

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**PLANTA CDB – MELCHORITA  
UNIÓN DE CONCRETERAS SA.**

**INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL PARA OPTAR EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR  
LEO ROBERTH CASTRO LORENTE**

**LIMA – PERÚ**

**2010**

# TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 PROYECTO PAMPA MELCHORITA.....	4
1.1.1 OBJETIVOS.....	4
1.1.2 ANTECEDENTES .....	6
1.2 PROYECTO MARÍTIMO .....	9
1.2.1 OBJETIVOS.....	9
1.2.2 ALCANCES .....	10
2. CDB - UNICON .....	12
2.1 ANTECEDENTES .....	12
2.1.1 ORGANIGRAMAS .....	12
2.2 SOBRE EL CONTRATO.....	13
2.2.1 REQUERIMIENTO DE CONCRETO .....	13
2.2.2 PERIODOS DE PRODUCCIÓN .....	14
2.2.3 ADELANTOS Y PRECIOS DE PRODUCCIÓN .....	14
2.3 PERSONAL DE PLANTA .....	14
2.4 EQUIPOS Y UNIDADES .....	16
3. SOBRE LA GESTIÓN.....	18
3.1 RESPONSABILIDADES.....	18
3.1.1 JEFE DE PLANTA .....	18
3.1.2 JEFE DE CALIDAD .....	19
3.1.3 JEFE DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE .....	19
3.2. DETALLES DE LA GESTIÓN .....	20
3.2.1. ELABORACIÓN DE DISEÑOS .....	20
3.2.2 PROCESOS DE CALIDAD DE EQUIPOS. ....	34
3.3. GESTIÓN DE CALIDAD EN EL CONCRETO.....	37
3.3.1. INSUMOS.....	38
3.3.2. CONCRETO EN ESTADO FRESCO. ....	40
3.3.3 CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	44

4. RESULTADOS .....	52
4.1. DISEÑOS DE PLANTA. ....	52
4.2. DISEÑOS ADICIONALES AL CONTRATO. ....	55
4.3. CANTERA TOPARA. ....	57
4.4 ANÁLISIS DE LOS PREFABRICADOS. ....	60
4.4.1 LOSAS. ....	60
4.4.2 BCR. ....	62
4.5. SEGURIDAD y MEDIO AMBIENTE. ....	66
5. ANÁLISIS FINAL .....	68
5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68

# 1. INTRODUCCIÓN.

## 1.1 PROYECTO PAMPA MELCHORITA.

### 1.1.1 OBJETIVOS.

Este Proyecto tiene dos objetivos fundamentales, los cuales son, transformar el Gas Natural en Gas Natural Licuado (GNL) y exportar este insumo final a otros países, para lo cual se construyó una Planta de Tratamiento de Gas y un Muelle, lo cual dividió a este Proyecto en dos obras de gran envergadura: Proyecto Terrestre y Proyecto Marítimo.

El Gas Natural proviene del Cuzco, de la Planta Las Malvinas, extraído de los lotes 56 y 88, el cual forma parte del Proyecto del Gas Camisea.



IMAGEN 1.1. Planta de extracción de gas: Las Malvinas Cuzco-Perú.

El gas natural será transportado por intermedio de un gaseoducto de 34 pulgadas de diámetro, iniciando su recorrido en el departamento del Cuzco el cual pasara luego por Ayacucho, Huancavelica, Ica y llegando finalmente a los límites de Lima (Cañete), entre los kilómetros 167 y 170 de la Carretera Panamericana Sur donde se ubica este Proyecto.



IMAGEN 1.2. Recorrido de Gaseoducto (longitud aproximada: 408 kilómetros).

El gas natural transportado hasta las instalaciones del Proyecto Terrestre será sometido a un proceso de enfriamiento, empleando una máquina llamada intercambiador de calor, en donde esté será sometido a una temperatura menor de  $163^{\circ}\text{C}$ , con la finalidad de cambiar su estado gaseoso a líquido, buscando reducir su volumen en 600 veces así como estabilizarlo para su almacenamiento y transporte, elaborando de esta forma el gas natural licuado (GNL).



IMAGEN 1.3. Equipo Intercambiador de Calor (longitud: 43 metros, ancho mayo: 5 metros)

El GNL será almacenado en dos tanques, a presión atmosférica, antes de ser embarcados, cada tanque tiene una capacidad de almacenamiento de 130,000 m<sup>3</sup>. Con la finalidad de garantizar el aislamiento térmico su cubierta está formada por dos capas de acero, entre las cuales circula una mezcla de gas propano y gas etileno formando un sistema de refrigeración.



IMAGEN 1.4. Dibujo final del Proyecto.

El GNL almacenado en los tanques será transportado por una tubería hasta el muelle, en donde 4 máquinas intercambiadores de calor (cada uno de 1/8 de capacidad en comparación al equipo principal, ubicado en la planta de tratamiento), enfriarán nuevamente el GNL antes de ingresar a la embarcación.



IMAGEN 1.5. Intercambiadores de calor en el muelle.

### 1.1.2 ANTECEDENTES

En Noviembre del año 2005 el Gobierno Peruano y el Consorcio de Perú LNG firmaron un contrato, para llevar a cabo este Proyecto.

En febrero del año 2006 el Consorcio de Perú LNG inicia los trabajos de movimiento de tierra, con la finalidad de concluir el proyecto en Abril del 2010.

Teniendo en cuenta que al término del proyecto se exportaría anualmente 4,4 millones de toneladas métricas de GNL, este sería considerado el mayor proyecto individual, del sector privado, en la historia de Perú, con un costo total de US\$ 3,800 millones, pasando a formar parte de los contribuyentes más significativos para el país y ubicándonos como líderes en la industria de GNL en Sudamérica, teniendo un papel activo en la economía mundial.

ORGANIGRAMA DEL PROYECTO PAMPA MELCHORITA		
ESTADO	GOBIERNO PERUANO	
SUPERVISOR DEL ESTADO		
PATROCINADOR	PERU LNG	
SUPERVISOR DEL PATROCINADOR	COLP SAC.	
PROYECTOS	TERRESTRE	MARITIMO
CONTRATISTAS		
CONCRETO PREMEZCLADO		

CUADRO 1.1. Organigrama del Proyecto de Melchorita

### 1.1.2.1 CONSORCIO PERÚ LNG

Con la finalidad de desarrollar este proyecto se unieron cuatro organizaciones transnacionales lideradas por Hunt Oil Company de Estados Unidos con 50% de participación, SK Energy de

Corea del Sur con 20%, Repsol YPF de España con 20% y Marubeni de Japón con un 10%, las cuales formaron el consorcio PERÚ LNG.

#### **1.1.2.2 LOS INVERSIONISTAS**

Con el objetivo de financiar este gran proyecto el consorcio de PERÚ LNG fue respaldado económicamente por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Corporación Financiera Internacional (IFC), brazo financiero del Banco Mundial, el Export-Import Bank de Estados Unidos (Ex-Im Bank), el Export-Import Bank de Corea (K-Exim Bank) y la Agencia Italiana de Créditos a la Exportación (SACE).

También otorgaron préstamos los bancos Sociéte Generale, BBVA, Calyon, ING, Sumitomo, Mizuho Bank y el Bank of Tokyo-Mitsubishi.

#### **1.1.2.3 BENEFICIOS ECONÓMICOS AL PERÚ**

Se espera que el proyecto aporte anualmente el 0.5% del PBI del Perú. El gobierno peruano recibirá aproximadamente US\$ 325 millones anuales de los impuestos y regalías incrementales que Perú LNG pagará, lo cual hace un total de US\$ 5,850 millones en el curso de 18 años. Estas regalías serán distribuidas a todo el país a través del canon y del FOCAM. Más aún, las exportaciones peruanas de LNG generarán a nuestra economía un promedio de US\$ 1,400 millones de ingresos en divisas por año.

#### **1.1.2.4 UBICACIÓN**

El terreno sobre el cual se construirá la planta de GNL y las instalaciones marítimas están ubicadas entre los kilómetros 167 y 170 de la Carretera Panamericana Sur en el distrito de San Vicente de Cañete, provincia de Cañete, departamento de Lima., en un terreno costero eriazo de 521 hectáreas de extensión. Dicho terreno, denominado Pampa Larga, se encuentra en la playa llamada Melchorita, motivo por el cual el proyecto tiene el nombre de Pampa Melchorita.



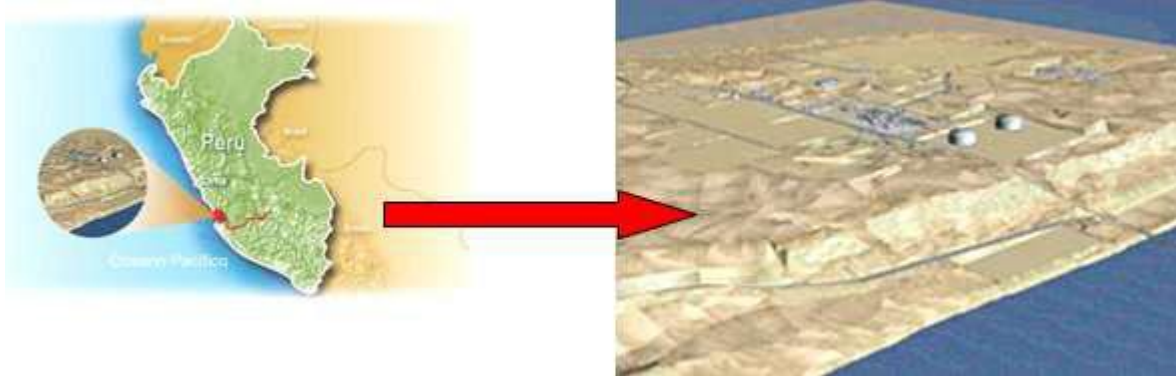


IMAGEN 1.6. Ubicación del Proyecto dentro del Territorio Peruano.

## 1.2 PROYECTO MARÍTIMO

Mi trabajo estuvo orientado a la dirección de la planta de premezclado, dentro del Proyecto Marítimo, motivo por el cual el presente informe estará enfocado a los trabajos de diseño, supervisión y control de los concretos empleados para las estructuras prefabricadas, requeridas para la elaboración del muelle, tomando especial interés en las losas del muelle principal y los dados para el rompeolas.

### 1.2.1 OBJETIVOS

Este proyecto estaba orientado a diseñar y construir un muelle formado por una plataforma de concreto, constituida principalmente por losas prefabricadas, soportado por pilotes de acero, además de elaborar un canal de navegación dragado, para el ingreso y salida de los buques de carga, el cual tendrá 16 metros de profundidad como mínimo, 250 metros de ancho y 3.5 kilómetros de largo, además de la construcción de dos rompeolas para la zona de carga de GNL y para un muelle adicional (perpendicular a muelle principal) el cual se empleará para desembarque, para la elaboración de estos rompeolas se construirán dados de concreto denominados bloque cúbicos ranurados (BCR).



IMAGEN 1.7. Muelles Principal y secundario (perpendicular), además del rompeolas principal y secundario respectivamente.

### 1.2.2 ALCANCES

A fines del año 2005 Perú LNG firma un contrato con el Consorcio CDB, quienes en este proyecto asumen el nombre de CDB-Melchorita, formados por tres organizaciones con gran experiencia y prestigio en el Perú así como a nivel mundial. Iniciando sus operaciones a principios del 2006.

- **ODEBRECHT** - Empresa Brasileña, con muchos años desarrollando proyectos de gran envergadura dentro de nuestro País, encargada de las Obras Civiles además de ser la representante legal, en el Perú, del Consorcio.
- **SAIPEM** - Empresa Francesa, participando por primera vez en proyectos dentro de nuestro país, encargada de los trabajos de ingeniería y detalles del muelle y del rompeolas. Ha realizado este tipo de obras, de gran envergadura, en varios países a nivel mundial.
- **JAN DE NUL** - Empresa Belga, encargada del dragado, considerada la número uno a nivel mundial, en este tipo de rubro.

Dentro del contrato, entre el consorcio Perú LNG y CDB-Melchorita, existían trabajos adicionales como es el caso de la construcción de una cantera, para extraer más de 600,000 m<sup>3</sup> de roca, cada una de estas rocas con un peso promedios entre 3 y 6 toneladas, las cuales serían empleadas para elaborar el núcleo del rompeolas.



IMAGEN 1.8. Descarga de roca, para el relleno del rompeolas secundario.

## 2. CDB - UNICON

### 2.1 ANTECEDENTES

El día viernes 9 de Febrero del 2007 se firma el contrato de suministro de concreto premezclado entre las empresas ODEBRECHT PERÚ INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC. (Representante legal del CONSORCIO de CDB), representada por los señores Rodney Rodríguez de Carvalho, Director Adjunto del Proyecto (Gerente del Contrato), además del Sr. Henrique Ventura, Gerente de Cantera y Equipos. Representando a UNION DE CONCRETERAS S.A. el Sr. Alfredo Romero Umlauff, Gerente General, en ese entonces.

#### 2.1.1 ORGANIGRAMAS

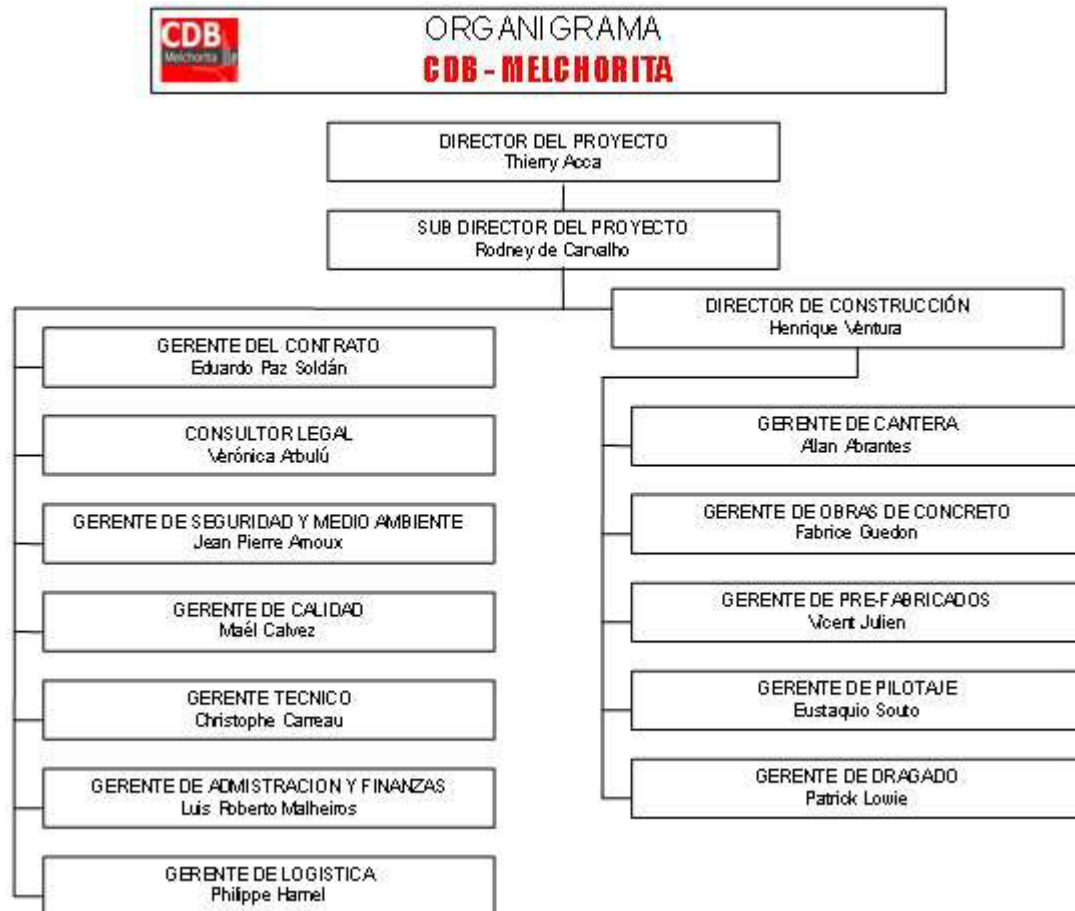


IMAGEN 2.1. Organigrama de CDB-Melchorita

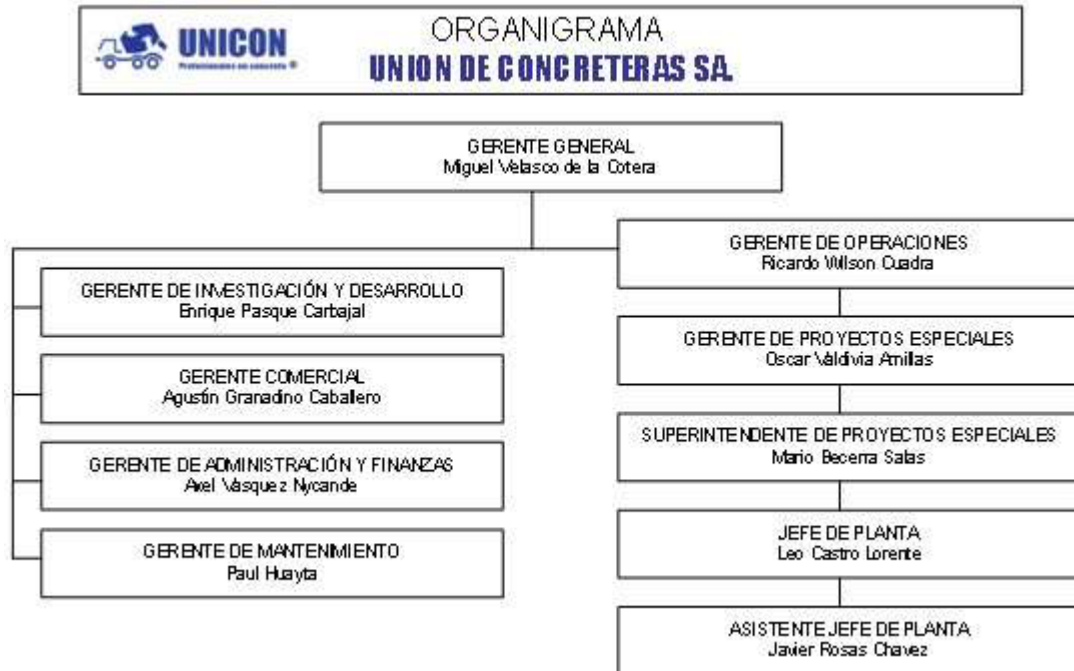


IMAGEN 2.2. Organigrama de UNICON.

## 2.2 SOBRE EL CONTRATO

### 2.2.1 REQUERIMIENTO DE CONCRETO

Los volúmenes totales de concreto, que se especifican en el contrato, solo consideran dos estructuras prefabricadas:

- LOSAS para el muelle, volumen proyectado: 7,461m<sup>3</sup>.
- Bloques Cúbicos Ranurados (BCR) para la cubierta del rompeolas, volumen proyectado: 82,000m<sup>3</sup>.

Sumando un total de 89,461m<sup>3</sup>. Teniendo una cláusula, en el contrato, para atender volúmenes adicionales, dentro del periodo de producción.

Al cierre de planta y gracias a los despachos adicionales logramos superar el volumen proyectado en 5,720.50 m<sup>3</sup>.

## **2.2.2 PERIODOS DE PRODUCCIÓN**

Según nuestro contrato iniciaríamos la atención de premezclado el mes de Mayo del 2007 y cerraríamos la planta a fines de Setiembre del 2009.

Debido a problemas externos iniciamos la atención de premezclado el primero de Junio del 2007 y gracias a los trabajos en conjunto con nuestro cliente cerramos la planta en Julio del 2009, tres meses antes de lo esperado.

## **2.2.3 ADELANTOS Y PRECIOS DE PRODUCCIÓN**

Estos son los principales puntos especificados dentro del contrato:

1. Después de firmar este documento CDB entregará a UNICON un adelanto de US\$ 100,000.00 (Incluido el IGV), los cuales serían devueltos en el transcurso del proyecto, amortizándolos en las valorizaciones mensuales, de suministro de concreto premezclado.
2. Adicional al pago por suministro de concreto, CDB entregó a UNICON la suma de US\$ 28,853.74 (sin IGV) por el concepto de movilización y US\$ 12,444.28 por la desmovilización de nuestros equipos, unidades y plata.
3. Por la emisión y la entrega de los certificados de equipos, unidades y planta, CDB pago el monto de US\$ 2,000.00 (sin IGV).
4. Con relación al servicio de concreto premezclado se detallaron dos tipos de suministros para estructuras prefabricadas. Concreto para losas: volumen aproximado de 7,461 m<sup>3</sup> con un precio unitario por metro cúbico de US\$ 98.31 (sin IGV) y estructuras BCR: volumen aproximado de 82,000 m<sup>3</sup> con un precio unitario por metro cúbico de US\$ 60.79 (sin IGV).
5. Después de la firma del contrato CDB proporcionara a UNICON, sin costo adicional, alojamiento y alimentación dentro del proyecto para todo el personal de planta, además de los suministros de agua para producción de concreto y energía eléctrica para el funcionamiento de la planta, oficinas y laboratorio.

## **2.3 PERSONAL DE PLANTA**

Teniendo en cuenta el requerimiento de CDB, reclutamos al personal con más de 5 años de experiencia (desarrollando proyectos) dentro de nuestra empresa, para fines prácticos dividí la duración de nuestra participación, en el proyecto, en cuatro fases.

### **Primera Fase.**

Inicia con la instalación de la Planta y la atención de los primeros requerimientos de concretos. Los cuales fueron para estructuras adicionales y temporales, del campamento principal y de las oficinas de playa.

### **Segunda Fase.**

Inicia con los vaciados de las primeras losas Pre-fabricadas para el muelle y continua con los despachos para la cantera de CDB y el cerco perimétrico, en esta fase despachamos concreto a GyM dentro del proyecto, pero en la zona dirigida por CB&I-Melchorita (Obra Terrestre).

### **Tercera Fase.**

Inicia con las pruebas del concreto para las estructuras BCR, tanto en estado fresco como endurecido y continua con el cierre de los despachos a la cantera de CDB y el cerco perimétrico, prolongándose esta fase con el inicio de los despachos masivos de concreto, para los BCR.

### **Cuarta Fase.**

Inicia con el término de las losas Pre-fabricadas y continúa con los despachos para las estructuras BCR hasta la culminación de los despachos, terminando con el desmontaje de planta.

<b>PERSONAL OPERATIVO DE PLANTA</b>		
DURANTE LAS 4 FASES DEL PROYECTO		
<b>CARGO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>FASES</b>
JEFE DE PROYECTO	LEO, CASTRO LORENTE	LAS 4 FASES
JEFE DE PLANTA	EDGAR, VILCHEZ IGNACIO	FASE III y IV
ASISTENTE DE JEFE DE PLANTA	JAVIER, ROSAS CHAVEZ	FASE I Y II
ASISTENTE DE JEFE DE PLANTA	CESAR, ESPINO PAYANO	FASE III y IV
OPERADOR DE PLANTA	FIDEL, SALVATIERRA LEON	LAS 4 FASES
OPERADOR DE PLANTA	CRISTIAN, IBANEZ CONDORI	FASE III Y IV
OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL	JORGE, VILLAR LOLOY	LAS 4 FASES
SUPERVISOR DE PRODUCCION	JUAN, GOMEZ MARCOS	LAS 4 FASES
TECNICO DE TRABAJO INTERNO	YSAAC, FERNANDEZ QUISPE	FASE III Y IV
OPERADOR DE MIXER	GERMAN, MEDINARIOS	LAS 4 FASES
OPERADOR DE MIXER	HUGO, APAZAMAMANI	FASES I Y III
OPERADOR DE MIXER	RAMON, AMES GARCIA	FASES III Y IV
OPERADOR DE MIXER	LUIS, TAUMARIOS	FASES III Y IV

CUADRO 2.1. Personal Operativo de Planta.



## 2.4 EQUIPOS Y UNIDADES

EQUIPOS Y UNIDADES DE PLANTA				
DURANTE LAS 4 FASES DEL PROYECTO				
UNIDAD	MARCA TIPO	AÑO DE FABRICACION	Nº INTERNO	CAPACIDAD Y/O RENDIMIENTO
PLANTA DOSIFICADORA (AUTOMÁTICA)	CONECO ALL-PRO5	1994	8	60 m <sup>3</sup> /h
CAMION MIXER	Camión: VOLKSWAGEN Modelo: 26-260 Mezclador: LIEBHERR Modelo:HTM 804	2006	426	8 m <sup>3</sup>
CAMION MIXER	Camión: VOLKSWAGEN Modelo: 26-260 Mezclador: LIEBHERR Modelo:HTM 804	2006	433	8 m <sup>3</sup>
CARGADOR FRONTAL	KOMATSU WA180-1B	2006	23	Lampon 1.9 m <sup>3</sup>
CAMIONETA	NISSAN FRONTIER	2006	2	5 Personas

CUADRO 2.2. Equipos y Unidades en Planta.

- 02 silos con una capacidad aproximada de 120 (silo 1) y 100 (Silo 2) toneladas, para el abastecimiento de los dos tipos de cementos: tipos V y IP respectivamente.



IMAGEN 2.3. Equipos y accesorios en la zona de producción de planta concretera.



- 02 Tanques metálicos con una capacidad de 22 m<sup>3</sup> cada uno.
- 03 tanques para el almacenamiento de aditivo: 01 para el Polyheed 770R (Retardante) y
- 02 para Rheobuild 1000 (Súperplastificante).
- 01 Chiller, con una capacidad enfriamiento de 5 m<sup>3</sup>/horas (de 20°C a 7C°).
- 02 pozas metálicas para probetas cilíndricas con una capacidad de 400 probetas c/u y 01 poza para vigas, con una capacidad máxima de 300 testigos.

## 3. SOBRE LA GESTIÓN

Asumir la responsabilidad de dirigir la planta de premezclado, en el proyecto marítimo, fue un verdadero reto, teniendo en cuenta la magnitud y el alcance de este proyecto.

### 3.1 RESPONSABILIDADES

Durante el transcurso de la obra asumí el cargo de Jefe de Proyecto, teniendo que desempeñar tres funciones, las cuales fueron: Jefe de Planta, Jefe de Calidad, Jefe de Seguridad y Medio Ambiente.

#### 3.1.1 JEFE DE PLANTA

Estando encargado de los temas relacionados a:

- Evaluación y seguimiento de concreto en estado fresco, estabilidad volumétrica, fisuración ya sea a causa de pérdida de volumen (asentamiento diferencial) o por temas de enfriamiento en la parte superficial además de resolver los problemas de exudación.
- Evaluación de las estructuras de concreto, analizando las causas de los problemas de fisuración por motivos físicos, químicos, mecánicos o biológicos, ya sea debido a la abrasión de las arenas transportadas por las olas de mar, presencia de sales, sobrecargas (debido al tránsito de unidades pesadas) y vegetales marinos (hongos y algas).
- Recomendaciones en los temas de colocación, consolidación (tipos de vibrados) y procesos de acabados.
- Supervisión del desempeño productivo de la cantera de agregados, evaluación de parámetros granulométricos y cumplimiento de las tolerancias en los resultados de ensayos químicos.
- Coordinación de la atención de suministros (concreto e insumos).
- Seguimiento presupuestal y evaluación de utilidades, estimación de rendimientos y entrega de valorizaciones.

- Ejecución de nuevos contratos y adendas, cotización de nuevos concretos y suministros adicionales, balances financieros.



IMAGEN 3.1. Vista general de la zona de producción de pre-fabricados (Losas y BCR).

### **3.1.2 JEFE DE CALIDAD**

- Supervisión de los ensayos de concreto, en el laboratorio, en estado fresco y endurecido.
- Supervisión de los ensayos de concreto en el campo, toma de slump y probetas.
- Interpretación y evaluación de resultados de los ensayos y certificados de calidad de los insumos, como es caso de los cementos, agua de producción, agregados (arena y piedras) y los aditivos.
- Evaluación y desarrollo de diseños por durabilidad.
- Trabajos de Patología, determinando el tipo de enfermedad dentro de las estructuras de concreto y las alternativas de solución.
- Supervisión de los ensayos adicionales (según el requerimiento del Cliente): Álcalis-
- Sílice, Esclerómetros, diamantinas.

### **3.1.3 JEFE DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE**

- Planificación de gestión de riesgos, trabajos basados en los análisis preliminares de niveles de riesgo.

- Evaluación e identificación de Riesgos, siguiendo el Análisis Seguro de Trabajo (AST).
- Seguimiento y control de Riesgos.
- Preservación de medio ambiente.
- Teniendo como base la dirección de proyectos dentro del área de operaciones, oriente los objetivos finales hacia el criterio de la Triple Restricción, consiguiendo resultados positivos para mi organización como para nuestro cliente.
- **Alcance**, cumplimos con los requerimientos de volúmenes de concreto plasmados en nuestro contrato y en las adendas generadas, cubrimos las exigencias de calidad, producción, seguridad y medio ambiente.
- **Tiempo**, logramos terminar la atención de concreto dos meses antes de lo estipulado en nuestro contrato.
- **Costo**, los ingresos esperados basados en la Utilidad Bruta de Producción, referente a la venta de concreto, fueron mayores a lo esperado, debido al incremento en el volumen final de concreto.

## **3.2. DETALLES DE LA GESTIÓN**

En este punto detallare los trabajos que realice durante el transcurso del proyecto, tomando especial interés en la elaboración de diseños, basados en los criterios de durabilidad así como los servicios de patología, seguimiento y control de calidad, seguridad y medio ambiente.

### **3.2.1. ELABORACIÓN DE DISEÑOS**

Tomando en cuenta los criterios de durabilidad, realice los diferentes diseños de mezcla, tanto para las LOSAS del muelle expuestas al ambiente marino como para los Bloques Cúbicos Ranurados (BCR) para los rompeolas, expuestos al agua de mar.

#### **a. LOSAS.**

Con la finalidad de obtener un buen comportamiento de nuestro concreto, en esta estructura, tuve que distinguir los principales factores de deterioro, los cuales podrían llevarlo posteriormente a su destrucción, teniendo en cuenta estos parámetros para realizar el diseño de mezcla.

#### a.1 Factores de Deterioro.

- **Problemas Químicos.-** teniendo en cuenta la cantidad de sales peligrosas presentes en nuestro mar, las cuales se encuentra entre 34 a 37 gramos por litro, las LOSAS estarían expuestas al ataque constante de los sulfatos de calcio, magnesio y sodio, procedentes de la salpicadura del agua de mar, debido al choque de las olas con los pilotes del muelle.



IMAGEN 3.2. Choque de las olas con los pilotes de muelle, lo cual humedece las losas prefabricadas.

Considerando el alto porcentaje de humedad en esta zona, se estaría incrementando este problemas (el promedio de humedad relativa se encontraba entre 60 a 98%).

Teniendo en cuenta que la humedad tiene un papel muy importante en la reactivación de los compuestos químicos, cito algunos posibles problemas:

- La sílice amorfa de los agregados, pueden activarse con la presencia de la humedad y reaccionar negativamente con el álcali del cemento, formando la reacción álcalisílice, la cual ocurre en humedades entre 70 y 80%.
- En el caso de las sales, la humedad relativa (con porcentajes entre 65 a 98%) activa la reacción química dentro del concreto, teniendo en cuenta que este compuesto reacciona con el aluminato tricálcico hidratado del cemento, formando sulfoaluminatos, los cuales

aumenta su volumen en aproximadamente 18%, creando esfuerzos que superan la resistencia del concreto produciendo su fisuración lo cual aumenta la permeabilidad de la estructura, dejando pasar compuestos que atacan el acero de refuerzo.

- **Problemas mecánicos.-** como se sabe el concreto en estado endurecido es un material que absorbe muy bien los esfuerzos a compresión y es débil frente a los esfuerzos a flexión, con la finalidad de mejorar este comportamiento se emplea el acero de refuerzo.

La esbeltez de las losas estaba relacionada a este tipo de problema, teniendo en cuenta sus dimensiones: longitud 9 metros, ancho 3 metros y espesor de 0.30 metros.

Tres vigas de fierro sirven de apoyo, las cuales tienen las siguientes dimensiones: largo del alma 1 m, longitud del ala 0.30 m (dimensión de la cara de contacto con las losas) cuyos ejes estarían ubicados en tres puntos a 1 metro de cada lado y en el centro, dejando una luz libre de 3.20 metros.



IMAGEN 3.3. Las tres vigas de apoyo y en ellas los pernos de anclaje, que irán dentro del espacio dejado por las cajas en las losas.

Teniendo en cuenta el peso promedio de las unidades pesadas que transitarían por este muelle existía el problema de fisuración por cortante, fisuración por flexión y desgaste de la cara de contacto por rodamiento.

#### **DATO ADICIONAL**

Con la finalidad de unir las losas al muelle, en el momento de la fabricación de estas se dejaban unas cavidades sin concreto, las cuales permitían que los pernos de anclaje, de las vigas de apoyo, entren en ellas, posteriormente estas cavidades eran llenaban con Gauteng, con la finalidad de unir estas dos estructuras (viga de apoyo con las losas prefabricadas).

#### a.2 Diseño.

Para diseñar este concreto tuve los siguientes criterios:

- La estructura de concreto estaba constituida por una armadura de refuerzo, motivo por el cual la impermeabilidad del concreto jugaba un papel muy importante en su durabilidad, para que la armadura no sea expuesto a agentes agresivos, que puedan activar la corrosión del acero, empleamos una relación baja de agua/cemento (de 0.40) y también aumentamos el espesor del recubrimiento de 4 a 5 centímetros y recomendé el curado por vía húmeda por un periodo no menor a 3 días.



IMAGEN 3.4. Curado de las losas pre-fabricadas.

- Empleamos el cemento tipo 1P (cemento puzolánico), teniendo en cuenta las siguientes características:
  - La partícula de puzolana son 10 veces más pequeña que una partícula de cemento, lo cual nos ayuda a tener una pasta muy densa en comparación con

otros cementos, con lo cual aumentamos la impermeabilidad en las estructuras de concreto.

- Al cambiar un porcentaje de cemento por puzolana, reducimos la cantidad de Aluminato Tricálcico (C<sub>3</sub>A) en su composición, esto disminuye el calor de hidratación y mejora el comportamiento frente al problema de sulfatos. Debido a este tema también reduciendo la cantidad de álcalis totales en la mezcla.

**DATO ADICIONAL:**

Tener en cuenta que la temperatura del concreto, con el empleo de este tipo de cemento disminuye y por consiguiente se podría considerar emplear una dosificación menor de aditivo retardante de fragua, pero esto no ocurre en la práctica debido al aumento de área superficial, por causa de la adición de puzolana, la cual seca la mezcla en un tiempo menor en comparación a otros tipos de cementos, requiriendo una mayor dosificación de agua.

Juntando los criterios antes mencionados procedí a desarrollar el diseño de mezcla, sumando a estos los requerimientos de nuestro cliente:

1. Un concreto de alta resistencia,  $f'c > 400 \text{ kg/cm}^2$ .
2. Temperatura máxima, del concreto en estado fresco,  $< 32 \text{ }^\circ\text{C}$ .
3. Slump de 6", como máximo debería de perder 2" dentro de una hora.
4. El tipo de huso granulométrico debería ser 57, según la separación de las barras de acero de refuerzo.



INSUMOS	PESO ESPECIFICO (kg/m <sup>3</sup> )	PESOS (SSS)	UNIDAD
Cemento Tipo IP	2990	490.00	Kilos
Agua	1000	198.00	Litros
Arena	2682	623.00	Kilos
Piedra Huso 57	2685	1084.00	Kilos
Polyheed 770R	1120	1.47	Litros
Rheobuild 1000	1210	3.92	Litros

INSUMO	PORCENTAJE ABSORCIÓN	MDULO DE FINEZA	VOLUMEN DE AGREGADO
Arena	1.24 %	2.50	36.50 %
Piedra Huso 57	0.80 %	7.10	63.50 %

CUADRO 3.1. Diseño de mezcla para el concreto de las LOSAS pre-fabricadas.

Los aditivos empleados en este diseño cumplían con los requerimientos de trabajabilidad y durabilidad.

**Aditivo Polyheed 770R.-** Es un aditivo retardante de fragua, de rango medio, reacciona directamente con Aluminato Tricálcico (C<sub>3</sub>A) del cemento, retardando el proceso de hidratación, mejora las características de resistencia del concreto al controlar este proceso.

Según la experiencia, con este tipo de aditivo, recomiendo:

- Dosificación en concretos con cemento tipo 1P: 1 litro por cada 250 kilos de cemento, para retardar el inicio de fragua en 1 hora.
- Tener en cuenta que en concretos con cemento Tipo I el criterio es parecido al del tipo 1P, pero con cemento tipo V la dosificación varia a 1 litro por cada 300 kilos de cemento, teniendo en cuenta que la cantidad de C<sub>3</sub>A en este tipo de cemento es menor en comparación a otros tipos de cementos.
- No utilizar cantidades mayores (el litros) a 0.006 por el peso del cemento, en concretos con cemento tipo V utilizar un máximo de 0.005 por el peso (en kilos) del cemento.

- En el caso de sobredosis, si el concreto permanece en el mixer recomiendo batirlo por más tiempo, hasta que se compruebe que ha iniciado la pérdida de slump, si el concreto está vaciado en una estructura no desencofrarlo hasta que este endurezca.

**Aditivo Rheobuild 1000.-** Es un aditivo súperplastificante y reductor de agua, de alto rango, actúa envolviendo las partículas de cemento, con la finalidad de separarlas unas de otras, logrando expandir la mezcla, debido a sus compuestos químicos incorpora, en la mezcla de concreto, un leve porcentaje de aire, el cual aporta en la plasticidad.

Según la experiencia con este aditivo, recomiendo:

- Dosificación: 2 litro de este aditivo para 200 kilos de cemento aumenta 1” de slump.
- Se puede emplear en cualquier tipo de cemento, obteniendo los mismos resultados.
- No se debe sobrepasar la siguiente dosificación: 0.016 por el peso del cemento, en dosificaciones mayores puede causar un caso serio de segregación, de ocurrir este problema recomiendo batir la mezcla en trompo del mixer por un periodo mayor a lo habitual, hasta que se pierda el efecto.
- En casos donde el concreto ha sido colocado en estructuras con sobredosis de este aditivo, recomiendo abrir el encofrado y eliminar este concreto antes que endurezca.

CDB empleo diferentes tipos de aditivo, entre los más usados están los aditivos desmoldantes y los aditivos de sellado, para unir las losas pre-fabricadas a las vigas metálicas del muelle.



IMAGEN 3.5. Encofrado de las losas y cajas para los pernos de amarre (ver IMAGEN 3.3), colocación de desmoldante.

b. BCR.

Considerando que este concreto era más del 60% del volumen total a ser producido durante todo el proyecto, tome especial interés en su elaboración.

b.1 Objetivos.

Diseñar un concreto capaz de cumplir con todos los requerimientos de nuestro cliente y que este dentro de nuestros costos unitarios, presupuestado al inicio del proyecto.

b.2 Criterios.

El primer punto importante a tener en cuenta, en la elaboración del diseño, estaba constituido por todos los parámetros establecidos en la especificación de nuestro cliente, dentro de nuestro contrato, los cuales sirvieron de base para elaborar esta mezcla.

CLASE	D Tamaño Máximo Nominal (mm)			
	25	40	60	80
<b>1. MINIMA CANTIDAD DE CEMENTO</b> =550/D <sup>1/5</sup>	290	265	245	230

<b>2. Densidad Mínima</b> (ton/m <sup>3</sup> )	2.40
<b>3. Alternativas de</b> <b>Relación Agua/Cemento</b>	0.50
	0.52
	0.53
<b>4. Máxima temperatura</b> <b>del Concreto (°C)</b>	35
<b>5. Mínima resistencia a la compresión a 28 días</b> <b>(promedio de tres testigos) (Mpa)</b>	26
<b>6. Mínima Resistencia a la compresión a 28 días</b> <b>(de un testigo) (Mpa)</b>	23
<b>7. Mínima Resistencia Flexión a 28 días</b> <b>(de un testigo) (Mpa)</b>	2
<b>8. Slump Requerido (pulg)</b>	4
<b>9. Máximo valor del gradiente térmico*</b> <b>(°C)</b>	20
<b>10. Máximo Valor de temperatura en el</b> <b>núcleo del BCR (°C)</b>	80

\* Diferencia de temperaturas entre el núcleo hacia una parte de la estructura ubicada a un espacio de 5cm de cualquiera de las caras del BCR.

### CUADRO 3.2. Los Requerimientos para Elaborar el Diseño del BCR, Según Contrato.

Para lograr la mezcla requerida, busque que esta cuente con la mayor estabilidad volumétrica posible y la menor relación agua/cemento, lo cual nos ayudaría en el tema de durabilidad, manejamos los siguientes criterios:

- Por su exposición constante con el ambiente marino, estaría sometido al ataque de los sulfatos de calcio, magnesio y sodio, entre otros, que reaccionan negativamente con el Aluminato Tricálcico ( $C_3A$ ), motivo por el cual empleamos un cemento de bajo contenido de este compuesto, (cemento Tipo V), el cual es resistente a este tipo de agentes agresivos, al limitar la cantidad de Aluminato Tricálcico en un 5% como máximo.
- Busque disminuir la cantidad de cemento en el diseño, con el propósito de controlar el calor de hidratación y a su vez reducir la cantidad de álcalis totales en la mezcla, con la finalidad de controlar alguna reacción negativa con la sílice amorfa que pudieran tener los agregados. Limitamos la cantidad de álcalis totales de la mezcla a un máximo de 3 kg/m<sup>3</sup> (peso total de los álcalis en referencia a todos los insumos).



IMAGEN 3.6. Colocación de estructuras BCR, en el muelle secundario.

- Con la finalidad de reducir la permeabilidad del concreto, la cual esta asociada directamente a la durabilidad del mismo, maneje relaciones bajas de agua/cemento entre 0.50 y 0.53, adicional a este criterio busque que la porosidad del concreto sea lo menor posible, disminuyendo la cantidad de burbujas atrapadas y reduciendo el diámetro de los poros capilares, sabiendo que los sulfatos se alojan en estas cavidades y al secarse se cristalizan aumentando su volumen y destruyendo desde el interior a este tipo de estructuras.

**Poros de Aire o Macroporos,** formados por las burbujas de aire atrapadas o intencionalmente incluidas, teniendo en cuenta que sus diámetros son mayores a 0.2 mm.

**Poros Capilares,** son aquellos que atraviesan toda la estructura, tienen forma de cabello y su diámetro oscila entre 0.00002 y 0.2 mm, cuando están interconectados y abiertos al exterior son susceptibles de ser saturados y por esta razón ocurre la permeabilidad del concreto a los fluidos.

- Estos dados están constituidos por una masa de concreto, no cuentan con armadura de refuerzo, descartando cualquier problema de corrosión.
- Evalué los diferentes tipos de ataque que podría sufrir la masa de concreto para mejorar las cualidades de estos dados, frente a estos posibles daños, dividí el rompeolas en tres zonas, con la finalidad de facilitar su estudio:
  - Zona de oscilación de nivel marino, cuando el nivel del agua es elevado el concreto se satura y cuando el nivel baja se produce una desecación de las sales en los poros, este fenómeno da lugar a una concentración de sales, las cuales se cristalizan y se expanden, creando esfuerzos internos que superan la resistencia del concreto y por consiguiente se crearán fisuras en la estructura.
  - Zona de evaporación, en la cual el agua asciende por capilaridad, en esta zona la evaporación de agua agresiva se produce de forma continua debido a su contacto con el aire. La concentración de sales aumenta de forma progresiva dando lugar a expansiones peligrosas dentro del concreto.
  - Zona Bajo el agua, es la zona menos critica pero igual de importante que las otras, teniendo en cuenta que el rompeolas trabaja como una estructura monolítica, esta zona es

afectada principalmente por acciones de erosión, provocado por las olas que a veces arrastran arenas, también sufre ataques biológicos por los hongos y algas.

- Con la finalidad de mejorar la estabilidad, relacionada a los cambios volumétricos en la masa de concreto, utilice el tamaño máximo de piedra, correspondiente al HUSO 467 (37.5 mm a 4.75 mm), lo cual influyo en la reducción de cemento (según el cuadro 11, en el punto 1), disminuyendo la temperatura y los álcalis en la mezcla. También apporto reduciendo la cantidad de agua de diseño, debido a la disminución del área superficial.
- Con la finalidad de aumentar el peso unitario de nuestro concreto (peso mínimo 2.4 ton/m<sup>3</sup>) reducimos la cantidad de agua en la mezcla remplazándola por agregado, el cual posee mayor peso específico. La reducción de este insumo nos obligo a incrementar la cantidad de aditivo súper-plastificante teniendo mayor cuidado con el comportamiento de este insumo dentro de la mezcla y controlando los posibles casos de segregación, a causa de este incremento. Por un tema de costos no consideramos el empleo de un aditivo súperplastificante de última generación.

### b.3 Diseño.

Teniendo en cuenta los criterios anteriores procedí a elaborar el diseño de mezcla obteniendo estos pesos, los cuales deben ser corregidos por la humedad de los agregados.

<b>INSUMOS</b>	<b>PESO ESPECIFICO (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PESOS (SSS)</b>	<b>UNIDAD</b>
Cemento Tipo V	3150	270	Kilos
Agua	1000	160	Litros
Arena	2682	777	Kilos
Piedra Huso 57	2685	1265	Kilos
Polyheed 770R	1120	0.54	Litros
Rheobuild 1000	1210	2.16	Litros

<b>INSUMO</b>	<b>PORCENTAJE ABSORCIÓN</b>	<b>MDULO DE FINEZA</b>	<b>VOLUMEN DE AGREGADO</b>
Arena	1.24%	2.5	38.05%
Piedra Huso 57	0.80%	7.1	61.95%

CUADRO 3.3. Diseño de mezcla para el concreto de los BCR.

### **DATOS IMPORTANTES**

La relación agua cemento de diseño que manejamos era de 0.53 para más del 90% de los BCR, la resistencia mínima a 28 días era de 28 Mpa a compresión y de 3.5 MPa a flexión, valores que nos garantizaban estar sobre las resistencia mínima requerida, según especificación.

Con estos criterios logramos que nuestra mezcla cumpla con las temperaturas deseadas:

- Temperatura promedio del concreto en estado fresco 25°C en invierno.
- Temperatura promedio del concreto en estado fresco 30°C en verano.

Además de lograr cumplir con los valores requeridos de gradiente térmico.





IMAGEN 3.7. Lectores de Temperatura, a 36 horas se detectaron las Máximas temperaturas de 70°C al centro, y 57.4 lateralmente.

Al inicio de los despachos de concreto para las estructuras BCR nuestro cliente solicito el diseño con relación a/c 0.50, por un tema contractual CDB solicito realizar un cambio de relación a/c a 0.53.



IMAGEN 3.8. Secuencia de vaciado de un BCR. En tres capas del mismo volumen, vibrando cada una.

Realizar los cambios solicitados nos tomó un promedio de 28 días, después de demostrar que el diseño cumplía con los requerimientos de resistencia.

Finalmente después de pasar todas las pruebas, el diseño con el cual se terminaron de construir más del 90% las estructuras BCR fue el de relación a/c de 0.53, el cual está en el cuadro anterior.



En comparación a los diseños propuestos por UNICON al inicio del proyecto, con a/c 0.50 y con a/c 0.53, usados para realizar el presupuesto base, los nuevos diseños consiguieron incrementar los márgenes de Utilidad, lo cual nos benefició en el resultado final de la obra.

Este cambio fue considerado como favorable para ambas partes, CDB obtenía un concreto que cumpliera con las especificaciones contractuales y con las adicionales, implementadas en el transcurso del proyecto, asimismo UNICON obtenía un margen de ganancia mayor a lo esperado.



IMAGEN 3.9. Vaciado de los BCR en la zona de producción.

Después de varias pruebas y ensayos, presentamos de manera formal, a nuestros cliente el diseño con relación agua/cemento 0.53, el cual obtuvo la aprobación de las áreas de diseño, ingeniería y construcción de CDB, es así que el día lunes 18 de febrero del 2008 iniciamos la producción masiva de esta estructura.



IMAGEN 3.10. Primer Vaciado de una Estructura BCR de 8m3.

### 3.2.2 PROCESOS DE CALIDAD DE EQUIPOS.

Las bases de los ensayos, especificaciones, pruebas, guías y clasificaciones empleadas para controlar los procesos de calidad, de nuestros equipos, estuvieron basadas en nuestra propia norma.

#### a. SOBRE LA PLANTA.

Según nuestro estándar organizacional recomendamos realizar la verificación y/o calibración de la planta cada 2 meses o cada 8 mil metros cúbicos despachados.

Para la calibración de balanzas usaremos pesas calibradas de 25 kilos cada una, las cuales sirven de peso ficticio para simular un carguío de insumos.

##### a.1 BALANZAS DE CEMENTO.

Mínima escala permitida: 2 kg. (Tolerancia)

Carga recomendada de prueba: 2,000 kg. (80 pesas)

##### a.2. BALANZAS DE AGREGADOS.

Mínima escala permitida: 10 kg. (Tolerancia)

Carga recomendada de prueba: 10,000 kg. (400 pesas)



IMAGEN 3.11. Calibración de balanzas de cemento y de agregados.

a.3. DISPENSADOR DE AGUA.

Tolerancia: +/- 1.0% de diferencia (entre el valor indicado en el dial de planta y el valor registrado en el cilindro de calibración), debiendo realizar tres ensayos, si uno de ellos salía fuera de la tolerancia se procedería a calibrar. Carga recomendada: 200 l

a.4. DOSIFICADOR DE ADITIVO.

Tolerancia: +/- 2.5% de diferencia (entre el valor indicado en el dial de planta y el valor registrado en el cilindro de calibración), debiendo realizar tres ensayos, si uno de ellos salía fuera de la tolerancia se procedería a calibrar. Carga recomendada: 10l

b. SOBRE EL CARGUÍO.

Base la forma de carguío para concretos con relación agua cemento mayores a 0.45 igual como lo expresa UNICON en sus especificaciones y como lo declaro en el contrato (Cuadro 3.4), pero para concretos con relación agua cemento menores a 0.45, la práctica ha demostrado, que debemos de cargar una unidad mixer con el 50% de agua y dejarlo batir por 3 minutos para luego proceder a completar la carga.

LOADING PROCESS		
PARAMETERS	ACCEPTANCE CRITERIA	VERIFICATION
Sequence of Loading Inputs	- Water (First discharge): 50% to 85% in volume.	OK
	- Admixture: 100% in volume. The discharge can be before, during and after the inputs discharge.	OK
	- Aggregates: 100% in weight.	OK
	- Cement: 100% in weight (cement discharge begin when the aggregate discharge is in 15% to 25%)	OK
	- Water (Second discharge): 15 al 50% in volume. (Water discharge begins when the cement is nearly 80%).	OK
The load tolerance will be according to ASTM C94	- Cement: $\pm 1\%$	OK
	- Aggregates: $\pm 2\%$	OK
	- Water: 2%	OK
	- Admixture: 3%	OK

CUADRO 3.4. Proceso de Carga en Planta, Según Contrato.

c. SOBRE LAS UNIDADES.

Los ensayos correspondientes a las uniformidades de nuestras unidades mixer estaban limitados a un periodo máximo 3 meses.

MIXING PROCESS		
Mixing Speed	- Compliance with ASTM C94: 70-100 rpm	OK
Visual Homogeneity Inspection	- Not bleeding, not segregation.	OK
Uniformity (at the beginning and every 3 months)	Compliance with tolerance included in ASTM C94:	
	- Time of testing: 15 min	OK
	- Slump: concrete < 10 cm: 2.5 cm; concrete between 10 and 15cm: 3.75cm	OK
	- Air content: 1%	OK
	- Density: 16 kgm <sup>3</sup>	OK
	- Coarse Aggregate Content: 6%	OK
	- Air Free Mortar: 1.6%	OK
- Compressive Strength at 7 days: 7.5%	OK	

CUADRO 3.5. Proceso de Uniformidad, Según Contrato.

d. SOBRE EL LABORATORIO.

Acondicionamos un laboratorio móvil, con todos los equipos e implementos necesarios para realizar los ensayos requeridos por nuestro cliente. Cumpliendo con las normas de calidad según nuestro contrato.

EQUIPOS DE NUESTRO LABORATORIO	
EQUIPO	MODELO/MARCA
EQUIPO DE CONTENIDO DE AIRE	EQA-21/EQA-32 HUMBOLDT/FORNEY
PRENSA A COMPRESIÓN	FX-500/PRC-006 FORNEY
PRENSA A FLEXIÓN	LA270-E-CPILOT FORNEY
TAMIZ PARA AGREGADO GRUESO Y FINO	TAC ADVANTECH MANUFACTURING
BALANZA DIGITAL DE 30 KG.	BAD-010 METTLER TOLEDO
BALANZA DIGITAL DE 8000 GR.	BAD-016 OHAUS
TERMÓMETRO DIGITAL	M-6870/TER-081 CHECK TEMP
RECIPIENTE DE PESO UNITARIO ARENA	REU-023 UNICON
RECIPIENTE DE PESO UNITARIO PIEDRA	REU-005 UNICON
TERMO HIGROMETRO	4093 CONTROL COMPANY
CONOS DE ABRAMS	COA-201-202-203 UNICON

CUADRO 3.6. Equipos de Laboratorio.

### **3.3. GESTIÓN DE CALIDAD EN EL CONCRETO.**

Con relación a los ensayos de concreto en estado fresco y endurecido.



### 3.3.1. INSUMOS.

Realizábamos diversos ensayos dentro de nuestro laboratorio, como es el caso de:

- Peso Unitario de los agregados, una vez al mes.
- Muestreos y ensayos para granulometría de los agregados el cual lo realizábamos 3 veces a la semana.
- Ensayo de humedad de los agregados era realizado 3 veces al día cumpliendo con la ASTM C566.



IMAGEN 3.12. Ensayos en Laboratorio.

Junto al personal de CDB y COLP muestreábamos y enviábamos cada 2 meses, agua, arena, piedras, aditivos y cemento a nuestro laboratorio en Lima (CITEDEC), estas muestras eran ensayadas física y químicamente. Los resultados debían ser presentados a nuestro cliente después de 15 días de haber realizado el muestreo en planta.

Con la finalidad de garantizar la temperatura del agua, en nuestras pozas de curado de probetas, colocamos un sistema de calefacción formado por resistencia y termómetros, los cuales calentaban y registraban la temperatura del agua, manteniéndola en los parámetros estandarizados de  $23 \pm 2$  °C.



IMAGEN 3.13. Sistema de Calefacción de la Posas de Curado.

Otro de los aportes importante a garantizar la calidad de nuestro producto fue el empleo del Chiller, máquina que mantenía en 7°C la temperatura del agua de producción, logrando reducir entre 2 y 4°C la temperatura de nuestro concreto.

Un punto desfavorable de esta máquina, es el tiempo que emplea para enfriar 20 m<sup>3</sup> de agua, promedio aproximado 4 horas, debiendo encenderla con la debida anticipación antes de iniciar la producción.



IMAGEN 3.14. Tanques de Agua para Producción y Chiller.

### 3.3.2. CONCRETO EN ESTADO FRESCO.

Debido a que gran parte de las propiedades del concreto en estado endurecido dependen de los procesos realizados en el estado fresco (plástico), buscamos que nuestro trabajo de supervisión y evaluación del comportamiento de nuestras mezclas sean más estrictas en este estado, tanto en los muestreos realizados en el laboratorio como a pie de obra.



IMAGEN 3.15 Toma de Temperatura.

Cada vez que obteníamos una muestra para nuestro laboratorio, usábamos nuestros equipos manuales para obtener los valores de temperatura del concreto (bajo lo estipulado en la ASTM C1064) y de humedad relativa.

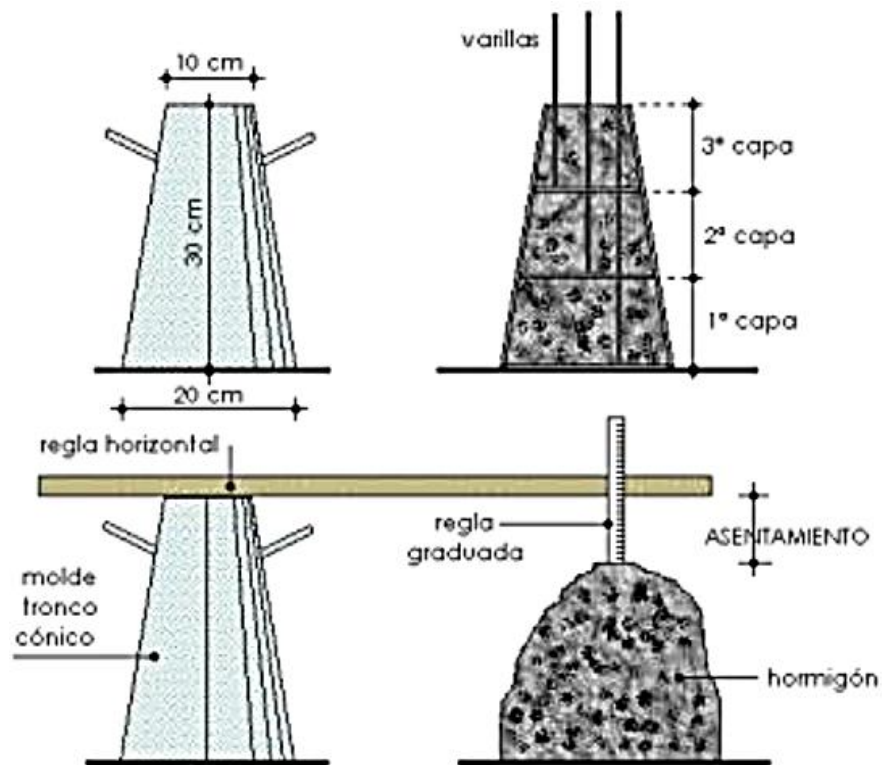
Gracias al aporte del Chiller las temperaturas de nuestra mezcla se mantuvieron por debajo de 32 °C, en estado fresco.

Se requería para el concreto de Losas Prefabricadas un slump de 6" y para la mezcla de los BCR un slump de 4", siguiendo la ASTM C143.





IMAGEN 3.16



Otra de las pruebas habituales en nuestra zona de muestreo era el ensayo de contenido de aire, el cual se realizaba después del ensayo de slump, en donde obteníamos los valores de peso unitario y cantidad de aire, según el método por presión en la ASTM C231.



IMAGEN 3.18. Ensayo de Rendimiento

Los valores promedio obtenidos del ensayo de aire de nuestros concretos de alta resistencia estuvieron entre 1 y 1.5 %, para el concreto fluido entre 2 y 2.5%.



IMAGEN 3.19. Ensayo de Aire

En el cuadro siguiente se muestra algunas restricciones, de slump, temperatura, aire y densidad (puestas en nuestro contrato).

FRESH CONCRETE		
PARAMETERS	ACCEPTANCE CRITERIA	VERIFICATION
Slump (every 50 m3)	Pre-cast elements : 10 - 15 cm	Ok
	In situ elements: 15 - 20 cm	Ok
	BCR concrete: 8 - 10 cm	Ok
Concrete Temperature (every 50 m3)	Marine concrete: < 32°C	Ok
Air Temperature	BCR concrete: <35°C	Ok
Air content (every 50 m3)	For information	Ok
Density and yield (every 50 m3)	Marine concrete: for information	Ok
	BCR: min 2.35 t/m3	Ok

CUADRO 3.7. Requerimientos de ensayos en el Concreto Fresco, Según Contrato.

Para las estructuras BCR tomábamos un juego de 6 probeta y 4 vigas, para los primeros 30 m<sup>3</sup> y otro juego semejante cada vez que pasáramos los 50, 100 y 200 m<sup>3</sup> de producción diaria.

Todos los ensayos de moldeo de los especímenes para ensayo de resistencia a compresión y a flexión eran realizados bajo lo establecido en la norma ASTM C31/C31M.



El muestreo de vigas era realizado por el personal de técnico de CDB con la finalidad de acelerar los procesos de muestreo.





IMAGEN 3.21. Muestreo de Vigas.

### 3.3.3 CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.

Los ensayos para los concretos endurecidos dentro de nuestro laboratorio estaban normados de la siguiente forma:

- Resistencia a Compresión, ASTM C39/C39M.
- Resistencia a la Flexión - Carga en los Tercios Centrales, ASTM C78.

HARD CONCRETE		
Compressive strength of cylindrical concrete specimens at:	Marine concrete:	
- 7 days	Mean compressive cylinder strength at 28 days > $f_c - 3\text{MPa}$	OK
- 28 days	BCR concrete: at 28 days Min strength of sample: 23MPa Average strength of batch: 26 MPa	Ok
Statistics Analysis (every week)	- The average of three consecutive test $\geq f_c$ . - A single test won't be under 35 kg/cm <sup>2</sup> when $f_c$ it's until 350 Kg/cm <sup>2</sup> or under 0.10 $f_c$ when the $f_c$ is bigger than 350 kg/cm <sup>2</sup> .	Ok

CUADRO 3.8. Requerimientos de ensayos en el Concreto Endurecido, Según Contrato.

En el siguiente cuadro se muestra el promedio de los resultados obtenidos a 7 y 28 días, sin considerar los resultados del diseño del BCR.

CÓDIGO DE DISEÑO	7 Días		28 Días	
	PM f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estándar	PM f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estándar
<b>5100N57A</b>	116	17.56	168	22.01
<b>5140N7D</b>	222	28.34	292	29.31
<b>5250N57A</b>	265	22.38	351	24.26
<b>5315E467A45</b>	377	*	457	*
<b>P250N57B</b>	260	*	331	*
<b>P350N57B40</b>	370	33.67	490	23.44
<b>P400N57B40</b>	399	27.29	499	24.62

\* Los valores de DS no son representativos, se realizaron menos de 6 ensayos.

**PM:** Promedio.

CUADRO 3.9. Promedios de Resistencia a Compresión.

Con relación al diseño del BCR **ENSAYO A COMPRESIÓN:**

- Con la finalidad de conocer el desarrollo inicial de este concreto realizamos 39 ensayos a 3 días en donde alcanzamos un promedio de 215 kg/cm<sup>2</sup>, superando todas las expectativas.
- El promedio a 7 días superó el valor requerido a 28 días.

- Los valores de Desviación Estándar estuvieron dentro del rango considerado muy bueno (entre 28.1 y 35.2) ACI - 214.
- Durante 15 días en el mes de agosto superamos los valores promedios de  $f'c$ , y de SD, debió a una variación de los componentes del cemento.
- El promedio a 7 días fue de  $250 \text{ kg/cm}^2$  y a 28 días  $320 \text{ kg/cm}^2$ , valores inferiores en comparación con el concreto con relación a/c 0.50, pero sobre el valor requerido según contrato.

BCR		ENSAYO A COMPRESIÓN RELACIÓN AGUA/CEMENTO 0.50								
AÑO	MES	3 Días			7 Días			28 Días		
		PM $f'c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	Des Est	N° ENS	PM $f'c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	Des Est	N° ENS	PM $f'c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	Des Est	N° ENS
2008	JUNIO	220	14.63	28	303	21.18	29	394	16.65	29
	JULIO	210	12.17	11	304	22.87	70	390	18.44	70
	AGOSTO	-----	-----	-----	331	27.33	86	415	33.94	86
	SETIEMBRE	-----	-----	-----	310	15.05	32	390	15.17	32

NOTA: Cada N° de ENS provienen del promedio obtenido de ensayar tres probetas.

CUADRO 3.10. Resultados de los Ensayo a compresión del Concreto de los BCR, a/c 0.50.

El valor promedio de la Desviación Estándar a 7 días fue de 16.75 y a 28 días de 16.05, estando dentro de los valores esperados.

El valor más bajo obtenido en todo el proyecto fue de  $259 \text{ kg/cm}^2$ , estando aun dentro de lo esperado.

BCR	ENSAYO A COMPRESIÓN RELACIÓN AGUA/CEMENTO 0.53									
AÑO	MES	3 Días			7 Días			28 Días		
		PM f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Des Est	N° ENS	PM f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Des Est	N° ENS	PM f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Des Est	N° ENS
2008	SETIEMBRE	----	----	----	259	19.16	60	349	24.69	60
	OCTUBRE	----	----	----	253	19.15	101	339	22.03	101
	NOVIEMBRE	----	----	----	256	21.24	97	329	16.74	97
	DICIEMBRE	----	----	----	249	12.62	79	323	15.17	79
2009	ENERO	----	----	----	254	18.83	100	334	18.37	100
	FEBRERO	----	----	----	247	14.43	94	313	13.02	94
	MARZO	----	----	----	241	13.11	102	310	12.12	102
	ABRIL	----	----	----	240	16.53	94	311	12.59	94
	MAYO	----	----	----	247	16.83	89	309	13.29	89
	JUNIO	----	----	----	251	15.60	70	312	12.43	70

NOTA: Cada N° de ENS provienen del promedio obtenido de ensayar tres probetas.

CUADRO 3.11, Resultado de los Ensayos a Compresión del Concreto a/c 0.53.

Por un tema de seguridad y protección al medio ambiente, decidimos emplear los pads de neopreno, según la ASTM C1231.

Con relación al diseño del BCR ENSAYO A FLEXIÓN:

- Los valores promedios a flexión a 7 días:
  - Concreto a/c 0.50 fue de 33.21 kg/cm<sup>2</sup>.



BCR	ENSAYO A FLEXIÓN RELACIÓN AGUA/CEMENTO 0.50						
AÑO	MES	7 Días			28 Días		
		PM Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Des Est	N° ENS	PM Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Des Est	N° ENS
2008	JUNIO	32.91	2.41	58	39.36	2.60	58
	JULIO	31.71	2.02	136	39.81	2.58	136
	AGOSTO	34.90	2.26	172	44.30	1.68	172
	SETIEMBRE	33.31	1.63	64	42.72	3.58	64

NOTA: Cada N° de ENS provienen del Ensayo de un Testigo (Viga).

CUADRO3.12. Resultado del Ensayo a Flexión del Concreto a/c 0.50

- Concreto a/c 0.53 fue de 32.67 kg/cm<sup>2</sup>.

Estando ambos valores por encima del valor esperado de 20 kg/cm<sup>2</sup> (Según Contrato).



IMAGEN 3.22, Habilitación de la Vigas para el Ensayo a Flexión.

BCR	ENSAYO A FLEXIÓN RELACIÓN AGUA/CEMENTO 0.53						
AÑO	MES	7 Días			28 Días		
		PM Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Des Est	N° ENS	PM Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Des Est	N° ENS
2008	SETIEMBRE	31.46	2.33	120	40.76	1.95	120
	OCTUBRE	32.61	1.72	202	40.97	1.85	202
	NOVIEMBRE	33.27	1.20	194	42.58	1.85	194
	DICIEMBRE	32.77	1.19	158	42.67	1.67	158
2009	ENERO	33.01	1.01	200	42.67	1.11	200
	FEBRERO	32.93	0.94	188	42.11	0.87	188
	MARZO	32.56	0.92	204	41.98	0.76	204
	ABRIL	32.54	0.98	186	41.48	0.67	186
	MAYO	32.49	0.93	138	41.15	0.94	138
	JUNIO	33.02	1.11	96	42.21	1.02	96

NOTA: Cada N° de ENS provienen del Ensayo de un Testigo (Viga).

CUADRO 3.13. Resultado del Ensayo a Flexión del Concreto a/c 0.53

- Los valores promedios de la Desviación Estándar a 7 días:
  - Concreto a/c 0.50: 2.08.
  - Concreto a/c 0.53: 1.23.

Estando dentro de los valores recomendados.

- También podemos apreciar el aumento de resistencia en el mes de agosto 2007.

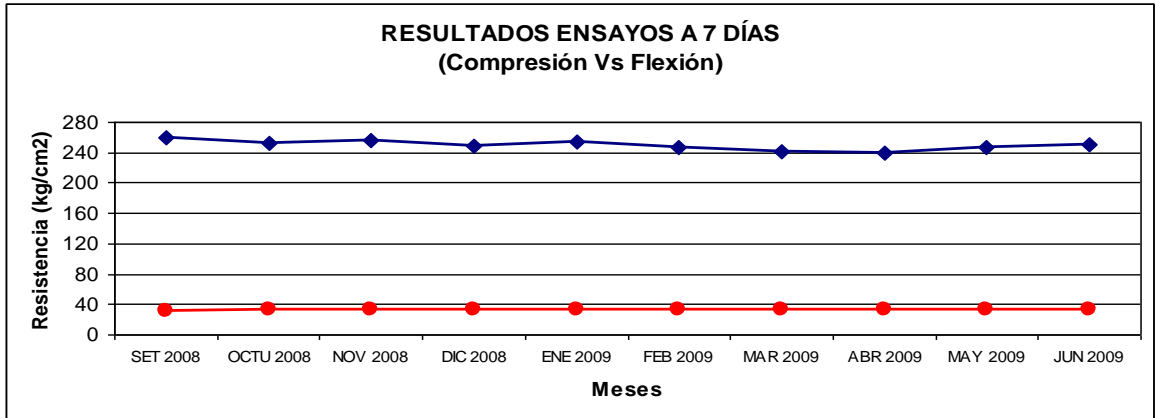


IMAGEN 3.23, Valores Comparativos: Compresión Vs. Flexión a 7 días.



IMAGEN 3.24. Ensayo a Flexión de una Viga.

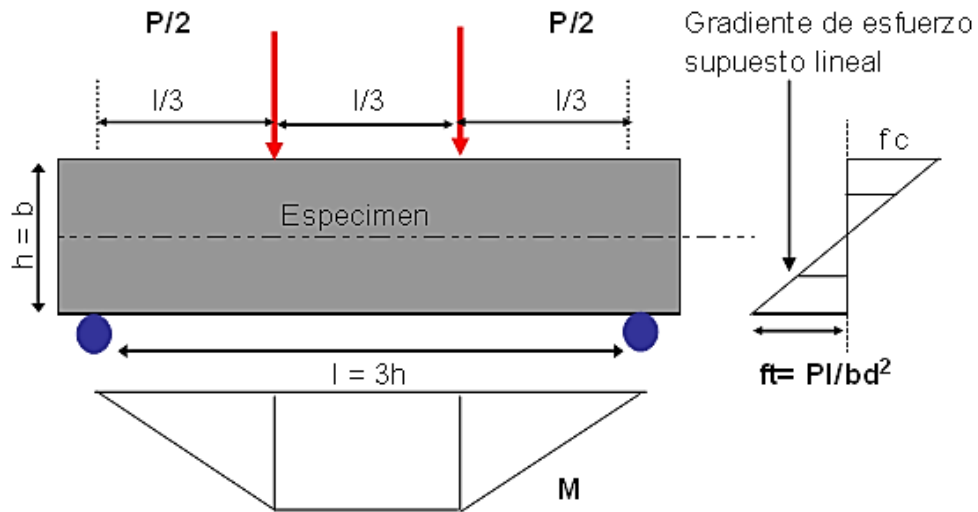


IMAGEN 3.25. Esquema del ensayo a flexión.

Después de realizar una determinada cantidad de ensayos logramos obtener un valor de conversión, aproximado, con la finalidad de obtener un valor de resistencia a compresión, con el dato obtenido del ensayo a flexión:

- A 7 días: Resultados a Flexión (7.6) = Resultado a Compresión.
- A 28 días: Resultado a Compresión (7.7) = resultado a Compresión.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. DISEÑOS DE PLANTA.

Durante el proyecto, despachamos 16 tipos de diseños. El concreto para las Estructuras BCR ocupó el 81.86% del total, el concreto para las Losas fue el 6.62% y los concretos restantes 11.42%.

El cuadro siguiente muestra todos los volúmenes por diseños que fueron atendidos desde nuestra planta, en donde se indica el tipo de estructura vaciada y el volumen total despachado por diseño.

CODIGOS DE DISEÑOS	PARA QUE TIPO DE ESTRUCTURA	VOLUMEN TOTAL (m <sup>3</sup> )	PORCENTAJE (%)
5100N57A	SOLADOS.	397.00	0.42%
5140N7D	RELLENO DE LADRILLOS.	1,155.50	1.21%
5230N467A50	CIMENTACIÓN CERCO.	7,441.00	7.82%
5240N467A50	BCR PRIMERA ETAPA.	11,311.50	11.88%
5240N467A53	BCR SEGUNDA ETAPA.	66,607.00	69.98%
5250N57A*	ADICIONALES	1,258.50	1.32%
5315E467A45	VIGA PRINCIPAL	41.00	0.04%
P250N57B	ADICIONALES	54.00	0.06%
P350N57B40**	ESTRUCTURAS MARITIMAS	270.00	0.28%
P400N57B40***	LOSAS	6,646.00	6.98%
		95,181.50	100.00%

\* Adicionales, 230 m<sup>3</sup> de este diseño fue vaciado en la Cantera de CDB.

\*\* Adicionales, 18.50 m<sup>3</sup> de este diseño fue vaciado en la Cantera de CDB.

\*\*\* Losas, 250 m<sup>3</sup> de este diseño fue vaciado en el Muelle.

CUADRO 4.1. Volúmenes totales atendidos.

Según el cuadro anterior podemos determinar:

- El 69.98% del concreto total fue para las estructuras BCR.
- El 6.98% fue para las Losas Pre-fabricadas.
- El 23.04% para los concretos restantes.

DISEÑOS DE PLANTA (EN PESO)											
CODIGOS DE DISEÑOS	CEMENTO TIPO V (kg)	CEMENTO TIPO IP (kg)	ARENA (kg)	PIEDRA HUSO 57 (kg)	PIEDRA HUSO 67 (kg)	PIEDRA HUSO 7 (kg)	PIEDRA HUSO 467 (kg)	ADITIVO POLYHEED 770R (lt)	ADITIVO RHEOBUILD 1000 (lt)	ADITIVO MB-VR (LT)	AGUA (lt)
5100N57A	205.00	0.00	984.00	976.00	0.00	0.00	0.00	0.86	0.00	0.00	205.00
5140N57A	240.00	0.00	934.00	1003.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	204.00
5140N7D	290.00	0.00	1085.00	0.00	0.00	753.00	0.00	0.87	3.48	0.00	204.00
5210N57A	290.00	0.00	896.00	1022.00	0.00	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	198.00
5210N67A	295.00	0.00	896.00	0.00	963.00	0.00	0.00	1.18	0.00	0.00	204.00
5230N467A50	285.00	0.00	909.00	0.00	0.00	0.00	1111.00	1.14	3.14	0.00	161.00
5240N467A	270.00	0.00	915.00	0.00	0.00	0.00	1135.00	0.95	3.51	0.00	150.00
5240N467A50	270.00	0.00	913.00	0.00	0.00	0.00	1132.00	0.95	3.51	0.00	150.00
5240N467A53	270.00	0.00	777.00	0.00	0.00	0.00	1265.00	0.54	2.16	0.00	160.00
5250N57A	315.00	0.00	853.00	1035.00	0.00	0.00	0.00	1.26	0.00	0.00	199.00
5280N57A	345.00	0.00	802.00	1055.00	0.00	0.00	0.00	1.38	0.00	0.00	199.00
5315E467A45	340.00	0.00	829.70	0.00	0.00	0.00	1045.80	1.02	0.00	0.07	201.00
P140N7D	0.00	290.00	1117.00	0.00	0.00	689.00	0.00	1.16	3.48	0.00	210.00
P250N57B	0.00	340.00	803.00	1070.00	0.00	0.00	0.00	1.70	1.70	0.00	180.00
P350N57B40	0.00	410.00	713.00	1132.00	0.00	0.00	0.00	2.05	4.92	0.00	174.00
P400N57B40	0.00	490.00	625.00	1081.00	0.00	0.00	0.00	2.45	3.92	0.00	198.00

CUADRO 4.2. Diseño de Planta, en Peso.

Con la finalidad de atender los requerimientos de concreto, empleamos varios tipos de insumos, entre ellos:

- Desde Lima empleamos los cementos (Cementos Lima) y los aditivos (BASF).
- Desde cantera TOPARA, ubicada en los límites de Chincha, administramos la explotación, fabricación y transporte de agregado.
- Desde Cañete transportamos el agua (proporcionada por CDB, según contrato).

A continuación presento un cuadro con las cantidades aproximadas de insumos empleados durante todo el proyecto:

<b>INSUMO</b>	<b>CANTIDADES*</b>
<b>CEMENTO TIPO V (toneladas)</b>	23,992.32
<b>CEMENTO TIPO IP (toneladas)</b>	3,385.60
<b>ARENA (toneladas)</b>	75,984.60
<b>PIEDRA H57 (toneladas)</b>	9,237.77
<b>PIEDRA H7 (toneladas)</b>	870.09
<b>PIEDRA H467 (toneladas)</b>	105,362.79
<b>ADITIVO POLYHEED 770R (litros)</b>	75,130.46
<b>ADITIVO RHEOBUILD 1000 (litros)</b>	238,225.81
<b>ADITIVO MB-VR (litros)</b>	2.79
<b>AGUA (litros)</b>	15,505,226.50

\*Cantidades aproximadas de INSUMOS, usados en la producción de nuestro concreto durante todo el proyecto.

Del 100% de cemento empleado durante el proyecto el 87.63 % fue de TIPO V.

Del 100% de aditivos usados en el proyecto el 76.02% fue de RHEOBUILD 1000.

**CUADRO 4.3. Total de Insumos Utilizados Durante el Proyecto.**



## 4.2. DISEÑOS ADICIONALES AL CONTRATO.

Le planteamos a CDB obtener concretos con las características necesarias para cada una de sus estructuras, mejorando sus rendimientos y resultados elaboramos un plan de mejoras, obteniendo cubrir las expectativas de nuestro cliente, en los concretos adicionales al contrato.

### a) CONCRETO PARA LA CANTERA CULEBRILLAS.

En el mes de setiembre del 2007, CDB solicitó presupuestar el envío de dos tipos de concretos, despachados frecuentemente a sus diferentes frentes de vaciados dentro del proyecto, a la Cantera Culebrillas (propiedad de CDB), la cual se encontraba a 26 kilómetros de distancia de la planta.



IMAGEN 4.1. Cantera Culebrillas – CDB, perforadora de cdb y del área de extracción - lugar cantera culebrillas km 26.

Teniendo en cuenta:

- El tiempo del trayecto.
- La velocidad máxima en el trayecto (60 km/h).

- La diferencia de altura, Planta 50 msnm y Cantera 1,820 msnm (las unidades cargadas viajarían de subida).
- La falta de comunicación en todo el trayecto.

Procedimos a presupuestar este concreto, en donde después de considerar todos los gastos adicionales de producción (fijos y variable), transporte y gastos generales, se logró una utilidad de 40% del costo total.

#### b) CONCRETO PARA CERCO PERIMÉTRICO.

A fines del mes de noviembre del 2007, CDB inició sus trabajos en el cerco perimétrico, el cual protegería el área lateral y frontal de todo el proyecto, con una extensión de 7 km. de longitud aproximadamente y una altura de 3 m. Para lo cual requería dos tipos de concretos, uno para los cimientos y sobrecimientos (elaborado en planta) y el otro (concreto fluido elaborado en Lima) para los vaciados interiores de los ladrillos que el área de Prefabricados de UNICON le vendería.



IMAGEN 4.2. Vaciado en el Cerco Perimétrico.

Solo en el caso del concreto fluido se tomó el diseño enviado de Lima, para este concreto solicitamos a nuestra cantera la fabricación de Piedra Huso 7.



IMAGEN 4.3. Ensayo de slump, Asentado de Bloquetas y Muestreo de Testigos (a pie de obra tomado por CDB).

Según el acuerdo con CDB:

- En planta, UNICON realizaba la prueba de slump y toma de muestras probetas.
- En Obra, CDB tomaba las muestras de prisma.
- En Planta, UNICON ensayaba a compresión los cilindros y los prismas.

#### c) CONCRETO PARA EL MUELLE.

En diciembre del 2008, CDB nos solicitó presupuestar el incremento de precio que tendría nuestro concreto, utilizado en las losas prefabricadas, al ser transportado y vaciado en estructuras del muelle. Tomando en cuenta el trayecto y la demora de vaciado decidimos manejar una utilidad sobre el costo del 40%.

Después de varias conversaciones y correos de por medio CDB aceptó el incremento de precio, formando a pasar parte de un nuevo aporte a las Utilidades de nuestra planta.

### **4.3. CANTERA TOPARA.**

Contar con una cantera a nuestra disposición fue uno de los principales pilares para alcanzar nuestro objetivo, teniendo en cuenta los siguientes puntos favorables:

- Esta cantera producía un material de buena calidad, el cual cumplía con los aspectos requeridos en la norma ASTM C33 y las ASTM relacionadas a esta, además de obtener valores aceptables en los ensayos de dureza (valores obtenidos del ensayo de Los Ángeles entre 25 y 35%, según la ASTM C131), punto importante en las especificaciones de nuestro cliente.
- Personal de experiencia en el manejo de canteras y agregados.

<b>PERSONAL DE CANTERA</b>	
<b>APELLIDOS Y NOMBRE</b>	<b>CARGO</b>
AGUADO REYNOSO Enrique	Jefe de Operaciones y Mantto.
DIAZ JUSTINIANO Cesar	Asistente operativo de Almacén
JALLO PONCE José	Op. De Planta de Chancadora
HUERTA TARAZONA Edison	Op. De Planta de Chancadora
MIRANDA VELASCO Samuel	Op. De Planta de Chancadora
GUDIEL RAMIREZ Edwar	Op. De Planta de Chancadora
VELASQUEZ JARAMILLO Rafael	Op. De Cargador Frontal
AYLLON CALDERON Ángel	Ayudante de Mantenimiento
PRADA RAMOS Larry	Electricista Industrial
YUCRA CHOQUE Miguel	Técnico de Laboratorio
NUNURA ARONI Alexander	Técnico de Laboratorio
APONTE MENDOZA Miguel	Técnico de Laboratorio

CUADRO 4.4. Personal de Cantera Topara

- Ubicación estratégica, situada en la Carretera Panamericana Sur km. 179, aproximadamente a 10 km. de la puerta principal del proyecto. Nuestra planta chancadora estaba ubicada en la parte superior del río Topara, siendo esta la zona principal de extracción de agregado global, el cual era transportado hasta el pie de planta en donde ingresaba al proceso de chancado.





IMAGEN 4.4. Cantera Topara UNICON.

En el cuadro siguiente se muestran los equipos de nuestra planta procesadora de agregados.

<b>PLANTA y EQUIPOS</b>		
<b>MAQUINA</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>
CHANCADORA PRIMARIA	FACO	8050C
CHANCADORA SEGUNDARIA	FACO	90TS
ZARANDA VIBRATORIA	FINLAY	390C

CUADRO 4.5. Equipos de Nuestra Cantera.

En el cuadro siguiente se aprecia el rendimiento que tenía nuestra chancadora, teniendo en cuenta que paralelamente a la producción de cualquier huso de agregado grueso producíamos la misma cantidad de arena.

<b>RENDIMIENTO DE PLANTA.</b>	
<b>MAQUINA</b>	<b>RENDIMIENTO (m<sup>3</sup>/hora)</b>
PIEDRA HUSO #7	18
PIEDRA HUSO #67	38
PIEDRA HUSO #57	48
PIEDRA HUSO #467	65
ARENA GRUESA	35

CUADRO 4.6. Rendimiento de Planta

## **4.4 ANÁLISIS DE LOS PREFABRICADOS.**

### **4.4.1 LOSAS.**

Debido a la necesidad de contar con una estructura capaz de resistir el tránsito de vehículos pesados, se diseñaron losas de concreto armado las cuales deberían tener la capacidad de absorber estas cargas y de resistir grandes esfuerzos a compresión y tracción. Estas losas serian empleadas en el muelle principal y en el muelle perpendicular denominado Rlof.

- **CANTIDAD.**

Se construyeron 710, para un total de 5,680 m<sup>3</sup> de concreto, losas distribuidas de la siguiente forma:

- 480 losas de 8 m<sup>3</sup> c/u, para el muelle principal.
- 80 losas de 8 m<sup>3</sup> c/u, para el muelle temporal.
- 100 losas de 8 m<sup>3</sup> c/u, para el Rlof o muelle perpendicular.



d) 50 losas de 8 m<sup>3</sup> c/u, para los Dolphins de amarre y atraque.

En todas las estructuras para el muelle, incluyendo las Losas, se empleó un total de 6,578 m<sup>3</sup> en el muelle.

- INCONVENIENTES.

Los principales problemas en la fabricación y traslado de losas:

a) Exceso de barras en los paquetes de acero, lo cual actuaba como una especie de zaranda, separando los agregados de la pasta.



CUADRO 4.5. Acumulación de acero en las Losas.

CDB reemplazo algunos paquetes de acero con barras de diámetros de mayor dimensión.

b) Los puntos de levantamiento se encontraban en los extremos de la losa a 8.5 m. de distancia uno del otro, teniendo en cuenta las dimensiones de esta estructura (largo 9 m, ancho 3 m y espesor 0.3 m), los esfuerzos que absorbía la losa al ser levantada superaban la resistencia del concreto, provocando la fisuración de la estructura.

CDB calculo otra zona de levantamiento colocando ganchos en el centro de la luz (Imagen 27, foto central) y también coloco ganchos a 6 metros (Imagen 27, foto de la derecha).



IMAGEN 4.6. Problema y Soluciones del transporte de Losas.

- **DATOS IMPORTANTES.** El muelle principal alcanzó una longitud de 1,280 metros y el muelle perpendicular 300 metros.

#### 4.4.2 BCR.

Al no contar con rocas, de gran tamaño, capaces de resistir el golpe de las olas, se tomó la decisión de fabricar las estructuras BCR, diseñadas para absorber el golpe constante del movimiento marino.

- **CANTIDAD.**

Se construyeron 1,981 BCR, para un total de 77,308 m<sup>3</sup>, distribuyéndose de la siguiente forma:

- 713 Unidades de 8 m<sup>3</sup> c/u, para el RLOF (5,704 m<sup>3</sup> de concreto)
- 1,268 Unidades de 8 m<sup>3</sup> c/u (10,144 m<sup>3</sup> de concreto) y 12,292 Unidades de 5 m<sup>3</sup> c/u (61,460 m<sup>3</sup> de concreto), para el muelle principal.

Se emplearon para el relleno del rompeolas rocas traídas desde la cantera de CDB, distribuyéndose de la siguiente forma:

- 1'040,536 m<sup>3</sup> de roca para el rompeolas principal.
- 175,484 m<sup>3</sup> de roca para el rompeolas secundario o también denominado muelle de carga.

- INCONVENIENTES.

Los principales problemas que se presentaron:

- a) El vibrado del concreto, no era el adecuado, en algunas oportunidades excedían el tiempo del mismo, teniendo que capacitar constantemente a los operarios que realizaban este trabajo.
- b) Las juntas de la base del encofrado en la zona inferior, es decir entre el encofrado y la plataforma, no estaba debidamente sellada, dejando escapar la pasta de cemento.



IMAGEN 4.7. Ocurrencias con las estructuras BCR.

- c) En varias oportunidades se cometió el error de emplear excesivo líquido desmoldante en las paredes de los encofrados del BCR, afectando su acabado y a la vez cambiando la coloración en algunas partes de la estructura.
- d) Con la finalidad de reducir el tiempo de fabricación de las estructuras BCR, se cometió el error de querer desencofrar prematuramente, provocando el desprendimiento de concreto en la parte superior y en algunos casos la fisuración completa de la estructura.

La colocación de los BCR se inició en la zona del RLOF y posteriormente con la colocación en el rompeolas principal.

## DATOS IMPORTANTES

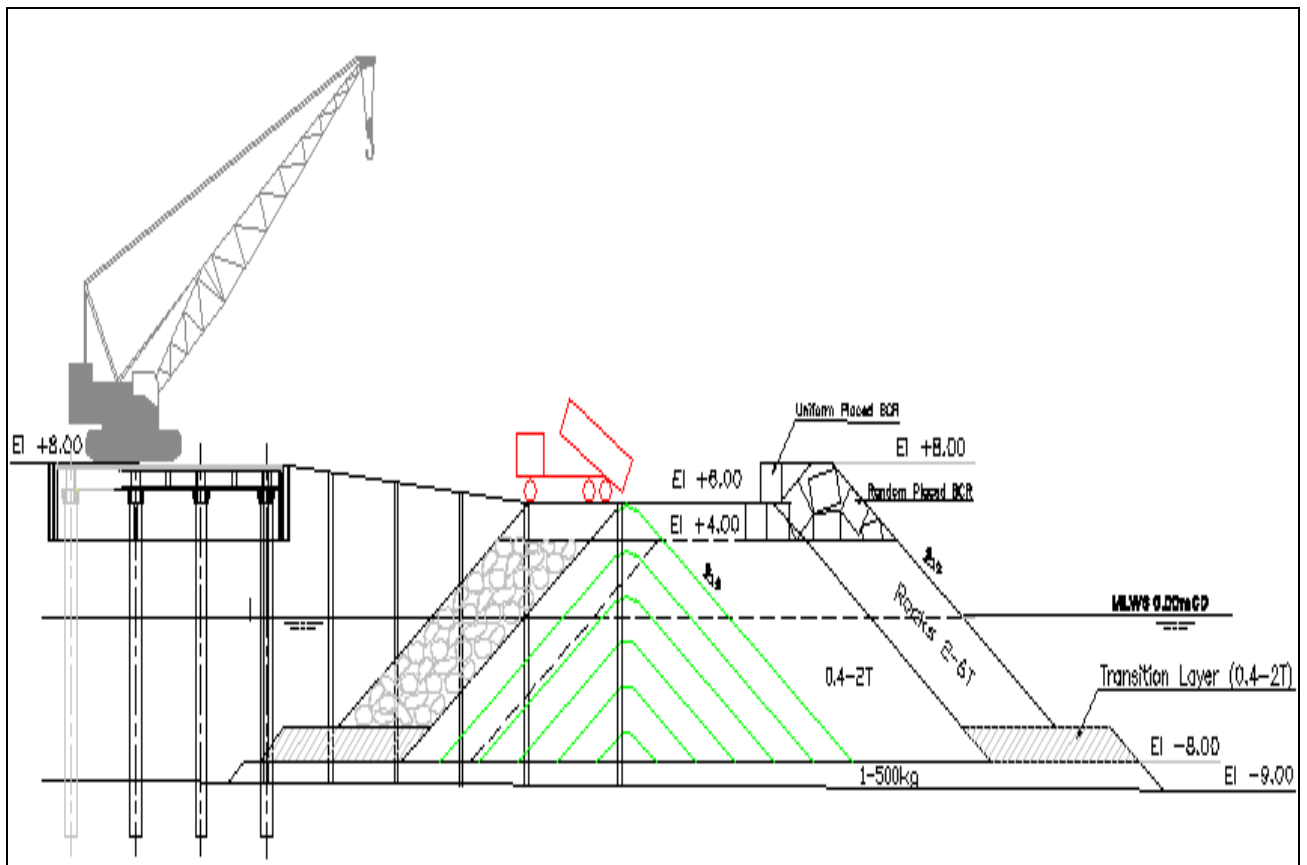
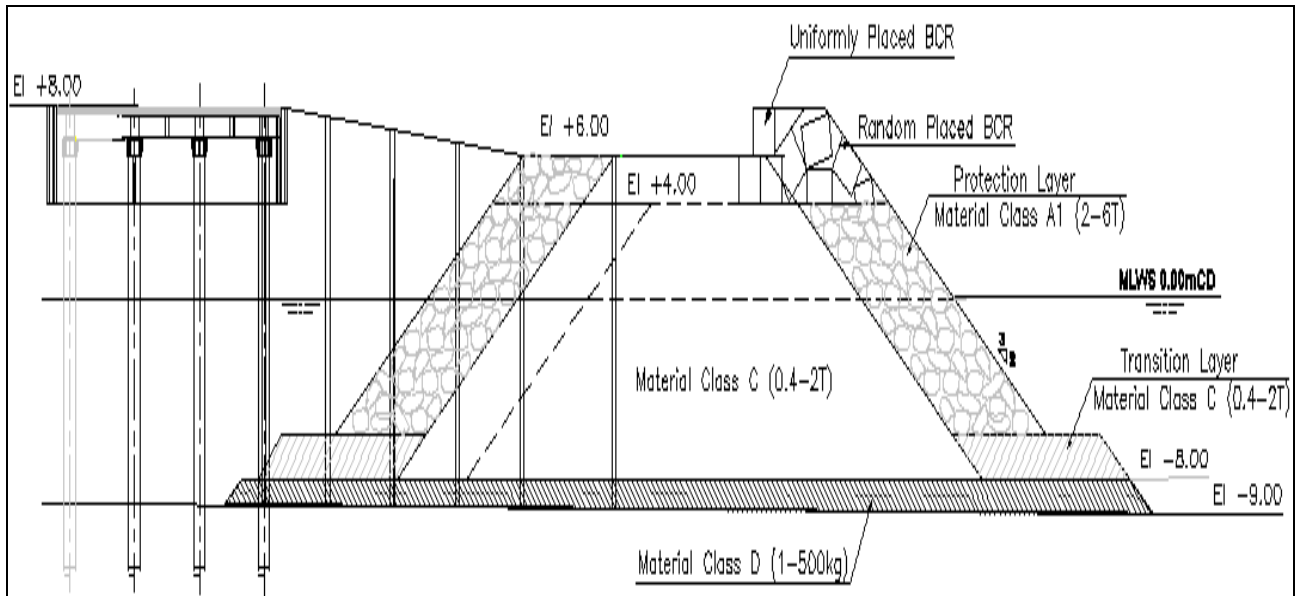


IMAGEN 4.7. Corte en Elevación del RLOF.



El Rompeolas Principal tiene 800 m de largo, por 24 m de ancho, con un área expuesta sobre el nivel del mar de 8 m.

El RLOF tiene 275 m de largo, por 85 de ancho, con un área expuesta sobre el nivel del mar de 8 m.



IMAGEN 4.8. Inicio de Colocación en el RLOF.

#### **ENSAYOS ADICIONALES POR PARTE DEL CLIENTE:**

Después de producir 500 BCR, COLP seleccionaba 2 estructuras para ser ensayados, por un método de ensayo destructivo, caída libre 2.5 m sobre una losa de concreto armado, después de 5 caídas la estructura debería de perder como máximo el 20% de su peso, durante todos los ensayos que se realizaron en el proyecto nuestras estructuras solo llegaron a perder un máximo 8% de su peso.



IMAGEN 4.9. Ensayo destructivo de los BCR

## 4.5. SEGURIDAD y MEDIO AMBIENTE.

Las normas, reglamentos y políticas de seguridad y medio ambiente empleadas en este proyecto, cumplieran con los estándares utilizados a nivel mundial, comparados con los reglamentos de seguridad en las minas, los bancos internacionales brindaron sus normas para ser plasmadas en este proyecto.

Motivo por el cual nos llevó a desarrollar:

- Charlas de seguridad diaria, antes del inicio de los trabajos.



IMAGEN 4.10. Izquierda: Charla de seguridad entre el personal de CDB y UNICON.

- Desarrollar y llenar los Análisis de Trabajo Seguro diariamente para las labores dentro de planta.
- Revisión y cambio periódico de todos los Equipos de Protección Personal.
- Formar brigadas de auxilio contra incidentes o accidentes.
- Llenar un formato de inspección diario de c/u de nuestras unidades y equipos.
- Acudir cada 3 meses a renovar todos nuestros permisos.



- Elaboración y difusión periódica de nuestro plan de contingencias e identificación de riesgos dentro de planta.
- Elaboración, difusión y publicación de las hojas MSDS de cada uno de los productos peligrosos y no peligrosos dentro de nuestra planta.
- El uso constante de señalizaciones preventivas, indicativas y de seguridad en general.

## 5. ANÁLISIS FINAL

Pampa Melchorita es considerado uno de los proyectos más grandes en la historia del Perú.

Para UNICON fue un verdadero reto teniendo en cuenta el alcance y la influencia de este proyecto, relacionado íntegramente al desarrollo y progreso de la economía nacional.

### 5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los aditivos empleados en nuestra mezcla de concreto (Polyheed 770R y Rheobuild 1000), cumplieron con lo requerido, referente al comportamiento, en estado fresco, de nuestras mezclas de concreto.
- Con relación a estos insumos detallo su comportamiento y recomendaciones de dosificación en las páginas 23 y 24.
- El cemento tipo IP presentó problemas durante el periodo de verano, perdiendo 1” de slump, más de lo esperado, relaciono este problema a la diferencia de área superficial entre las partículas de este insumo con los otros tipos de cemento, al tener mayor área superficial absorbe más rápido el agua de diseño, generando que el aluminato tricálcico reaccione de manera inmediata, lo cual elevaba la temperatura de la mezclas.
- Recomiendo utilizar relaciones agua/cemento para concreto armado de 0.40 y para estructuras solo de masa de concreto 0.50, considerando que en ambos casos estarán sometidos al ambiente marino.
- Con la finalidad de no tener problemas de álcalis/sílice manejar peso total en la mezcla 3 kilos/m<sup>3</sup> de álcalis.
- En todo momento para garantizar la permeabilidad de las estructuras debemos buscar como reducir las dimensiones y las cantidades de poros capilares, expuestos en las caras de las estructuras (en contacto directo con el ambiente marino).
- En ningún caso se recomienda el uso de fibra metálica en las mezclas de concreto, en ambientes marinos, estas fibras pueden actuar como punto de transferencia de corrosión.

- En las estructuras de masa (concreto sin refuerzo) se debe trabajar con el mayor huso granulométrico de agregado grueso, con la finalidad de controlar el tema de estabilidad volumétrica.
- En concretos con relación agua cemento menores a 0.40 se debe de trabajar con cementos con un contenido de Aluminato Tricálcico por debajo de 6%., con la finalidad de reducir los problemas de temperatura los cuales afectan la estabilidad volumétrica.
- Con la finalidad de reducir la temperatura del concreto en lugares cálidos se recomienda además de usar agua fría, mojar el agregado con esta agua y de ser posible hacerle sombra (taparlo).
- En este tipo de proyectos es de vital importancia, para alcanzar los objetivos, conocer e interpretar los resultados de los ensayos de concreto tanto en estado fresco como endurecido, además de los ensayos físicos y químicos de los materiales, estos conocimientos nos llevaran a lograr un concreto de buena calidad.