereses bajos.

Para definir las características del proceso de autoconstrucción en pueblos jóvenes se considera el estudio efectuado en 1986 por CARE-PERU (Cooperativa americana de reservas al exterior) y CESPAC (Centro de servicios de pedagogía audiovisual para la capacitación) en ocho pueblos jóvenes ubicados en los cuatro conos geográficos de Lima Metropolitana (incluyendo el Callao) con una muestra de 400 viviendas del que algunos resultados son (se considera GP al grupo provisional y GC al grupo consolidado):

2.2.1 Desarrollo de la Vivienda:

¿Quién debe solucionar el problema de la vivienda? GP

Respuestas	Porcentaje
Sector privado	1.0
Autoconstrucción	93.0
Estado	6.0

¿Porqué decidió construir ud. mismo? GC

Razón	Porcentaje
Por necesidad	38
Conocimiento y apoyo técnico	32
Mas económico	30

2.2.2 Tipología de la vivienda:

Preferencia	GP (%)	GC (%)
Unifamiliar	92	92
Bifamiliar	3	0
Multifamiliar	5	8

2.2.3 Participación en la consolidación de la vivienda:

En el diseño:

Participación	GP	GC
Consultando planos	31	46
Copiando	17	20
Propiciando ideas	52	25
Otros	0	9

En el proceso constructivo:

Participación	GP (%)	GC (%)
Arquitecto o ingeniero	23	1
Maestro de obra	10	9
Albañiles	52	60
Servicios complementarios	43	0
Familiares y vecinos	93	91

2.2.4 Plazos de construcción y estado de la vivienda:

En el grupo consolidado:

Plazo	Viviendas concluídas (%)	Viviendas inconclusas (%)
0-5 años	48	86
6-15 años	52	12
más de 15	0	2

Número de pisos:

Plazo	1 piso	2 pisos	mas de 2
0-5 años	67	17	2
6-15 años	8	4	0
más de 15	2	0	0

La construcción de la vivienda constituye para un amplio sector una importante articulación con el empleo. Este aprendizaje de diversas habilidades u oficios dentro de la construcción constituye, además de empleos temporales o permanentes en éste sector, un entrenamiento que facilita su adaptación a otro tipo de trabajo.

Los terrenos donde se ubican éstos nuevos asentamientos, presentan cada vez mayores dificultades para su consolidación y para la atención del Estado de la Infraestructura Básica (agua, desague y electrificación) este por su ubicación y características; mas aún en infraestructura complementaria (pistas, veredas, centro educativo, centro de salud, etc.) que es limitada.

La vivienda en pueblos jóvenes se caracteriza por su precariedad y por seguir un proceso progresivo cada vez más lento y por desarrollarse con deficiencia de servicios básicos.

2.3 SECUENCIA EN LA AUTOCONSTRUCCION:

El proceso de Autoconstrucción espontanea de la vivienda puede describirse como aquel que pasa por las siguientes etapas:

vivienda provisional
vivienda en construcción
vivienda terminada

A pesar de sus serias limitaciones (empleo temporal, sub-empleo, niveles de ingreso, disponibilidad y tiempo libre, niveles de salud y alimentación, etc.) el poblador y su familia adoptan casi como única solución la autoconstrucción de su vivienda y la participación comunal en su gestión y en el desarrollo de la infraestructura de los asentamientos humanos. El poblador es consciente de la incapacidad del sector público y del sector privado de proporcionarle posibilidades de acceso a una vivienda

El proceso de autoconstrucción emplea una tipología de vivienda y una tecnología de construcción influenciada por el medio y por la falta de información y asistencia técnica que dé una mayor racionalidad al proceso.

Esta vía de la autoconstrucción le proporciona al poblador y su familia algunas compensaciones, tales como un aumento de solidaridad entre sus miembros y vecinos, una auto-capacitación para el trabajo y en muchos casos una mayor

flexibilidad en el diseño de tal modo que permita el crecimiento progresivo de su vivienda.

Los pobladores urbano-marginales han ido definiendo una secuencia en el proceso de consolidación de la vivienda que básicamente corresponde a construir en éste orden:

sala comedor: primera prioridad

dormitorios : segunda prioridad

cocina : tercera prioridad

baño : cuarta prioridad

el cerco corresponde también a la primera prioridad.

Al plazo de construcción de una segunda y tercera planta se le identifica como plazo o meta generacional (hijos, nietos).

No existe dentro de un plan nacional de desarrollo económico y social una definida política sectorial de vivienda y construcción que apoye la autoconstrucción.

La insuficiencia de recursos, los requisitos y tramites, así como la falta de información y asistencia técnica de las actuales instituciones de crédito, no permiten un aumento significativo en las posibilidades de los pobladores para impulsar la autoconstrucción de su vivienda.

La autoconstrucción de viviendas a cargo de los pobladores no resulta necesariamente económica, siendo en muchos casos mas cara que una vivienda similar que ha recibido adecuada supervisión y asistencia técnica.

Una buena construcción y supervisión completan los eslabones de la cadena de seguridad y economía que proporcionan al poblador un hábitat donde pueda vivir en confort, sin angustias, mejorando su calidad de vida.

2.4 PREFERENCIA DE MATERIALES:

En la mayoría de viviendas consolidadas o denominadas también no provisionales, existe una marcada preferencia por el uso de ladrillo como material principal; que es a su vez el material con el que aspiran a construir los que aún tienen viviendas no consolidadas o provisionales.

En cuanto a la tipología estructural hay la tendencia generalizada hacia el uso del sistema estructural basado en el empleo de muros portantes, lo que tiene relación con el empleo de muros de mampostería con ladrillos cerámicos debido a su amplia difusión y conocimiento. El uso de sistemas aporticados es mínimo empleándose en viviendas que además tienen otros usos tales como tiendas o talleres, donde se requiere mayor flexibilidad en las divisiones.

2.4.1 Detalles constructivos:

Cimientos.-Cumplen la función de transmitir al terreno en que descansan las cargas y presiones originadas por el peso propio de la obra y sus sobrecargas, así como los empujes y los esfuerzos de tracción que pudieran desarrollarse, sin que el suelo sufra deformaciones que sobrepase cierto límite permisible y que dañen la estructura.

La profundidad de cimentación varía de 0.60 a 1.20 m. siendo la mas usada de 0.80 m. con 0.40 cm de ancho; ésto en caso que los suelos no presenten mayores problemas.

Las proporciones de mezcla de concreto mas usadas son:

1 bolsa de cemento+3 carretillas de hormigón (1:6)

1 bolsa de cemento+4 carretillas de hormigón (1:8)

1 bolsa de cemento+5 carretillas de hormigón (1:10)

Sobrecimientos.- Es la parte de la construcción que va entre el cimiento y el muro, de allí su nombre, debe tener una altura tal que aleje la humedad del suelo, además tiene la finalidad de completar la cimentación hasta los niveles exigidos por las especificaciones, asimismo efectuar los rellenos necesarios para la ejecución de los falsos pisos, a fin de presentar una superficie plana y nivelada para el asentado de los ladrillos.

La profundidad de los sobrecimientos varía de 0.20 a 0.60 m y la mas usual es de 0.30 m y la proporción de la mezcla de concreto de 1 bolsa de cemento+3 carretillas de hormigón con 30% de piedra mediana.

Muros.- En las viviendas consolidadas hay una amplia preferencia por el empleo de mamposteria de ladrillo como solución para los muros y tabiques; en cuanto al sistema estructural el mas utilizado es el de muro portante.

Los espesores más usados de muros y tabiques son de 0.25 y 0.15 m. en mampostería y de 0.20 m. en ladrillos de concreto.

El tipo de ladrillo más utilizado es el king-kong de arcilla fabricada a mano que en muchos casos es de mala calidad y de dimensiones no homogéneas que genera juntas que varían de 1.5 cm. a 4 cm.

Columnas.- La mayoría de viviendas consolidadas usan columnas de 0.25x0.25 m. además de 4 fierros de 1/2" por cada columna. El número de columnas promedio por viviendas es de 18 en un área de 120 m²; las proporciones de mezcla de concreto son muy variables y dependen muchas veces de la disponibilidad del material.

Vigas.- En la mayoría de las viviendas no se ha terminado con la construcción de éstos elementos. En las viviendas que cuentan con estos elementos las mayores deficiencias están en la falta de continuidad en el vaciado y en la inadecuada compactación además de los cambios constantes en el diseño de la mezcla utilizada para el concreto.

Techo.- Igual que en el caso de vigas esta parte de la construcción en la mayoría de los casos está en provisional siendo el material predominante el eternit, después en el caso de ser permanentes se usa la losa aligerada.

Servicios.- La colocación de instalaciones sanitarias y eléctricas guarda relación con el avance de la infraestructura básica del pueblo joven. Sin embargo las instalaciones eléctricas pueden adelantarse, debido a que se emplean conexiones provisionales de los asentamientos vecinos.

C A P I T U L O I I I

MATERIALES EMPLEADOS

3.1. SUPERCEMENTO ATLAS PUZOLANICO TIPO IP

3.1.1. INTRODUCCION:

En la presente Tesis se usó el supercemento Atlas Puzolánico tipo IP el cual por sus propiedades y principalmente por su costo, cumple con los objetivos de éste estudio al ser utilizado en asentamientos humanos y viviendas económicas. Este cemento corresponde al tipo IP de la clasificación de la Norma ASTM C 595 o de la Norma ITINTEC 334.044.

Los cementos puzolánicos se pueden obtener ya sea de la mezcla de la puzolana, previamente molida a una alta fineza, con el cemento ya fabricado, o por su combinación con los otros componentes durante la molienda. En caso, del supercemento Atlas Puzolánico tipo IP, la adición de la puzolana se hace mezclándola con el clinker y el yeso, en el momento de la molienda, lo que garantiza un producto uniforme y homogéneo.

El comportamiento de los cementos Portland adicionados depende, en general, básicamente de las características de la materia prima originaria del clinker que cada fábrica produce. Por la razón mencionada no es recomendable definir en forma general las características de los cementos Portland Puzolánicos, sino determinar las de cada uno en particular.

Al ser posible el que existan variaciones importantes entre los diferentes cementos Portland Puzolánicos, se hará una breve descripción de la PUZOLANA y el CLINKER empleados en la fabricación del SUPERCEMENTO ATLAS PUZOLANICO TIPO IP; así como de las características más importantes de éste.

3.1.2. PUZOLANA DE CEMENTOS LIMA S.A.

Origen Geológico:

La puzolana empleada por Cementos Lima tiene origen volcánico, pertenece a la edad cretácica , y está formada por la intercalación de Andesitas con matriz afanítica, porfirítica y vidrio volcánico, habiendo recibido un aporte posterior de piritas.

Composición Mineralógica.-

De acuerdo al análisis mineralógico hecho con difracción de Rayos X, su composición promedio es la siguiente:

Cuarzo	18%
Feldespatos	15%
Anfibolita	3%
Hematita	10%
Otros materiales arcillosos	4%
Material amorfo	50%

En ésta puzolana hay 50% de materiales cristalizados inertes y 50% de material amorfo o vidrioso.

3.1.3. EL CLINKER DE CEMENTOS LIMA S.A.

Un clinker puede recibir mayor proporción de material puzolánico cuanto mejor es su calidad; entendiéndose por tal un alto grado de saturación, un contenido elevado de C3S, de (C3S+C2S) y de fase vítrea, y un contenido mínimo de cal libre.

Debido a la composición de la materia prima, el clinker que produce Cementos Lima S.A. tiene las características mencionadas, siendo especialmente adecuados para recibir adiciones puzolánicas por su alto grado de saturación, elevado contenido de C3S y, como consecuencia de ello, altas resistencias iniciales.

3.1.4. PRINCIPALES PROPIEDADES FISICAS

Dentro de las principales propiedades físicas del Supercemento Atlas Puzolánico tipo IP tenemos:

Peso específico (Norma Itintec 334.002)

Es la relación de la masa de un volumen unitario de un material, a una determinada temperatura, a la masa del mismo volumen de agua destilada libre de aire.

$$Pe = 2.96 \text{ gr/c.c.}$$

Fineza (Norma Itintec 334.002)

La Fineza o Superficie Especifica es función directa de la molienda de los cementos. Su valor define el

área en cm² de las superficies de todas las partículas supuestamente esféricas de un gramo de cemento. Se ha determinado por el método Blaine.

$$S_e = 4,722 \text{ cm}^2/\text{gr}$$

Consistencia Normal (Itintec 334.006)

Es la cantidad de agua necesaria para obtener una pasta de cemento con características determinadas.

$$\text{Cons. Nor.} = 27.1 \%$$

Contenido de Aire.- (Itintec 334.046)

Cantidad de aire presente en el cemento. Se emplea como índice indirecto de la finura del cemento y por ende del grado de molienda.

$$\text{Cont. Aire} = 7.79\%$$

Expansión en el Autoclave (Itintec 334.054)

Es la variación volumétrica obtenida en una pasta de cemento sometida a vapor a presión determinada.

$$\text{Expansión} = 0.12\%$$

Tiempo de Fraguado (Itintec 334.006)

Referido al cambio del estado fluído al estado sólido de una pasta de cemento.

Fragua Inicial: Cuando se presenta en la pasta una penetración de 25 mm. de la aguja Vicat.

Fragua Final : Cuando no se presenta penetración de la aguja Vicat.

Para el ensayo se usó las agujas Vicat:

Fragua Vicat Inicial : 2h 36m.

Fragua Vicat Final : 3h 52m.

Resistencia a la Compresión.- (Itintec 334.051)

Es la capacidad de la pasta de cemento para soportar esfuerzos sin fallar. Es función directa de la fineza, composición química, contenido de agua de la pasta y grado de hidratación de la misma.

EDAD	RESISTENCIA
24 horas	122 Kg/cm ²
3 días	219 Kg/cm ²
7 días	283 Kg/cm ²
28 días	404 Kg/cm ²

**RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUPERCEMENTO ATLAS
PUZOLANICO TIPO IP**

CARACTERISTICA	SUPERCEMENTO ATLAS PUZOLANICO	NORMA ITIMTEC
Peso específico	2.96 gr/cm ²	-----
Superficie específica	4,722 cm ² /gr	2,800 cm ² /gr(min)
Contenido de aire	7.80 %	12 % (max)
Consistencia Normal	27.10 %	-----
Tiempo de fraguado:		
Fragua inicial	2 h 36 m	0 h 45 m (min)
Fragua final	3 h 52 m	7 h 00 m (max)
Expansión autoclave	0.12 %	0.50 % (max)
Res.a la Compresión:		
24 horas	122 Kg/cm ²	-----
3 días	219 kg/cm ²	120 kg/cm ² (min)
7 días	283 kg/cm ²	190 kg/cm ² (min)
28 días	404 kg/cm ²	240 kg/cm ² (min)

ANALISIS QUIMICO DEL SUPERCEMENTO ATLAS PUZOLANICO TIPO IP

COMPONENTES	SIMBOLOS	PORCENTAJE
Oxido de Silice	SiO ₂	28.27
Oxido de Aluminio	Al ₂ O ₃	7.46
Oxido de Fierro	Fe ₂ O ₃	5.23
Oxido de Calcio	CaO	49.52
Oxido de Magnesio	MgO	2.77
Trióxido de Azufre	SO ₃	2.66
Oxido de Potasio	K ₂ O	0.82
Oxido de Sodio	Na ₂ O	0.88
Perdida por Calcinación	PC	2.77
Residuo Insoluble	RI	13.48
Sulfato de Calcio	SO ₄ Ca	4.52
Cal Libre	CaO	0.30

ANALISIS QUIMICO DEL CLINKER

COMPONENTES	SIMBOLOS	PORCENTAJE
Oxido de Silice	SiO ₂	20.09
Oxido de Aluminio	Al ₂ O ₃	6.64
Oxido de Fierro	Fe ₂ O ₃	3.60
Oxido de Calcio	CaO	63.28
Oxido de Magnesio	MgO	3.69
Trioxido de Azufre	SO ₃	1.41
Oxido de Potasio	K ₂ O	0.94
Oxido de Sodio	Na ₂ O	0.22
Módulo de Silicato	MS	1.96
Módulo Silícico	Ms	3.02
Módulo Alumínico-Férrico	MAF	1.89
Módulo de Saturación	GS	95.25
Módulo Hidráulico	MH	2.09
Silicato Tricálcico	C ₃ S	55.13
Silicato Bicálcico	C ₂ S	16.01
Aluminato Tricálcico	C ₃ A	11.52
FerroAluminato Tetracálcico	C ₄ AF	10.95

3.2. HORMIGON

3.2.1. CONCEPTOS GENERALES

El agregado denominado Hormigón es el material compuesto de grava y arena empleado en su forma natural de extracción. (Norma Itintec 400.011).

Para el establecimiento de los requisitos mínimos de calidad de los agregados para concreto, así como para la determinación de ciertas características necesarias para el diseño de mezclas se efectúan diversos ensayos de laboratorio.

Cantera: Los hormigones utilizados en los ensayos de laboratorio del presente estudio provienen del Distrito de Carabayllo. Véase anexo de fotografías.

Considerando que en el caso del empleo de Hormigón es importante para el diseño de mezclas, conocer la relación arena-grava, se clasificó al hormigón de acuerdo a ésta característica.

HC1 : Hormigón con 85% de arena y 15% de grava

HC2 : Hormigón con 70% de arena y 30% de grava

HC3 : Hormigón con 55% de arena y 45% de grava

HC4 : Hormigón con 45% de arena y 55% de grava

3.2.2 Propiedades Físicas

Los ensayos de laboratorio, necesarios para los agregados usados en el concreto, se realizan con el propósito de establecer requisitos mínimos de calidad como la tenacidad, estabilidad, resistencia a la abrasión; y otros necesarios para determinar las características en la dosificación de mezclas, como el peso específico, porcentaje de absorción , peso unitario, contenido de humedad entre otras propiedades físicas que a continuación se detallan.

3.2.2.1. Perfil y Textura Superficial

Los hormigones usados tienen el perfil semi- angular y su textura es rugosa.

3.2.2.2. Granulometría (Itintec 400.011)

Es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños.

La distribución de los tamaños de las partículas tienen efecto importante en la demanda de agua del concreto fabricado con un agregado dado. Por consiguiente tiene importancia en la trabajabilidad y características de acabado del concreto fresco.

El cuadro presenta la granulometría de los cuatro hormigones empleados:

GRANULOMETRIA DEL HORMIGON

Tamiz	Porcentaje Retenido			
	HC1	HC2	HC3	HC4
1"	05	10	14	17
3/4"	04	07	11	14
1/2"	02	04	06	08
3/8"	01	03	06	06
1/4"	03	06	08	10
Nº4	01	01	01	01
Nº8	08	07	05	04
Nº16	18	15	12	10
Nº30	22	18	14	12
Nº50	17	14	11	09
Nº100	10	08	06	05
Fondo	09	07	06	04

3.2.2.3. Superficie Específica

Es la suma de las areas superficiales de las partículas del agregado por unidad de peso. Para su determinación se considera que el area superficial de todas las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidos en el otro es función del promedio de las aberturas.

HORMIGON	SUPERFICIE ESPECIFICA (cm ² /gr)
HC1	45.97
HC2	38.07
HC3	30.12
HC4	24.93

3.2.2.4 Módulo de Fineza

(Itintec 400.011)

Es un concepto sumamente importante establecido por Duff Abrams en el año 1925 y que tiene sustento matemático pues es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de partículas de una cierta distribución granulométrica.

La justificación experimental que avala el concepto consiste en que está demostrado que, independientemente de la granulometría, los concretos con agregados de igual módulo de fineza, mantienen las mismas condiciones de trabajabilidad y resistencia.

El módulo de fineza se obtiene por la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices N^o 100, N^o 50, N^o 30, N^o 16, N^o 8, N^o 4, 3/8", 3/4", 1 1/2" dividido entre 100.

HORMIGON	MODULO DE FINEZA
HC1	3.39
HC2	4.12
HC3	4.81
HC4	5.31

3.2.2.5. **Peso Específico**

(Itintec

400.022)

Es un indicador de calidad, correspondiendo los valores elevados a materiales de buen comportamiento mientras que valores bajos corresponden generalmente a agregados absorbentes y debiles.

Necesario para la dosificación de la mezcla en el cálculo de los volúmenes absolutos del material.

Peso específico de masa (PEM): Relación a temperatura estable de la masa de aire de un volumen unitario de material permeable; a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

Peso específico de masa saturado superficialmente seco (PEMSSS): Se diferencia del peso específico de masa en que se incluye el agua presente en los poros permeables.

Peso específico aparente (PEA): Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire de igual densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

HORMIGON	PEM	PEMSSS	PEA
HC1	2.68	2.71	2.78
HC2	2.70	2.73	2.79
HC3	2.72	2.75	2.81
HC4	2.74	2.76	2.82

3.2.2.6. Peso Unitario (Itintec 400.017)

Es la relación del peso del material por unidad de volumen; se determinan dos pesos unitarios.

Peso Unitario Suelto (PUS): determinado cuando el proceso de llenado es continuo sin ninguna presión (varillado).

Peso Unitario Compactado (PUC): se determina considerando el proceso de llenado por capas (3) y ejerciendo presión (varillado) de acuerdo a norma.

HORMIGON	PUS (Kg/M3)	PUC (Kg/M3)
HC1	1728	1825
HC2	1703	1849
HC3	1678	1868
HC4	1662	1901

3.2.2.7. Porcentaje de Absorción

(Itintec 400.022)

La absorción de un agregado esta representada por el porcentaje de agua que le es necesario para llegar a la condición de saturado superficialmente seco; condición de equilibrio. Es necesario conocer la absorción para control en obra, cuando la humedad superficial se determina por secado, debido a que ello puede modificar la relación agua-cemento de la mezcla.

HORMIGON	ABSORCION(%)
HC1	1.25
HC2	1.19
HC3	1.12
HC4	1.07

3.2.2.8. Contenido de Humedad

(ASTM C 566)

Se determina de acuerdo a norma colocando el material en el horno hasta obtener peso constante.

HORMIGON	C.HUMEDAD(%)
HC1	0.41
HC2	0.37
HC3	0.33
HC4	0.30

3.2.2.9. Tamaño Máximo (Itintec 400.037)

Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

3.2.2.10. Tamaño Máximo Nominal (Itintec 400.037)

Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

3.2.2.11. Porcentaje que pasa la malla 200 (Itintec 400.022)

Es el porcentaje de material muy fino. Los valores altos bajan la resistencia del concreto.

HORMIGON	PASA MALLA 200
HC1	7.77
HC2	6.60
HC3	5.35
HC4	4.51

RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL HORMIGON

PROPIEDAD	HC1	HC2	HC3	HC4
PEM(gr/cm ³)	2.68	2.70	2.72	2.74
PEMSSS(gr/cm ³)	2.71	2.73	2.75	2.76
PEA(gr/cm ³)	2.78	2.79	2.81	2.82
Absorción(%)	1.25	1.19	1.12	1.07
Cont. Humedad(%)	0.41	0.37	0.33	0.30
PUS(Kg/M ³)	1728	1703	1678	1662
PUC(Kg/M ³)	1901	1868	1849	1825
Módulo de Fineza	3.39	4.12	4.81	5.31
Sup.Específica(%)	45.97	38.07	30.12	24.93
Pasa Malla N ^o 200	7.77	6.60	5.35	4.51

3.3 AGUA

En la preparación del concreto se empleó agua potable proveniente de la red pública que abastece al Laboratorio de Ensayo de Materiales. El agua utilizada cumple con los requisitos de la norma Itintec 339.088

La norma Itintec 339.088 establece como requisitos para agua de mezcla y curado:

DESCRIPCION	LIMITE PERMISIBLE
-Sólidos en suspensión	500 ppm máximo
-Materia orgánica	3 ppm máximo
-Carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total expresada en NaHCO_3)	1000 ppm máximo
-Sulfatos (Ión SO_4)	600 ppm máximo
-Cloruros (Ión Cl)	1000 ppm máximo
-PH	entre 5.5 y 8

C A P I T U L O I V

SELECCION DE PROPORCIONES DE LA MEZCLA

4.1 CRITERIOS GENERALES:

4.1.1 INTRODUCCION:

El concreto es un material heterogéneo el cual está compuesto principalmente de la combinación de cemento, agua y agregados. La selección de los diferentes materiales que componen la mezcla de concreto y la proporción de cada uno de ellos debe ser siempre el resultado de un acuerdo razonable entre la economía y el cumplimiento de los requisitos que debe satisfacer el concreto al estado fresco y endurecido.

Las proporciones seleccionadas deberán permitir que:

-La mezcla sea fácilmente trabajable en los encofrados y especialmente en sus esquinas y ángulos, así como alrededor del acero de refuerzo y elementos embebidos, utilizando los procedimientos de colocación y consolidación disponibles en obra; sin que se presente segregación del agregado grueso, o exudación excesiva de la superficie del concreto, y sin pérdida de uniformidad de la mezcla.

-Se logre un concreto que, al estado endurecido cumpla las indicaciones requeridas en las especificaciones de obra.

-La mezcla sea económica.

Estas proporciones sea cual fuere el método empleado para determinarlas, deberán ser consideradas como valores de prueba sujetas a revisión y ajustes sobre la base de los resultados obtenidos en mezclas preparadas bajo condiciones de laboratorio y de obra.

4.1.2 SECUENCIA DE DISEÑO:

Los siguientes pasos se consideran fundamentales en el proceso de selección de las proporciones de la mezcla para alcanzar las propiedades deseadas en el concreto:

-Seleccionar la resistencia promedio requerida para obtener en obra la resistencia de diseño especificada.

-Seleccionar en función de las características del elemento estructural y del sistema de colocación del concreto, el tamaño máximo nominal del hormigón.

-Elegir la consistencia de la mezcla y expresarla en función del asentamiento de la misma. Se tendrá en cuenta entre otros factores la trabajabilidad deseada, las características de los elementos estructurales y las facilidades de colocación y compactación del concreto.

-Determinar el porcentaje de aire atrapado.

-Seleccionar la relación agua-cemento requerida para obtener la resistencia deseada en el elemento estructural.

-Determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto, en función del volumen unitario de agua y de la relación agua-cemento seleccionada.

-Determinar las proporciones de la mezcla, considerando que el hormigón está en estado seco y que el volumen unitario de agua no ha sido corregido por humedad de éste.

-Corregir dichas proporciones en función del porcentaje de absorción y el contenido de humedad del hormigón.

-Ajustar las proporciones seleccionadas de acuerdo a los resultados de los ensayos de la mezcla realizados en laboratorio y posteriormente bajo condiciones de trabajo en obra.

4.2 PREPARACION EN EL LABORATORIO:

4.2.1 GENERALIDADES:

Las consideraciones generales adoptadas para el diseño de mezcla en el Laboratorio de Ensayo de Materiales son las que proporcionan la trabajabilidad y consistencia requeridas en el concreto; debido a que éstas propiedades son determinantes para el vaciado de concreto en la autoconstrucción de viviendas en pueblos jóvenes; además del aspecto económico tomado en cuenta en la elección del factor cemento.

Por lo anterior se buscó que la mezcla tenga consistencia plástica ; es decir que el asentamiento determinado mediante el método del cono de Abrams sea de 3 a 4 pulgadas y que el factor cemento varíe entre 7 a 8 sacos por metro cúbico de concreto.

La selección de las proporciones se hizo mediante el método del comité 211 del ACI ; teniendo en cuenta las limitaciones antes mencionadas para el ajuste de mezcla.

4.2.2 DISEÑO DE MEZCLAS CON EL HORMIGÓN HC1:

Con el hormigón HC1 (85% de arena y 15% de grava) se prepararon tandas con tres proporciones diferentes:

Información necesaria para el diseño:

Cemento:

-Tipo : Supercemento Atlas Puzolánico tipo IP

-Peso específico: 2.97

-Superficie específica: 4722 cm²/gr

Hormigón:

-PEM : 2.68

-PUS : 1728 Kg/m³

-Contenido de Humedad: 0.41 %

-Absorción · 1.25%

-TMN : 3/4"

MEZCLA C1M1:

-Res. a la compresión $f'c=210\text{Kg/cm}^2$, $f'cr=280\text{Kg/cm}^2$

-Asentamiento : 3" a 4"

-Agua de diseño : 193 lt/m³

-Relación agua-cemento : 0.56

-Factor Cemento : 347 Kg/m³ (8.16 S/m³)

-Volúmenes absolutos y valores de diseño:

Material	Volumen Absoluto	Valor de diseño
Cemento	0.117	347 Kg/m ³
Agua de diseño	0.193	193 lt/m ³
Aire	0.020	2 %
Hormigón	0.670	1796 Kg/m ³

-Corrección por humedad del hormigón:

Material	para 1 m ³	para 0.02 m ³
Cemento	347 Kg	6.94 kg
Agua efectiva	208 lt	4.16 lt
Hormigón	1803 Kg	36.06 kg

-Proporción en peso:

$$\frac{347}{347} \quad \frac{1796}{347} = 1:5.18 / 23.7 \text{ lt/saco} \quad \text{sin corregir}$$

$$\frac{347}{347} \quad \frac{1803}{347} = 1:5.20 / 25.5 \text{ lt/saco} \quad \text{corregida}$$

-Relación agua-cemento efectiva : 208/347 = 0.60

-Dosificación en volumen de obra:

Peso unitario del hormigón húmedo :1735 kg/m³

Peso por pie cúbico del hormigón :49.57 kg/pie³

Hormigón por saco de cemento :221 kg/saco

Dosificación en volumen :221/49.57= 4.45pie³

1:4.45 / 25.5 lt/saco

Observación: La mezcla resultó seca con asentamiento nulo por lo que no se usó para el moldeado de probetas.

MEZCLA C1M2:

- Res. a la compresión $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'cr =245 \text{ kg/cm}^2$
- Asentamiento : 3" a 4"
- Agua de diseño : 218 lt/m³
- Relación agua-cemento : 0.66
- Factor cemento : 331 kg/m³ (7.79 S/m³)
- Volúmenes absolutos y valores de diseño:

Material	Valor absoluto	Valor de diseño
Cemento	0.111	331 kg/m ³
Agua de diseño	0.218	218 lt/m ³
Aire	0.020	2 %
Hormigón	0.651	1745 kg/m ³

- Corrección por humedad del hormigón:

Material	para 1 m ³	para 0.02 m ³
Cemento	331 kg	6.62 kg
Agua efectiva	233 lt	4.46 lt
Hormigón	1752 kg	35.04

- Proporción en peso:

$$\frac{331}{331} : \frac{1745}{331} = 1:5.27 / 28 \text{ lt/saco} \quad \text{sin corregir}$$
$$\frac{331}{331} : \frac{1752}{331} = 1:5.30 / 30 \text{ lt/saco} \quad \text{corregida}$$

- Dosificación en volumen de obra:

Peso unitario del hormigón húmedo :1735 kg/m³
Peso por pie cúbico del hormigón :49.57 kg/pie³
Hormigón por saco de cemento :224 kg/saco

Dosificación en volumen : 224/49.57=4.51pies³

1:4.51 / 30 lt/saco

Observación : La tanda preparada tuvo consistencia seca; asentamiento de 1" por lo que no se usó para el moldeado.

MEZCLA C1M3:

-No se consideró resistencia inicial para el diseño

-Asentamiento : 3" a 4"

-Agua de diseño : 235 lt/m³

-Relación agua-cemento : 0.75

-Factor cemento : 313 kg/m³ (7.36 S/m³)

-Volúmenes absolutos y valores de diseño:

Material	volumen absoluto	valor de diseño
Cemento	0.105	313 kg/m ³
Agua de diseño	0.235	235 kg/m ³
Aire	0.020	2 %
Hormigón	0.640	1715 kg/m ³

-Corrección por humedad del hormigón:

Material	para 1 m ³	para 0.02 m ³
Cemento	313 kg	6.26 kg
Agua efectiva	249 lt	4.98 lt
Hormigón	1722 kg	34.44 kg

-Proporción en peso:

$\frac{313}{313} : \frac{1715}{313} = 1 : 5.48 / 31.9 \text{ lt/saco}$ sin corregir

$$\frac{313}{313} : \frac{1722}{313} = 1 : 5.50 / 33.8 \text{ lt/saco} \quad \text{corregida}$$

-Relación agua-cemento efectiva $249/313 = 0.80$

-Dosificación en volumen de obra:

Peso unitario del hormigón húmedo : 1735 kg/m³
Peso por pie cúbico del hormigón : 49.57 kg/pie³
Hormigón por saco de cemento : 234 kg/saco
Dosificación en volumen : $234/49.57=4.72$

1:4.72 / 33.8 lt/saco

Observación : La consistencia plástica de las tandas preparadas fue la adecuada para trabajo en obra por lo que se moldearon probetas para las edades requeridas.

4.2.3 DISEÑO DE MEZCLAS CON EL HORMIGÓN HC2:

Con el hormigón HC2 (70% de arena y 30% de grava) se prepararon tandas con cinco proporciones de material diferentes:

Información necesaria para el diseño:

Cemento:

-Tipo : Supercemento Atlas Puzolánico tipo IP

-Peso específico: 2.97

-Superficie específica : 4722 cm²/gr.

Hormigón:

- PEM : 2.70
- PUS : 1703 Kg/m3
- Contenido de Humedad: 0.37 %
- Absorción : 1.19%
- TMN : 3/4"

MEZCLA C2M1:

- No se consideró resistencia inicial para el diseño
- Asentamiento : 3" a 4"
- Agua de diseño : 219 lt/m3
- Relación agua-cemento : 0.66
- Factor cemento : 332 kg/m3 (7.81 S/m3)
- Volúmenes absolutos y valores de diseño:

Material	volumen absoluto	valor de diseño
Cemento	0.112	332 kg/m3
Agua de diseño	0.219	219 kg/m3
Aire	0.020	2 %
Hormigón	0.649	1752 kg/m3

- Corrección por humedad del hormigón:

Material	para 1 m3	para 0.02 m3
Cemento	332 kg	6.64 kg
Agua efectiva	233 lt	4.66 lt
Hormigón	1759 kg	35.18 kg

- Proporción en peso:

$$\frac{332}{332} : \frac{1752}{332} = 1 : 5.28 / 28.0 \text{ lt/saco} \quad \text{sin corregir}$$

332 1752
--- : ---- - 1: 5.30 / 29.8 lt/saco corregida
332 332

-Relación agua-cemento efectiva 233/332 = 0.70

-Dosificación en volumen de obra:

Peso unitario del hormigón húmedo :1709 kg/m³

Peso por pie cúbico del hormigón :48.84 kg/pie³

Hormigón por saco de cemento :225.22 kg/saco

Dosificación en volumen :225.2/48.8=4.61pie³

1:4.61 / 29.8 lt/saco

Observación : La mezcla resultó un tanto fluída (asentamiento de 4.5"). Considerando la trabajabilidad acorde a las condiciones de obra se moldearon probetas para las edades requeridas.

MEZCLA C2M2:

-No se consideró resistencia inicial para el diseño

-Agua de diseño : 206 lt/m³

-Relación agua-cemento : 0.61

-Factor cemento : 338 kg/m³ (7.95 S/m³)

-Volúmenes absolutos y valores de diseño:

Material	volumen absoluto	valor de diseño
Cemento	0.114	338 kg/m ³
Agua de diseño	0.206	206 kg/m ³
Aire	0.020	2 %
Hormigón	0.660	1782 kg/m ³

-Corrección por humedad del hormigón:

Material	para 1 m3	para 0.02 m3
Cemento	338 kg	6.76 kg
Agua efectiva	221 lt	4.42 lt
Hormigón	1789 kg	35.78 kg

-Proporción en peso:

$$\frac{338}{338} : \frac{1782}{338} = 1 : 5.27 / 25.9 \text{ lt/saco} \quad \text{sin corregir}$$

$$\frac{338}{338} : \frac{1789}{338} = 1 : 5.30 / 27.8 \text{ lt/saco} \quad \text{corregida}$$

-Relación agua-cemento efectiva $221/338 = 0.65$

-Dosificación en volumen de obra:

Peso unitario del hormigón húmedo : 1709 kg/m³

Peso por pie cúbico del hormigón : 48.84 kg/pie³

Hormigón por saco de cemento : 225.22 kg/saco

Dosificación en volumen : $225.2/48.8 = 4.61 \text{ pie}^3$

$$1 : 4.61 / 27.8 \text{ lt/saco}$$

Observación: Se moldearon probetas sólo para ser probadas a los 28 días y a edades posteriores. La mezcla resultó ligeramente seca (asentamiento 2").

MEZCLA C2M3:

-No se consideró resistencia inicial para el diseño

-Asentamiento : 3" a 4"

-Agua de diseño : 211 lt/m³

-Relación agua-cemento : 0.63

-Factor cemento : 335 kg/m³ (7.88 S/m³)

-Volúmenes absolutos y valores de diseño:

Material	volumen absoluto	valor de diseño
Cemento	0.113	335 kg/m ³
Agua de diseño	0.211	211 kg/m ³
Aire	0.020	2 %
Hormigón	0.656	1771 kg/m ³

-Corrección por humedad del hormigón:

Material	para 1 m ³	para 0.02 m ³
Cemento	335 kg	6.70 kg
Agua efectiva	225.5lt	4.51 lt
Hormigón	1778 kg	35.56 kg

-Proporción en peso:

$$\frac{335}{335} : \frac{1771}{335} = 1 : 5.28 / 26.8 \text{ lt/saco} \quad \text{sin corregir}$$

$$\frac{335}{335} : \frac{1778}{335} = 1 : 5.30 / 28.6 \text{ lt/saco} \quad \text{corregida}$$

-Relación agua-cemento efectiva $225.5/335 = 0.67$

-Dosificación en volumen de obra:

Peso unitario del hormigón húmedo :1709 kg/m³

Peso por pie cúbico del hormigón :48.84 kg/pie³

Hormigón por saco de cemento :225.60 kg/saco

Dosificación en volumen :225.6/48.8=4.61pie³

$$1:4.62 / 28.6 \text{ lt/saco}$$

Observación : La consistencia de la mezcla fue la óptima (asentamiento de 3") por lo que se moldearon probetas para todas las edades requeridas.

MEZCLA C2M4:

- No se consideró resistencia inicial para el diseño
- Asentamiento : 3" a 4"
- Agua de diseño : 197 lt/m³
- Relación agua-cemento : 0.67
- Factor cemento : 294 kg/m³ (6.92 S/m³)
- Volúmenes absolutos y valores de diseño:

Material	volumen absoluto	valor de diseño
Cemento	0.099	294 kg/m ³
Agua de diseño	0.197	197 kg/m ³
Aire	0.020	2 %
Hormigón	0.684	1847 kg/m ³

- Corrección por humedad del hormigón:

Material	para 1 m ³	para 0.02 m ³
Cemento	294 kg	5.88 kg
Agua efectiva	212 lt	4.24 lt
Hormigón	1854 kg	37.08 kg

- Proporción en peso:

$$\frac{294}{294} : \frac{1847}{294} = 1 : 6.28 / 28.5 \text{ lt/saco} \quad \text{sin corregir}$$

$$\frac{294}{294} : \frac{1854}{294} = 1 : 6.30 / 30.6 \text{ lt/saco} \quad \text{corregida}$$

- Relación agua-cemento efectiva $212/294 = 0.72$

- Dosificación en volumen de obra:

Peso unitario del hormigón húmedo : 1709 kg/m³

Peso por pie cúbico del hormigón : 48.84 kg/pie³

Hormigón por saco de cemento :267.9 kg/saco
Dosificación en volumen :267.9/48.8=5.5 pie³
1:5.5 / 30.6 lt/saco

Observación : Se moldearon probetas para la edad de 28 días y posteriores. El concreto dió una consistencia ligeramente seca (asentamiento de 2").

MEZCLA C2M5:

-No se consideró resistencia inicial para el diseño

-Asentamiento : 3" a 4"

-Agua de diseño : 199 lt/m³

-Relación agua-cemento : 0.68

-Factor cemento : 293 kg/m³ (6.9 S/m³)

-Volúmenes absolutos y valores de diseño:

Material	volumen absoluto	valor de diseño
Cemento	0.099	293 kg/m ³
Agua de diseño	0.199	199 kg/m ³
Aire	0.020	2 %
Hormigón	0.682	1841 kg/m ³

-Corrección por humedad del hormigón:

Material	para 1 m ³	para 0.02 m ³
Cemento	293 kg	5.86 kg
Agua efectiva	214 lt	4.28 lt
Hormigón	1848 kg	36.96 kg

-Proporción en peso:

$$\frac{293}{293} \cdot \frac{1841}{293} = 1: 6.28 / 28.8 \text{ lt/saco} \quad \text{sin corregir}$$

$$\frac{293}{293} : \frac{1848}{293} = 1: 6.30 / 31.0 \text{ lt/saco} \quad \text{corregida}$$

-Relación agua-cemento efectiva $214/293 = 0.73$

-Dosificación en volumen de obra:

Peso unitario del hormigón húmedo :1709 kg/m³

Peso por pie cúbico del hormigón :48.84 kg/pie³

Hormigón por saco de cemento :267.8 kg/saco

Dosificación en volumen :267.8/48.8=5.48pie³

1:5.48 / 31.0 lt/saco

Observación : La mezcla dió la consistencia adecuada (asentamiento de 2.5")

3.4 DISEÑO DE MEZCLAS CON EL HORMIGON HC3:

Con el hormigón HC3 (55% de arena y 45% de grava) se prepararon tandas con dos proporciones de material diferentes:

Información necesaria para el diseño:

Cemento:

-Tipo : Supercemento Atlas Puzolánico tipo IP

-Peso específico: 2.97

-Superficie específica: 4722 cm²/gr

Hormigón:

- PEM : 2.72
- PUS : 1678 Kg/m³
- Contenido de Humedad: 0.33 %
- Absorción : 1.12%
- TMN : 3/4"

MEZCLA C3M1:

- No se consideró resistencia inicial para el diseño
- Asentamiento : 3" a 4"
- Agua de diseño : 193 lt/m³
- Relación agua-cemento : 0.65
- Factor cemento : 297 kg/m³ (7.00 S/m³)
- Volúmenes absolutos y valores de diseño:

Material	volumen absoluto	valor de diseño
Cemento	0.100	297 kg/m ³
Agua de diseño	0.193	193 kg/m ³
Aire	0.020	2 %
Hormigón	0.687	1868 kg/m ³

- Corrección por humedad del hormigón:

Material	para 1 m ³	para 0.02 m ³
Cemento	297 kg	5.94 kg
Agua efectiva	208 lt	4.16 lt
Hormigón	1874 kg	37.48 kg

-Proporción en peso:

$$\frac{297}{297} : \frac{1868}{297} = 1: 6.28 / 27.60 \text{ lt/saco} \quad \text{sin corregir}$$

$$\frac{297}{297} : \frac{1864}{297} = 1: 6.30 / 29.7 \text{ lt/saco} \quad \text{corregida}$$

-Relación agua-cemento efectiva $208/297 = 0.70$

-Dosificación en volumen de obra:

Peso unitario del hormigón húmedo :1684 kg/m³

Peso por pie cúbico del hormigón :48.10 kg/pie³

Hormigón por saco de cemento :267.7 kg/saco

Dosificación en volumen :267.7/48.1=5.57pie³

$$1:5.57 / 29.7 \text{ lt/saco}$$

Observación : Se moldearon probetas para todas las edades, por tener el concreto asentamiento de 4.5"

MEZCLA C3M2:

-No se consideró resistencia inicial para el diseño

-Asentamiento : 3" a 4"

-Agua de diseño : 186 lt/m³

-Relación agua-cemento : 0.62

-Factor cemento : 300 kg/m³ (7.06 S/m³)

-Volúmenes absolutos y valores de diseño:

Material	volumen absoluto	valor de diseño
Cemento	0.101	300 kg/m ³
Agua de diseño	0.186	186 kg/m ³
Aire	0.020	2 %
Hormigón	0.693	1885 kg/m ³

-Corrección por humedad del hormigón:

Material	para 1 m3	para 0.02 m3
Cemento	300 kg	6.00 kg
Agua efectiva	201 lt	4.02 lt
Hormigón	1891 kg	37.82 kg

-Proporción en peso:

$$\frac{300}{300} : \frac{1885}{300} = 1 : 6.28 / 26.30 \text{ lt/saco} \quad \text{sin corregir}$$

$$\frac{300}{300} \cdot \frac{1891}{300} = 1 : 6.30 / 28.5 \text{ lt/saco} \quad \text{corregida}$$

-Relación agua-cemento efectiva $201/300 = 0.67$

-Dosificación en volumen de obra:

Peso unitario del hormigón humedo :1684 kg/m3

Peso por pie cúbico del hormigón :48.10 kg/pie3

Hormigón por saco de cemento :268.0 kg/saco

Dosificación en volumen :268.0/48.1=5.55pie3

1:5.55 / 28.5 lt/saco

Observación : Se moldearon probetas para todas las edades requeridas por tener la mezcla la consistencia adecuada.

4.2.5 DISEÑO DE MEZCLAS CON EL HORMIGÓN HC4:

Con el hormigón HC4 (45% de arena y 55% de grava) se prepararon tandas con dos proporciones de material diferentes.

Información necesaria para el diseño:

Cemento:

- Tipo : Supercemento Atlas Puzolánico tipo IP
- Peso específico: 2.97
- Superficie Específica: 4722 cm²/gr.

Hormigón:

- PEM : 2.74
- PUS : 1662 Kg/m³
- Contenido de Humedad: 0.30 %
- Absorción : 1.07%
- TMN : 3/4"

MEZCLA C4M1:

- No se consideró resistencia inicial para el diseño
- Asentamiento : 3" a 4"
- Agua de diseño : 192 lt/m³

-Relación agua-cemento : 0.65

-Factor cemento : 295.5 kg/m³ (6.95 S/m³)

-Volúmenes absolutos y valores de diseño:

Material	volumen absoluto	valor de diseño
Cemento	0.099	295.5 kg/m ³
Agua de diseño	0.192	192 kg/m ³
Aire	0.020	2 %
Hormigón	0.689	1887 kg/m ³

-Corrección por humedad del hormigón:

Material	para 1 m ³	para 0.02 m ³
Cemento	295.5 kg	5.91 kg
Agua efectiva	206.5 lt	4.13 lt
Hormigón	1893 kg	37.86 kg

-Proporción en peso:

$$\frac{295.5}{295.5} : \frac{1887}{295.5} = 1 : 6.38 / 27.60 \text{ lt/saco} \quad \text{sin corregir}$$

$$\frac{295.5}{295.5} : \frac{1893}{295.5} = 1 : 6.40 / 29.7 \text{ lt/saco} \quad \text{corregida}$$

-Relación agua-cemento efectiva $206.5/295.5 = 0.70$

-Dosificación en volumen de obra:

Peso unitario del hormigón humedo :1667 kg/m³

Peso por pie cúbico del hormigón :47.63 kg/pie³

Hormigón por saco de cemento :272.4 kg/saco

Dosificación en volumen :272.4/47.6=5.71pie³

1:5.71 / 29.7 lt/saco

Observación : La consistencia de la mezcla fue muy fluida por lo que se descartó el moldeado de probetas.

MEZCLA C4M2:

- No se consideró resistencia inicial para el diseño
- Asentamiento : 3" a 4"
- Agua de diseño : 182 lt/m³
- Relación agua-cemento : 0.61
- Factor cemento : 299 kg/m³ (7.04 S/m³)
- Volúmenes absolutos y valores de diseño:

Material	volumen absoluto	valor de diseño
Cemento	0.101	297 kg/m ³
Agua de diseño	0.182	182 kg/m ³
Aire	0.020	2 %
Hormigón	0.697	1909 kg/m ³

-Corrección por humedad del hormigón:

Material	para 1 m ³	para 0.02 m ³
Cemento	299 kg	5.98 kg
Agua efectiva	197 lt	3.94 lt
Hormigón	1915 kg	38.30 kg

-Proporción en peso:

$$\frac{299}{299} : \frac{1909}{299} = 1 : 6.38 / 25.90 \text{ lt/saco} \quad \text{sin corregir}$$

$$\frac{299}{299} : \frac{1915}{299} = 1 : 6.40 / 28.0 \text{ lt/saco} \quad \text{corregida}$$

-Relación agua-cemento efectiva $197/299 = 0.66$

-Dosificación en volumen de obra:

Peso unitario del hormigón húmedo :1667 kg/m³

Peso por pie cúbico del hormigón :47.63 kg/pie³

Hormigón por saco de cemento :272.0 kg/saco

Dosificación en volumen :272.0/47.6=5.71pie³

1:5.71 / 28 lt/saco

Observación : Se moldearon las probetas para todas las edades requeridas por tener la mezcla la trabajabilidad y consistencia deseadas.

4.3 PROCEDIMIENTO EN OBRA:

El criterio general para la selección de las proporciones de los materiales en obra es aquel que permite que el concreto endurecido alcance una resistencia mínima de 175 Kgf/cm² a los 28 días.

En viviendas autoconstruidas en pueblos jóvenes el concreto se dosifica teniendo en cuenta que las proporciones de los materiales se miden en volumen; esto que no es lo recomendable, sin embargo es inevitable en la práctica por las condiciones del medio. La unidad de medida para la dosificación del hormigón es la carretilla y el cemento se

mide por sacos; el agua de la mezcla es aquella que permite tener la consistencia y trabajabilidad necesaria para que el concreto sea facilmente colocado en los encofrados y alrededor del acero de refuerzo.

**CUADRO RESUMEN DE CANTIDAD DE MATERIALES PARA 1 METRO CUBICO
DE MEZCLA**

MEZCLA	SLUMP	CEMENTO (kg)	AGUA EFECTIVA (lt)	HORMIGON (kg)
C1M1	0"	347	208	1803
C1M2	1"	331	233	1752
C1M3	4"	313	249	1722
C2M1	5"	332	233	1759
C2M2	2"	338	221	1789
C2M3	3"	335	226	1778
C2M4	2"	294	212	1854
C2M5	2½"	293	214	1848
C3M1	4½"	297	208	1874
C3M2	3"	300	201	1891
C4M1	5¼"	296	207	1893
C4M2	3¼"	299	197	1915

C A P I T U L O V

PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO

Las características del concreto deben ser función del fin para el cual está destinado. Por ello la selección de las proporciones de la unidad cúbica de concreto 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. Por lo anterior he considerado necesario para el propósito de la presente tesis determinar dos propiedades fundamentales del concreto la Consistencia en el estado fresco y la Resistencia a la Compresión en el estado endurecido.

5.1 CONSISTENCIA:

La consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma ; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación (Norma Itintec 339.035).

Las Normas Alemanas clasifican el concreto, de acuerdo a su consistencia en tres grupos:

Concretos consistentes o secos: Definidos como aquellos que tienen un grado de humedad, tal que al apretarlos con la mano queda adherida en ésta la lechada de cemento.

Concretos plásticos : Son definidos como aquellos que contienen el agua necesaria para dar a la masa una consistencia pastosa.

Concretos fluidos : Son aquellos que han sido amasados con tanta agua que la mezcla fluye como una pasta blanda.

El método del cono de Abrams llamado también el método del cono de asentamiento o método del slump, considerado en las Normas Norteamericanas; define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o milímetros de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica; es decir el asentamiento es la diferencia entre la altura del molde metálico y la de la masa

de concreto después que ha sido retirada del molde que la cubría. Está definida una correlación entre normas alemanas y norteamericanas de la manera siguiente:

-A consistencias secas corresponden asentamientos de 0" a 2" (0 mm a 50 mm)

-A consistencias plásticas corresponden asentamientos de 3" a 4" (75 mm a 100 mm)

-A consistencias fluídas corresponden asentamientos de más de 5" (125 mm)

Al controlar el asentamiento en una obra se controla directamente la uniformidad en la consistencia y trabajabilidad necesaria para una adecuada colocación; e indirectamente al volumen unitario de agua, la relación agua-cemento y las modificaciones en la humedad del hormigón.

Por otra parte, si el contenido de hormigón es uniforme y se adicionan volúmenes constantes de agua a la mezcla, las variaciones en la consistencia son un índice de modificaciones en la dosificación de la mezcla.

Los asentamientos obtenidos para las diferentes proporciones de mezcla preparadas en el laboratorio se presentarán en un cuadro junto a los valores de resistencia a la compresión a diferentes edades del concreto

5.2 RESISTENCIA A LA COMPRESION

De las propiedades del concreto endurecido, la mas notable y corrientemente usada para referirse a él, es la resistencia al esfuerzo de compresión. Por ello la información necesaria para el cálculo de mezclas, por lo general, se da en función de la resistencia a la compresión que se desea para el concreto endurecido; sin embargo debe recordarse que muchos factores ajenos a la resistencia pueden afectar otras propiedades dependiendo de las características y ubicación de la obra.

La manera tradicional y práctica de evaluar la resistencia y uniformidad del concreto en las construcciones, consiste en moldear probetas con el concreto empleado en obra, que luego son llevadas a rotura en una prensa, bajo cargas de compresión.

Los resultados de ensayo muestran la dispersión del concreto debido a la heterogeneidad de sus constituyentes y a las condiciones propias de los procesos de mezcla, transporte y colocación. Además, a ésta natural variación debe agregarse la posible segregación de la muestra y las diferencias producidas en las operaciones de moldeo, curado y ensayo.

Conviene efectuar correctamente el proceso de muestreo, preparación y curado de probetas para evitar resultados erróneos de resistencia, que pueden llevar al cuestionamiento de la calidad del concreto. El costo de la buena preparación

**RESUMEN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO
CONSISTENCIA Y RESISTENCIA A LA COMPRESION**

MEZCLA	SLUMP	RESISTENCIA A LA COMPRESION f'c (kg/cm ²)				
		7 días	28 días*	28 días	45 días	60 días
C1M1	0"	-	-	-	-	-
C2M2	1"	-	-	-	-	-
C1M5	3"-5"	133	181	170	192	209
C2M1	5"	-	-	202	228	248
C2M2	2"	-	-	248	280	305
C2M3	3"	-	-	228	258	280
C2M4	2"	-	-	209	236	280
C2M5	2½"	-	-	216	244	266
C3M1	4½"	-	-	188	212	231
C3M2	3"	-	-	237	268	292
C4M1	5½"	-	-	-	-	-
C4M2	3½"	174	243	224	253	276

*Resistencia a la compresión obtenida de probetas con 10 días de curado en agua y 17 días expuestas al medio ambiente.

de probetas es una mínima fracción del costo del concreto, pero su importancia es decisiva.

Las probetas utilizadas son cilindros de 6"x12" y han sido preparadas considerando los diseños de prueba. Las superficies de estos cilindros fueron enrazadas de acuerdo a norma para que la carga aplicada se distribuyera uniformemente. Este proceso de enrase se denomina refrendado de probetas y el material usado para ello es en base a la mezcla de azufre y arcilla.

La resistencia a la compresión se obtiene de $f'c=P/A$

Donde:P: Es la carga de rotura (kgs)

A: Area sección transversal del cilindro (cm^2)

5.3 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

-Con el hormigón HC1 (85% de arena y 15% de grava) no es posible obtener las resistencias requeridas para el concreto en los elementos estructurales en viviendas sismo-resistentes de bajo costo , debido a que la cantidad de finos presente en el hormigón limita la obtención de la consistencia deseada; esto se demuestra con las mezclas C1M1 y C1M2 que fueron rechazadas por ser muy secas. En el caso de la mezcla C1M3 donde si se obtuvo el asentamiento requerido, el valor alto de la relación agua-cemento no permite obtener

la resistencia adecuada a los 28 días, aunque si a los 60 días. Una solución al problema de la consistencia del concreto con el hormigón en estudio sería el uso de aditivos plastificantes que en el caso de construcciones en pueblos jóvenes es impráctico tanto por su costo como por desconocimiento.

Con el hormigón HC2 se prepararon tandas con cinco proporciones diferentes. En las tres primeras proporciones se prepararon tandas con un factor cemento de 8 S/m³; variándose la relación agua-cemento hasta obtener la consistencia deseada, la mezcla C2M1 resultó fluída (a/c=0.66 y asentamiento de 5") y dió una resistencia a los 28 días de 202 kg/cm² y de 248 kg/cm² a los 60 días. Al disminuir la relación agua-cemento a 0.61 en la mezcla C2M2 el asentamiento fue de 2" y la resistencia aumentó a 248 kg/cm². Fué la mezcla C2M3 la que dió consistencia plástica (asentamiento de 3" con una relación agua-cemento de 0.63) y la resistencia a los 28 días fue de 228 kg/cm²; en los tres casos las características del concreto tanto en el estado fresco como endurecido son las adecuadas para los fines de éste estudio. En las dos últimas proporciones la variación fundamental está en el factor cemento que baja a aproximadamente 7 sacos por metro cúbico; esto considerando el factor económico que es determinante en Autoconstrucción en pueblos jóvenes; es así que con las mezclas C2M4 y C2M5 se obtienen resistencias a los 28 días de 209 y 216 kg/cm²

respectivamente valores que se consideran aceptables, considerando que a los 60 días se obtienen resistencias de 280 y 266 kg/cm².

Con el hormigón HC3 se prepararon tandas con dos proporciones de material distintas. La mezcla C3M1 tuvo consistencia un tanto fluída (asentamiento de 4.5"), la resistencia a los 28 días dió 188 kg/cm²; que es relativamente baja por lo que no se considera recomendable si no se prolonga el tiempo de curado. Con la mezcla C3M2 las tandas dieron en promedio asentamiento de 3" (consistencia plástica con relación agua-cemento de 0.62) la resistencia aumentó considerablemente a 237 kg/cm²; en ambos casos el factor cemento se mantuvo constante alrededor de 7 sacos por metro cúbico; por lo que la mezcla C3M2 resulta adecuada y recomendable

Con el hormigón HC4 se prepararon mezclas con dos proporciones de material distintas, mezclas C4M1 y C4M2, se descartó la primera para el moldeado por ser muy fluída; en el segundo caso las probetas moldeadas tuvieron en promedio una resistencia de 224 kg/cm² a los 28 días que también se considera aceptable para concreto en elementos estructurales.

Una observación importante en los resultados de resistencia a la compresión son los valores obtenidos con las probetas que han sido curadas durante los 10 primeros días y

los demás días, hasta cumplir los 28, se han mantenido fuera del tanque de curado; éstos valores son superiores al de las probetas curadas en agua durante los 28 días. Una justificación de éstos resultados podría ser que: considerando la época en la que han sido elaboradas éstas probetas la temperatura del medio ambiente es mayor que la temperatura del agua de curado; además de ser la humedad relativa de Lima alta, que hace que algunos especialistas la consideren como una "camara de curado natural"; por lo que el aumento de temperatura apresura los procesos químicos acelerando la formación de productos de hidratación del cemento, con el consiguiente incremento de la resistencia.

Otra observación importante es que los valores de resistencia a la compresión se siguen incrementando en la medida que transcurre el tiempo de curado de las probetas; estos incrementos llegan a ser a los 60 días de curado en promedio hasta del 25% mayores en relación a los valores de los 28 días.

C A P I T U L O V I

COSTOS

6.1 GENERALIDADES

Para determinar los parámetros utilizados en el análisis de costo del metro cúbico de concreto, tanto, a base de hormigón como a base de arena y piedra chancada se considerará la propiedad del concreto endurecido que se señala con frecuencia en los planos y especificaciones de obra: la resistencia a la compresión que adoptará para el estudio tres valores 140, 175 y 210 kg/cm².

Los precios de los materiales que intervienen en la mezcla se fijaron realizando previamente encuestas en las ferreterías y centros de distribución de materiales de

construcción ubicados en los alrededores y dentro de los asentamientos humanos considerados representativos para éste estudio en los que se obtuvo los siguientes valores promedio:

MATERIAL	UNIDAD	PRECIO (S/.)
Cemento Atlas	Bolsa	9.50
Hormigón	m3	13.00
Arena Gruesa	m3	13.00
Piedra chancada	m3	36.00

En el caso del cemento la variación de precios no es muy considerable entre los diferentes centros de distribución; el promedio de variación está entre 5 á 10% del valor considerado. No sucede lo mismo con los agregados en los que se obtienen variaciones superiores al 20% dependiendo este basicamente de la cantidad de material a comprarse y de la distancia entre el centro de distribución y la obra.

En ninguno de los análisis se considerará el costo del agua ya que éste valor es muy variable y depende del grado de consolidación del pueblo joven. Además que la intervención de este material es muy similar en los dos tipos de concreto estudiados.

6.2. COSTO DEL METRO CUBICO DE CONCRETO A BASE DE HORMIGON:

En el análisis de costo del concreto a base de hormigón se considerará los resultados obtenidos en los ensayos realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales para la determinación de las proporciones de los materiales que intervienen en el metro cúbico de concreto para cada valor de resistencia a la compresión prefijada. En todos los casos se considerará una merma de 5% para cada uno de los materiales que intervienen en la mezcla.

6.2.1 Costo del metro cúbico de concreto a base de hormigón para $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$:

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Cemento	Bolsa	7.80	S/. 9.50	74.10
Hormigón	m3	1.04	13.00	13.52
TOTAL				S/ 87.62

6.2.1 Costo del metro cúbico de concreto a base de hormigón para $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$:

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Cemento	Bolsa	7.30	S/. 9.50	69.35
Hormigón	m3	1.14	13.00	14.82
TOTAL				S/ 84.17

6.2.1 Costo del metro cúbico de concreto a base de hormigón para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$:

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Cemento	Bolsa	8.24	S/. 9.50	78.28
Hormigón	m3	1.10	13.00	14.30
TOTAL				S/ 92.58

6.3 COSTO DEL METRO CUBICO DE CONCRETO A BASE DE ARENA Y PIEDRA

Para fijar la cantidad de material que interviene en el metro cúbico de concreto se consideró la tabla de rendimiento elaborada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales en base a los resultados de los ensayos que se realizan en él.

6.3.1 Costo del metro cúbico de concreto a base de arena y piedra para $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$.

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Cemento	Bolsa	7.20	S/ 9.50	68.40
Arena	m3	0.52	13.00	6.76
Piedra	m3	0.49	36.00	17.64
TOTAL				S/ 92.80

6.3.1 Costo del metro cúbico de concreto a base de arena y piedra para $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$.

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Cemento	Bolsa	7.70	S/ 9.50	73.15
Arena	m3	0.46	13.00	5.98
Piedra	m3	0.46	36.00	16.56
TOTAL				S/ 95.79

6.3.1 Costo del metro cúbico de concreto a base de arena y piedra para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Cemento	Bolsa	8.66	S/ 9.50	82.27
Arena	m3	0.47	13.00	6.11
Piedra	m3	0.52	36.00	18.72
TOTAL				S/ 107.10

6.4 ESTUDIO COMPARATIVO

Para evaluar los resultados obtenidos en los acápite anteriores se considerará el siguiente cuadro resumen, elaborado con los mismos, mediante el cual se establecerán las diferencias de costo entre los concretos estudiados:

f'c (kg /cm ²)	costo del m3 de concreto con hormigón	costo del m3 de concreto con arena y piedra	diferencia en porcentaje
140	87.62	92.80	5.6
175	84.17	95.79	12.1
210	92.58	107.10	13.6

Como se observa en todos los casos el costo del metro cúbico de concreto a base de hormigón es menor que el costo del metro cúbico de concreto en base a arena y piedra; aún cuando en el caso del concreto con resistencia a la compresión $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$ la diferencia nos es tan notoria debido a que el hormigón utilizado para la mezcla es él más desfavorable por el alto contenido de finos. Esta diferencia se incrementa cuando se usa el hormigón HC2 y demás con los cuales la diferencia llega a valores similares y superiores a los obtenidos para los demás valores de resistencia considerados

Otro de los parámetros que incrementaría la diferencia de costos es, en el caso de autoconstrucción en pueblos jóvenes ubicados en alrededores de las canteras que en la actualidad son explotadas formal e informalmente y aun cuando éstas se han asentado en zonas que han sido en el pasado canteras se observa que los pobladores aprovechan del hormigón seleccionándolo previamente mediante tareas comunales en cuyo caso el costo del hormigón desaparece.

C A P I T U L O V I I

PROYECTO DE RECOMENDACIONES PARA EL PROCESO DE PUESTA EN OBRA

7.1 REQUISITOS GENERALES

7.1.1 ALCANCE

1.- Estas recomendaciones fijan los requisitos y exigencias mínimas para la selección de los materiales, elección de las proporciones y aplicación de técnicas de construcción de los elementos de concreto simple y armado de viviendas sismo-resistentes de bajo costo ubicadas en Lima Metropolitana.

2.- Los planos y especificaciones, si los hubiera, deberán cumplir con éstas recomendaciones

7.1.2 LIMITACIONES

Estas recomendaciones sólo son aplicables al concreto de viviendas sismo-resistentes de bajo costo construidas en zonas rurales y/o asentamientos humanos de Lima Metropolitana, en las que se emplee preferentemente procedimientos de auto-construcción y no exista Inspección Municipal o supervisión de ingenieros civiles.

7.1.3 PROYECTO Y EJECUCION

1.- Todas las etapas del proceso constructivo podrán ser realizadas por el sistema de autoconstrucción, bajo la dirección de un maestro de obra y/o un albañil calificado.

2.- La concepción estructural deberá responder al sistema de vigas y columnas y/o albañilería confinada.

3.- Los planos y especificaciones, si los hay, deberán contener información de la ubicación, dimensiones, refuerzo y juntas de los diversos elementos de concreto.

4.- El maestro de obra y/o albañil responsable de la obra, deberá anotar en un cuaderno las principales ocurrencias técnicas de la misma, incluyendo dimensiones de los elementos estructurales, proporciones de los materiales

del concreto colocado, dimensiones del acero empleado y elementos embebidos en la estructura.

7.2 MATERIALES

7.2.1 CEMENTO

1.- Se empleará en la preparación del concreto, el supercemento puzolánico Atlas tipo IP.

2.- No se aceptará en obra bolsas de cemento cuya envoltura se encuentra deteriorada o perforada; o cuyo tiempo de almacenamiento supere los treinta días.

7.2.2 AGREGADOS

1.- Se utilizará el agregado integral conocido en el Perú como hormigón, el cual corresponde a una mezcla natural de arena y piedra.

2.- El hormigón deberá ser manipulado de manera tal que mantenga su uniformidad, no se contamine con sustancias extrañas y no presente rotura o separación importante en sus partículas.

3.- El hormigón deberá estar, preferentemente, libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas para el concreto.

4.- El hormigón no deberá contener piedras mayores de una pulgada (25 mm). De haberlas serán separadas, excepto cuando el concreto simple preparado con éste material se vaya a emplear en cimientos o sobrecimientos.

7.2.3 AGUA

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser de preferencia potable. Si se utilizan aguas no potables, ellas no podrán ser aguas de desagüe, de mar, o aguas de regadío contaminadas.

7.2.4 ACERO DE REFUERZO

1.- Las barras de refuerzo de diámetro mayor o igual a 3/8" (Nº3) deberán ser corrugadas. Las de diámetros menores deberán ser lisas. El acero de las barras deberá ser de clase A60 (4200 Kg/cm²)

2.- El alambre para refuerzo de concreto deberá tener un diámetro no menor de 5.5 mm.

3.- Las barras de refuerzo deberán estar limpias al momento de la colocación del concreto.

7.2.5 ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES

1.- Los materiales deberán almacenarse en obra de manera tal que permita evitar su contaminación o deterioro.

2.- El cemento en bolsas se almacenará en obra en un lugar techado, fresco, libre de humedad, sin contacto con el suelo. Se almacenará en pilas de hasta diez bolsas y se cubrirá con material plástico u otros medios de protección.

3.- El hormigón se almacenará de manera de impedir la segregación del mismo, su contaminación con otros materiales o su mezclado con hormigones de otras características.

4.- El alambre y las barras de acero de refuerzo se almacenarán en un lugar seco, aislado del suelo y protegido de humedad, tierra, sales, aceite y grasas.

7.3 ENCOFRADOS

7.3.1 CONDICIONES GENERALES

1.- Los encofrados tienen por función confinar el concreto no endurecido a fin de lograr elementos estructurales con las dimensiones, perfil y alineamiento requerido.

2.- Los encofrados deberán tener la resistencia, estabilidad y rigidez necesaria para resistir sin hundimientos, deformaciones ni desplazamientos, los efectos del peso del concreto y otras sobrecargas actuantes; así como cualquier esfuerzo a que puedan estar sometidos durante el vaciado del concreto y hasta el momento de retirarlos.

3.- Los encofrados serán de madera libre de agujeros, nudos, hendiduras, rajaduras o cualquier defecto que pueda afectar su resistencia.

4.- La construcción de los encofrados deberá permitir que el montaje y desencofrado puedan realizarse fácil y gradualmente, sin golpes, sacudidas o vibraciones y sin perjudicar la superficie de los elementos de concreto.

5.- Además de lo indicado, en los encofrados deberá tenerse en consideración que:

a) Los arriostramientos y uniones garanticen completa estabilidad y rigidez, no debiendo existir peligro de claudicación en el momento de vaciado de concreto.

b) Deben ser lo suficientemente herméticos para evitar pérdida de mortero o lechada.

7.3.2 PUNTALES

La sección transversal de los puntales no será inferior a 3"x3". Los puntales deberán tener como máximo un empalme, el que estará ubicado fuera del tercio central del puntal.

7.3.3 PREPARACION PARA LA COLOCACION DEL CONCRETO

Antes de la colocación del concreto, se procederá a la limpieza, humedecimiento y lubricación de la superficie interna de los encofrados; ésto para facilitar la acción de desencofrado

7.3.4 DESENCOFRADO

1.- La remoción de los encofrados se realizará de manera tal que se garantice la seguridad de la estructura. Se iniciará tan pronto como el concreto sea lo suficientemente resistente como para no sufrir daño, y no antes de los plazos especificados en el acápite 7.3.5

2.- La remoción de los encofrados se efectuará con el cuidado necesario para no dañar el concreto. Se evitarán golpes, sacudidas o vibraciones. Igualmente se evitará la rotura de aristas y salientes, así como la formación de grietas.

3.- El desencofrado se realizará progresivamente. No se aplicarán cargas sobre una estructura recién vaciada, ni se retirará ningún puntal hasta que la estructura tenga la resistencia necesaria para soportar su propio peso y las cargas colocadas sobre ella.

4.- No se colocarán, sobre estructuras no apuntaladas recién desencofradas, materiales, equipos o elementos que pongan en peligro la seguridad de la estructura. En ningún caso se permitirá que actúe la totalidad de las cargas en tanto no hayan transcurrido por lo menos 28 días a partir de la fecha de vaciado del elemento estructural.

7.3.5 PLAZOS DE DESENCOFRADO

1.- Los plazos que a continuación se indican se pueden tomar como una guía para determinar el inicio del retiro de los encofrados.

a) Encofrados laterales de vigas y columnas	1 á 3 días
b) Encofrados en losas dejando puntales de seguridad	7 á 13 días
c) Fondo vigas y viguetas dejando puntales de seguridad	14 días
d) Remoción de todos los puntales de seguridad de losas, vigas y viguetas	21 días

7.4 RECUBRIMIENTOS DEL REFUERZO

7.4.1 GENERALIDADES

El recubrimiento deberá medirse al estribo. Deberá proporcionarse el siguiente recubrimiento mínimo de concreto al refuerzo:

a) Concreto vaciado contra el suelo	7 cm
b) Concreto expuesto al ambiente:	
Barras de 3/4" o mayores	5 cm
Barras de 5/8" o menores	4 cm
c) Concreto no expuesto al ambiente:	
Losas, aligerados	2 cm
Vigas y columnas	4 cm

7.5 CALIDAD DEL CONCRETO

7.5.1 CONSIDERACIONES GENERALES

La selección de los materiales que intervienen en la mezcla deberá permitir que el concreto endurecido alcance una resistencia a la compresión a los 28 días entre 175 kgf/cm² y 210 kgf/cm².

7.5.2 SELECCION DE LAS PROPORCIONES

1.- Para concretos preparados con hormigón y supercemento puzolánico Atlas tipo IP, se utilizarán las siguientes proporciones:

HORMIGON TIPO	PROPORCION FINO-GRUESO DEL HORMIGON	PROPORCION EN VOLUMEN		
		CEMENTO BOLSAS	HORMIGON CARRETILLAS	AGUA LITROS/SACO
I	85-15	1	2.3	32
II	70-30	1	2.5	27
III	55-45	1	3	26
IV	45-55	1	3	26

*Las carretillas de hormigón deben ser enrazadas. Se considera que su volumen enrazado es de 2 pies cúbicos.

2.- Las mezclas así obtenidas deberán tener la trabajabilidad necesaria para permitir que el concreto sea fácilmente colocado en los encofrados y alrededor del acero de refuerzo y tubería embebida, bajo las condiciones de colocación a ser empleadas.

3.- Si el hormigón fuera del tipo I, en el que el contenido de arena es alto, y no permitiese que la mezcla alcance la trabajabilidad deseada se podrá añadir hasta un litro de agua adicional por saco de cemento, debiendo prolongarse el curado húmedo por 6 días más sobre el tiempo especificado en el acápite 7.6.8. Para éste tipo de hormigón la resistencia máxima a la compresión deberá ser de 175 kgf/cm².

7.6 PUESTA EN OBRA

7.6.1 PREPARACION PARA LA COLOCACION

1.- Antes de iniciar el mezclado y la colocación se deberá verificar que:

a) Las dimensiones de los encofrados son las predeterminadas.

b) Las barras de refuerzo y tuberías embebidas estén correctamente ubicadas.

c) La superficie interna de los encofrados, las barras de refuerzo y las tuberías embebidas, estén limpias y libres de restos de mortero ,concreto, lodo, óxidos, aceite, grasas o cualquier elemento perjudicial al concreto.

d) Los encofrados estén terminados, adecuadamente apuntalados, humedecidos y lubricados.

e) Se haya retirado toda el agua y lodo de los lugares que van a ser ocupados por el concreto.

f) La superficie de los materiales que van a estar en contacto con el concreto esté adecuadamente humedecida.

g) Los materiales y equipo necesario estén en la obra.

h) Se ha eliminado la lechada endurecida y todo material defectuoso antes de colocar el nuevo concreto sobre el concreto endurecido.

7.6.2 MEDIDA DE LOS MATERIALES

La medida de los materiales se hará por sacos de cemento, carretillas de hormigón y litros de agua.

7.6.3 MEZCLADO

1.- El mezclado de los materiales deberá permitir obtener una masa homogénea, pastosa y trabajable, con una distribución adecuada de los materiales a través de toda la masa de concreto.

2.- El mezclado puede ser manual o mecánico.

3.- El mezclado manual se debe continuar hasta que se obtenga una masa homogénea, pastosa y trabajable, con la consistencia de un barro no muy suelto. La mezcla debe ser fácilmente colocable en los encofrados.

4.- Si se emplea mezcladora, el agua deberá empezar a ingresar al tambor antes que los materiales sólidos y continuar fluyendo mientras éstos estén entrando a la mezcladora. El tiempo de mezclado no será menor de dos minutos ni mayor de cuatro.

5.- El concreto deberá ser mezclado en cantidades adecuadas para su empleo inmediato. El concreto cuyo fraguado ya se ha iniciado no deberá ser utilizado. Excepto en lo indicado en el acápite 7.5.2.3, por ningún motivo deberá agregarse agua adicional a la mezcla.

7.6.4 TRANSPORTE

1.- El concreto deberá ser transportado desde el sitio de mezclado, hasta su ubicación final en la estructura tan rápido como sea posible, debiendo evitarse la separación o pérdida de los materiales.

2.- Para el transporte se podrá emplear latas o carretillas. Este deberá hacerse sin interrupciones.

7.6.5 COLOCACION

1.- El concreto deberá ser colocado tan pronto como sea posible después del mezclado y lo más cerca de su ubicación final. Se evitará el exceso de movimiento o flujo de mezcla.

2.- La colocación del concreto deberá realizarse en una operación continua; o en capas tales que el espesor del concreto no sea depositado sobre otro que haya endurecido lo suficiente para originar la formación de juntas o planos de vaciado en el elemento.

3.- La operación de colocación deberá continuarse hasta que se complete un paño o sección definida por sus juntas o límites.

4.- No se deberá colocar el concreto que se ha endurecido parcialmente o se ha contaminado con tierra o cualquier sustancia extraña. Tampoco se colocará el concreto que requiera ser mezclado porque ya se ha iniciado su endurecimiento.

5.- Los separadores temporales internos de los encofrados podrán ser retirados cuando el concreto que esté siendo colocado alcance el nivel que hace que su permanencia sea innecesaria. Podrán permanecer embebidos en el concreto únicamente si no son dañinos al material o a su comportamiento estructural.

6.- El vaciado de vigas y losas no se efectuará antes que el concreto de las columnas haya pasado del estado plástico al estado sólido.

7.6.6 CONSOLIDACION

1.- El concreto deberá ser cuidadosamente consolidado durante su colocación debiendo ser acomodado alrededor de las barras de refuerzo, las tuberías embebidas y las esquinas de los encofrados.

2.- La compactación de la mezcla puede ser manual o por vibración .

3.- En la compactación manual del concreto éste se pica, apisona y aplana empleando varillas metálicas de sección circular con uno de sus extremos en forma de una semiesfera. En éste tipo de compactación se considera que:

a) La varilla deberá penetrar a la altura total de la capa compactada y favorecer la unión con el concreto de la capa inferior.

b) El empleo de ligeros golpes con paleta en las caras verticales de los encofrados ayudará a eliminar las imperfecciones superficiales y las cangrejeras que se forman por la presencia de burbujas de aire.

4.- En la compactación de concreto por vibración, que es la más recomendable, se tendrán las siguientes precauciones:

a) Las capas a vibrar deberán ser de poco espesor, aunque no menores de 10 cm ni mayores de 30 cm.

b) Se recomienda un tiempo de vibrado máximo por punto de aplicación de 15 seg. y una distancia entre puntos de inserción del vibrador no menor de 30 cm.

c) El vibrador no deberá ser empleado en mezclas muy sueltas, ni para mover el concreto.

d) El vibrador, cuando esté funcionando, no deberá estar en contacto con los encofrados.

7.6.7 PROTECCION

El concreto no deberá ser preparado ni colocado en los encofrados en lluvias fuertes, horas de calor o velocidades de viento fuertes.

7.6.8 CURADO

1.- La mezcla ya compactada deberá ser mantenida húmeda a fin de garantizar la presencia de agua que pueda combinarse con el cemento y asegurar la hidratación del mismo, además de un adecuado endurecimiento del concreto.

2.- El curado se iniciará inmediatamente después que haya desaparecido la película superficial de agua.

3.- El concreto deberá ser curado por lo menos los 12 primeros días después de su colocación.

4.- Los procedimientos de curado que se puedan emplear para aportar agua a la superficie de concreto o para prevenir e impedir la evaporación de la misma son:

a) Formación de lagunas sobre el concreto después que éste ha fraguado. En este procedimiento aplicable a losas, se mantendrá una capa de agua de 5 cm. de espesor sobre la superficie de concreto. Para la formación del pequeño murete o cerco que actuará como muro de contención del agua se empleará arena, tierra o barro.

b) Aplicación de agua por rociado a la superficie de concreto. Este procedimiento debe comenzar inmediatamente después que el agua ha desaparecido de la superficie de

concreto. Las columnas y vigas deben mantenerse permanentemente húmedas durante el tiempo de curado.

c) Cobertura de la superficie de concreto con tierra, arena o paja mantenidos húmedos por rociado. La cobertura tendrá un espesor no menor de 3 cm. debiendo ser aplicada inmediatamente después que el concreto ha iniciado la fragua y máximo 6 horas después de la colocación del mismo. La arena o tierra deben estar libres de grandes terrones o piedras a fin de evitar un secado irregular. Si se emplea paja húmeda, es recomendable colocar sobre el concreto una tela y encima la paja con un espesor de 20 cm. La tela y la paja se mantendrán húmedas por el tiempo de curado seleccionado.

5.- Se mantendrán los encofrados húmedos hasta que ellos puedan ser retirados sin peligro para el concreto. Después de retirados se continuará con el curado del concreto hasta cumplir con el plazo especificado.

6.- Durante el proceso de curado deberán evitarse cargas o esfuerzos prematuros en el concreto. Igualmente deben evitarse las ondas de impacto ocasionadas por explosiones o por la caída de objetos pesados sobre los encofrados o la estructura y, en general debe evitarse cualquier tipo de accidente que pueda ocasionar alteración física del concreto.

7.- Las superficies de concreto ya terminadas deberán ser protegidas de daños originados por el equipo de construcción, materiales o procedimientos constructivos, o de la acción de lluvias, o aguas de escorrentía.

C A P I T U L O V I I I

CONCLUSIONES

8.1 RESPECTO AL AMBITO DE ALCANCE DEL ESTUDIO:

En el corto, mediano y largo plazo, la naturaleza específica del problema de la vivienda gira y girará alrededor de la concentración urbana (densificación y extensión violenta del casco urbano). Es dentro de éste marco y enfrentando ésta realidad que mediante la utilización de tecnologías tradicionales la población urbano-marginal ha resuelto de alguna manera sus necesidades de vivienda; pero muchas veces en forma insatisfactoria, debido a la falta de un adecuado conocimiento del proceso constructivo. Existe una urgente necesidad de apoyar el proceso de autoconstrucción; así como brindar asistencia técnica que permita ayudar a los pobladores a definir una tecnología adecuada de construcción que reduzca los costos y racionalice los procesos.

En la construcción sin tecnología adecuada y en la que el profesional no encaja ni interviene, prácticamente en el 90% de los casos, se debe procurar influir sobre el movimiento espontáneo, rescatando de él los aspectos positivos en donde las propuestas técnicas a plantearse respeten lo siguiente:

- Deben ajustarse a la extrema limitación de recursos de las familias, buscando convertir lo "provisional" de la primera etapa en un proceso acumulativo.

- Considerar sistemas sencillos, de fácil adaptación teniendo en cuenta los sistemas que predominan en autoconstrucción.

- El logro de alternativas debe promover la participación del poblador facilitando la organización vecinal.

8.2 RESPECTO AL CONCRETO EN BASE A HORMIGON Y SUPERCEMENTO PUZOLANICO ATLAS TIPO IP

Si bien es cierto que el problema de la vivienda en la zona urbano marginal requiere de una solución integral, ésta Tesis es un aporte que debe considerarse en cualquier proyecto de mayor embergadura destinado a ese fin. El motivo básico de éste estudio fue demostrar que el hormigón junto al supercemento puzolánico Atlas tipo IP, como materiales constituyentes del concreto utilizado en viviendas sismo

resistentes, cumple con los requisitos especificados en la Norma Técnica E060 del Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la vivienda ININVI, aún cuando en ella no se señala al hormigón como agregado para concreto en elementos estructurales.

Los resultados obtenidos en los capítulos III, IV y V permiten señalar que el concreto en base a los materiales considerados cumple con las recomendaciones que se dan respecto a consistencia y resistencia a la compresión la que da valores alrededor de 175 a 210 kg/cm² que son los mas usuales en la construcción de viviendas.

Las características del hormigón existente en las diversas canteras de Lima Metropolitana analizadas en estudios anteriores y verificadas en el proceso de desarrollo del presente tema indican que la granulometría del mismo es muy variable; pero en la mayoría de los casos fluctúa entre el 30% de arena y 70% de grava; por lo que en el capítulo IV de diseño de mezclas se ha evaluado más el comportamiento del hormigón HC2 que presenta ésta propiedad y con el que los resultados han sido satisfactorios.

El hormigón considerado más desfavorable es el HC1 por su exceso de finos (85% de arena y 15% de grava) a pesar de los cual se obtienen resultados aceptables tanto de consistencia como de resistencia a la compresión, mas

todavía, si consideramos que la resistencia se va incrementando cuando el tiempo de curado aumenta (hasta los 60 días aproximadamente) y el valor supera a la resistencia característica la cual se considera que se obtiene a los 28 días; por lo que se recomienda la variación de ésta especificación.

En el capítulo VI concluimos que el uso del hormigón frente al agregado tradicional que es la combinación de arena y piedra, proporciona ventajas económicas significativas por lo que se debe recomendar su uso siguiendo las pautas que se indican en el capítulo VII.

Se ha elaborado el proyecto de recomendaciones para el proceso de puesta en obra del concreto dirigido a aquellos que tienen que ver y conducir el proceso de autoconstrucción, como son los "maestros de obra" y/o "albañiles, personas que han adquirido conocimientos empíricos basados en la experiencia de la aplicación de una tecnología tradicional bastante difundida; pero en la mayoría de los casos mal llevada. La difusión y aplicación de éste trabajo hará posible que el poblador construya convenientemente y su vivienda se constituya no sólo en lugar de abrigo y de interrelaciones humanas; sino en un ambiente que tenga la seguridad que proporciona la construcción sismo resistente.

ANEXO DE FOTOGRAFIAS



FOTO 2.1.1

**Obsérvese la segunda etapa de un pueblo joven en formación:
Viviendas de esteras, cartón y cimientos de viviendas de
material noble.**



FOTO 2.1.2

Vista, donde se observa la segunda etapa en consolidación. Véase aprovisionamiento de materiales, donde el agregado es el hormigón propio del lugar.



FOTO 2.1.3

Se observa el desarrollo del pueblo joven que pasa de la segunda a una tercera etapa, donde ya hay un mayor número de viviendas con material noble y cuentan con algunos servicios.



FOTO 2.1.4

Observese un pueblo joven que está pasando de la tercera a la cuarta etapa en el proceso de su consolidación. Vease la asimilación del pueblo joven a la ciudad. Ya cuentan con servicios y comercios establecidos.



FOTO 2.4.1

Obsérvese diversas etapas del proceso constructivo de una vivienda en un pueblo joven. Cimientos altos, columnas, dinteles y muros de concreto a base de cemento y hormigón del lugar.



FOTO 2.4.2

Centro de distribución de materiales del pueblo joven "Su Majestad Hiroito" en Carabayllo. Véase al fondo muros de concreto y cimientos a base de hormigón de la zona; además de muros confinados de ladrillo con cimientos altos.



FOTO 2.4.3

Obsérvese el muro de concreto vaciado en diversas etapas con juntas discontinuas y deficiencias en el encofrado. Al lado izquierdo se ve techo de concreto aligerado. En todos los casos el agregado del concreto es del lugar.



FOTO 2.4.4

Obsérvese construcción íntegramente de concreto dentro de un pueblo joven en proceso de formación que no cuenta con servicios de ninguna naturaleza. Asentamiento Nueva Esperanza de Carabayllo donde el concreto es elaborado con el hormigón de la zona.



FOTO 2.4.5

Losa deportiva de concreto financiada por FONCODES, Organismo del Estado, y ejecutada por los pobladores. El concreto es en base a hormigón.



FOTO 3.2.1

Cantera ubicada en el Distrito de Carabayllo. El hormigón de esta cantera tiene las características descritas en el estudio para el hormigón HC1. La explotación de ésta cantera informal; la efectúan mayormente pobladores de los asentamientos humanos ubicados en los alrededores.



FOTO 3.2.2

Cantera que tiene como materia prima el hormigón denominado HC2. Explota la cantera la Empresa TRANSPALA S.A. Está ubicada en el Distrito de Carabayllo.



FOTO 3.2.3

Vista panorámica de la planta de procesamiento de agregados de la Empresa TRANSPALA que comercializa: arena gruesa, piedra chancada, piedra para cimientos y hormigón.



FOTO 3.2.4

Cantera de donde proviene el hormigón HC3; también ubicada en el distrito de Carabaylo, la explotación de la misma la efectúa la Empresa denominada "Chancadora la Pequeñita".



FOTO 3.2.5

Planta de procesamiento de agregados. La materia prima tiene las características del hormigón HC3

BIBLIOGRAFIA

- 1.- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA: PERU
COMPENDIO ESTADISTICO 1992
- 2.- MATOS MAR, José : URBANIZACION Y BARRIADAS EN EL PERU,
1975
- 3.- DIAGNOSTICO: ASPECTOS DE LA AUTOCONSTRUCCION EN PUEBLOS
JOVENES, 1988
- 4.- VEGA CABRERA, Juan: VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN PUEBLOS
JOVENES, Tesis de grado, 1990
- 5.- REGIONAL DE ARQUITECTOS DEL GRUPO ANDINO: VIVIENDA DE LOS
DESPOSEIDOS, 1987
- 6.- RIVVA LOPEZ, Enrique: RECOMENDACIONES PARA EL PROCESO DE
PUESTA EN OBRA PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO, 1987
- 7.- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION Y NORMALIZACION DE LA
VIVIENDA: NORMA TECNICA DE EDIFICACION E060, 1990
- 8.- RIVVA LOPEZ, Enrique: DISEÑO DE MEZCLAS , 1992
- 9.- FIGUEROA ,Alex:Estudio de Canteras en Lima Metropolitana,
Tesis de Grado, 1988
- 10.-ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CEMENTO, ASOCEM, BOLETINES
TECNICOS.