

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**COLOCACIÓN DEL SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO EN EL
CONCRETADO DE LA TUBERÍA DE BLINDAJE-TUNEL DE
ADUCCIÓN-CENTRAL HIDROELECTRICA CHAGLLA-HUANUCO**

INFORME DE SUFICIENCIA

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

RONALD ENCISO QUISPE

Lima-Perú

2014

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	4
LISTA DE CUADROS	6
LISTA DE GRAFICAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	10
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES	
1.1 ANTECEDENTES	13
1.2 JUSTIFICACION	15
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.4 DEFINICION DE LOS OBJETIVOS	16
1.4.1 Objetivo Principal	16
1.4.2 Objetivos Específicos	16
1.5 MARCO TEORICO	16
CAPÍTULO II: MATERIALES UTILIZADOS PARA LA ELABORACION DEL CONCRETO	
2.1 AGREGADOS FINO Y GRUESO	17
2.1.1 Generalidades	17
2.1.2 Agregado Fino	18
2.1.3 Agregado Grueso	18
2.2 CEMENTO	20
2.2.1 Generalidades	22
2.2.2 Cemento Andino Tipo IP	22
2.2.3 Control de Calidad del Cemento Andino Tipo IP	
2.3 ADITIVO	27
2.3.1 Generalidades	27
2.3.2 Tipos de Aditivo	27
2.4 AGUA	29
2.4.1 Generalidades	29
2.4.2 Requisitos que debe Cumplir el Agua	30

CAPÍTULO III: INSTALACION Y COLOCACION DE LA TUBERIA DE BLINDAJE

3.1	INSUMOS, EQUIPOS E INSTALACIONES RELACIONADAS	31
3.1.1	Insumos	31
3.1.2	Equipos	33
3.1.3	Instalaciones Relacionadas	36
3.2	DESCRIPCION DEL PREMONTAJE Y MONTAJE	
3.2.1	Recepción en Obra y Descarga	37
3.2.2	Armado de Tubos	38
3.2.3	Soldadura de Tubos	38
3.2.4	Almacenamiento de Tubos	39
3.2.5	Montaje de 2 Tubos en Viradores Motorizados	39
3.2.6	Soldadura Entre 2 Tubos de Blindaje	39
3.2.7	Montaje de 2 Pares de Tubos de Blindaje	40
3.2.8	Soldadura entre 2 Pares de Tubos de Blindaje	40
3.2.9	Montaje en el Túnel de Aducción	41
3.2.10	Soldadura en el Túnel de Aducción	41

CAPÍTULO IV: MEZCLADO TRANSPORTE Y COLOCACION DEL CONCRETO 25 MPa

4.1	MEZCLADO	42
4.1.1	Mezclado en Planta	42
4.1.2	Tiempo de Mezclado	42
4.1.3	Temperatura de la Mezcla	42
4.2	TRANSPORTE	43
4.2.1	Mezclado y transporte en camiones de concreto Mixer	44
4.2.2	Descarga	45
4.3	COLOCACION	45
4.3.1	Inspección y ensayo para la recepción del concreto	45
4.3.2	Temperatura de colocación del concreto	45
4.3.3	Colocación del concreto	46

CAPÍTULO V: COLOCACION DEL SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO

5.1	HABILITACION DEL SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO	51
5.2	INSTALACION DEL SERPENTIN	51
5.3	FUNCIONAMIENTO DEL SERPENTIN	53
5.4	CONTROL DE LA TEMPERATURA	55

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	CONCLUSIONES	61
6.2	RECOMENDACIONES	62

BIBLIOGRAFIA	63
---------------------	-----------

ANEXOS	64
---------------	-----------

RESUMEN

La Central Hidroeléctrica Chaglla está ubicada en el Distrito del mismo nombre, Provincia de Pachitea - Departamento de Huánuco. Esta Hidroeléctrica está conformada por la Presa que se encuentra ubicada en las coordenadas UTM (W 408.440 y S 8.928.080), el Túnel de aducción de $L=14.8\text{km}$ y la Casa de Máquinas en superficie emplazada en las coordenadas (W 402.721 y S 8.938.794).

El presente informe trata de la colocación de concreto de resistencia $f'c=25\text{MPa}$, en la zona comprendida entre la sección del Túnel tipo herradura ($h=8\text{m}$) y el tubo de blindaje, con un diámetro de $D=6.20\text{m}$ en la salida del Túnel de aducción en una longitud de 264m , la cual se bifurca en dos ramales de 3.10m de diámetro cada una de ellas, que conducirán las aguas a las 2 turbinas tipo Francis de la Casa de Máquina.

Los temas referentes a la instalación de los tubos de blindaje colocados en los 264 m de la salida del Túnel de aducción, comprendió la limpieza del material suelto con retroexcavadora y la eliminación de este material mediante camiones tipo volquetes.

La roca recibió un tratamiento de lavado con agua y aire a presión lográndose retirar todo el material fino de tal manera que ésta quedó totalmente limpia con la finalidad de lograr una buena adherencia al concreto de resistencia de $f'c=10\text{ MPa}$, que se colocó en el solado de la estructura de blindaje, del Túnel de aducción de la Hidroeléctrica.

Se colocó el solado, hasta los niveles que indicó el Topógrafo con una pendiente de 1% , después de haber fraguado en un lapso de cuatro a cinco horas de haberse concluido con la colocación del concreto, se aplica agua y aire a presión que consiste en retirar el material fino del concreto conocido como la escarificación, dejando al área de contacto totalmente rugosa a este tratamiento y/o procedimiento se le llama el corte verde.

A continuación, se procede a colocar en forma consecutiva los tubos de blindaje conformados por tramos de 12m cada uno, donde aproximadamente se colocaron unos 330m^3 en cada uno, de los 22 tramos de la tubería de blindaje del Túnel de aducción.

En este contexto y durante el proceso de fraguado de los concretos se colocó la Termocupla, con la finalidad de obtener el registro de las temperaturas del

concreto; los cuales durante un periodo de 24 a 30 horas de haber concretado, registraron temperaturas promedio de 55°C, de mucho riesgo y perjudicial para los tubos de blindaje siendo necesario controlarlo.

Debido al calor generado por el concreto, se propuso colocar tuberías de PVC de 1", en forma de "S", denominados serpentines de enfriamiento, con la finalidad de controlar la temperatura del concreto, haciendo ingresar y fluir el agua por la tubería con la finalidad de enfriar el concreto en la parte interna y que a consecuencia se alcanzó como máximo una temperatura de 50.1°C.

Se continúa con el curado de concreto con serpentín de enfriamiento, debiéndose reducir a 40°C, con la finalidad de liberar la zona para colocar el siguiente tubo de blindaje y así sucesivamente continuar, hasta concluir con los 264m de tubería de blindaje.

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 2.1.- Características del Agregado fino 3/16"	7
Cuadro N° 2.2.- Distribución Granulométrica del Agregado Fino 3/16" ASTM C33	8
Cuadro N° 2.3.- Características del Agregado Grueso 3/8"	10
Cuadro N° 2.4.- Distribución Granulométrica del Agregado Grueso 3/8" ASTM C136	10
Cuadro N° 2.5.- Ensayos físicos del Fabricante - Cemento Andino Tipo IP	13
Cuadro N° 2.6.- Ensayos Físicos realizados en Laboratorio de la Obra Cemento Andino Tipo IP	14
Cuadro N° 2.7.- Datos estadísticos de ensayos físicos del Cemento Andino Tipo IP	14
Cuadro N° 2.8.- Ensayos Químicos del fabricante - Cemento Andino Tipo IP	15
Cuadro N° 2.9.- Control de la temperatura del Cemento Andino Tipo IP al momento de la descarga - Planta de concreto Casa de Maquina	16
Cuadro N° 2.10.- Resultado de análisis estadísticos de las pruebas realizadas en la FABRICA / LABO	18
Cuadro N° 2.11.- Resultado de análisis límites de Agua ASTM C 1602-06	20
Cuadro N° 2.12.- Control estadístico de ensayos de Agua – Planta de concreto Casa de Maquinas	20
Cuadro N° 3.1.- Características del tubo de blindaje	22
Cuadro N° 3.2.- Características de las tuberías pares	22
Cuadro N° 5.1.- Lecturas de la Termocupla a cada hora	46

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica N° 2.1.- Curva granulométrica del agregado fino 3/16” ASTM C33	8
Gráfica N° 2.2.- Curva granulométrica del agregado grueso 1” ASTM C136	11
Gráfica N° 4.1.- Planta del sector de concretado de la tubería de Blindaje	38
Gráfica N° 4.2.- Corte A-A del sector de concretado de la tubería de blindaje.	38
Gráfica N° 4.3.- Perfil del concretado de la tubería de blindaje	39
Gráfica N° 5.1.- Lectura de la Termocupla (C) VS. Tiempo (Hrs)	48

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 2.1.- Acopio del agregado fino - Planta de concreto Casa de Maquina	9
Figura N° 2.2.- Acopio de la gravilla 3/8" - Planta de concreto Casa de Maquina	11
Figura N° 2.3.- Toma de muestra del Cemento Tipo IP, para el control de Temperatura	17
Figura N° 2.4.- Almacenamiento de Aditivo a granel en la Planta de concreto Casa de Maquina	19
Figura N° 3.1.- Cargador agrícola empujando el tubo de blindaje a su posición final	21
Figura N° 3.2.- Formación de un anillo de la virola	23
Figura N° 3.3 Equipo de soldadura tractor SAW-SAM, uniendo los tubos del blindaje	24
Figura N° 3.4.- En primer plano el remolcador y camabaja trasladando los tubos de blindaje, en segundo plano la grua terex RT 555-1	25
Figura N° 3.5.- Galpón donde se une los 2 tubos de blindaje de 6m cada una	27
Figura N° 4.1.- Control de la Temperatura del Concreto	33
Figura N° 4.2.- Carguío del concreto en camiones – Mixer	34
Figura N° 4.3.- Procedimiento adecuado de la descarga del concreto a la batea de la bomba telescópica	35
Figura N° 4.4.- Limpieza de roca para colocación del solado	36
Figura N° 4.4.- Mixer descargando concreto en el camión (Bomba Telescópica)	39
Figura N° 4.5.- Tubería instalada por el andamio Ulma	40
Figura N° 4.6.- Tubería transportando el concreto	40
Figura N° 4.7.- Colocación del concreto en el lado derecho de los tubos de blindaje.	41
Figura N° 5.1.- Tubería de inicio del serpentín de enfriamiento lado Izquierdo	42
Figura N° 5.2.- Separación de 1m entre cada tubería del serpentín	42
Figura N° 5.3.- Serpentín de enfriamiento – Instalado	42
Figura N° 5.4.- Salida del agua por el serpentín de enfriamiento	

lado derecho.	44
Figura N° 5.5.- Salida del agua por el serpentín de enfriamiento	
Lado izquierdo.	44
Figura N° 5.6.- Ingreso del agua por ambos ramales del serpentín	
de enfriamiento.	45
Figura N° 5.7.- Sección transversal de la estructura, ubicación del cable	
de la Termocupla.	46
Figura N° 5.8.- Lectura máxima de la Termocupla.	49
Figura N° 5.9.- Lectura de la Termocupla.	49

LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

	Pág.
H= Altura	14
D= Diametro	14
%= Porcentaje	14
Desv= Desviación	10
LABO= Laboratorio de la Obra	18
LABEX: Laboratorio Externo – ARPL	18

INTRODUCCION

El Proyecto de la Central Hidroeléctrica Chaglla, comprende una Presa tipo enrocado, emplazada en el Río Huallaga situada a 1,8 km aguas arriba de la desembocadura de la quebrada Lluto, un Túnel de aducción de 14.8 km de longitud con una chimenea de equilibrio y una Casa de Máquinas externa a 2,6 km aguas abajo de la desembocadura de la quebrada Chimao, afluente del Río Huallaga.

El presente informe describe las principales actividades de la elaboración, transporte, colocación y curado del serpentín de enfriamiento del concreto en la tubería de blindaje de la salida del túnel de aducción de la Central Hidroeléctrica Chaglla, Proyecto ubicado en el Distrito de Chaglla, Provincia de Pachitea Departamento de Huánuco.

En el capítulo I, se describe los antecedentes del Proyecto de la Central Hidroeléctrica, que comprende una Presa tipo enrocado en el Río Huallaga situada a 1,8 km aguas arriba de la desembocadura de la quebrada Lluto, un túnel de aducción de 14.8 km de longitud con chimenea de equilibrio y una Casa de Máquinas externa a 2,6 km aguas abajo de la desembocadura de la quebrada Chimao. Además de la Justificación, Planteamiento del Problema, Definición de los Objetivos y el Marco Teórico.

En el capítulo II, se realiza una breve descripción de los agregados finos y gruesos con sus respectivos cuadros granulométricos, del Cemento sus características control de calidad de los ensayos físicos y químicos, así como también de los aditivos y del agua, todos estos agregados deben cumplir con los requisitos para la elaboración del concreto.

El capítulo III, hace referencia de la Instalación y colocación de la tubería de blindaje, donde se describe los insumos, equipos e instalaciones y la descripción del Pre montaje y Montaje, donde detallamos el proceso de soldadura y montaje de los tubos de blindaje, resumiendo en diez pasos, que a su vez, tienen una serie de procedimientos de inspección y verificación de la calidad y Supervisión.

El capítulo IV, describe brevemente el mezclado transporte y colocación del concreto de 25 MPa, que consiste en el mezclado en planta que se realizó completamente hasta que su apariencia sea de calidad uniforme, con todos sus

ingredientes distribuidos equitativamente, con la finalidad de obtener la mejor trabajabilidad.

El capítulo V, detalla el procedimiento de la colocación del serpentín de enfriamiento, donde se describe la habilitación, instalación y funcionamiento del Serpentín, además del control de la temperatura donde se representa con gráficos y figuras que determinan la temperatura máxima.

En el capítulo VI, se hace mención de las conclusiones y recomendaciones que respectan a la colocación del serpentín de enfriamiento en la tubería de blindaje de la Hidroeléctrica de Chaglla.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES

1.1 ANTECEDENTES

La Central Hidroeléctrica Chaglla está situada en el Distrito de Chaglla Provincia de Pachitea Departamento de Huánuco; donde la Presa tipo enrocado se ubica en las coordenadas UTM (W 408.440, S 8.928.080) y la Casa de Máquinas en las coordenadas UTM (W 402.721, S 8.938.794).

Este Proyecto comprende una Presa tipo enrocado en el Río Huallaga situada a 1,8 km aguas arriba de la desembocadura de la quebrada Lluto, un túnel de aducción de 14.8 km de longitud con chimenea de equilibrio y una Casa de Máquinas externa a 2,6 km aguas abajo de la desembocadura de la quebrada Chimao.

El presente informe trata de la colocación del concreto de resistencia $f'c=25\text{MPa}$ entre la sección del túnel tipo herradura ($h=8\text{m}$) y los tubos de blindaje instalados con un diámetro de ($D=6.20\text{m}$) en la salida del túnel de aducción con una longitud de 264m, de blindaje; de la cual se bifurca en dos ramales del distribuidor los que hacen un ángulo de 45 grados entre sí, los que alimentan a las dos unidades generadoras de la Casa de Maquinas, además podemos indicar que este túnel es de 14.8 km que conducirá las aguas desde la Presa hasta la Casa de Maquinas de la Central Hidroeléctrica Chaglla, ubicada en el distrito de Chaglla, Provincia de Pachitea de la región Huánuco.

Los temas referentes a la instalación de los tubos de blindaje colocados en los 264 m de la salida del túnel de aducción, comprende la limpieza del material suelto con retroexcavadora y eliminación del material mediante volquetes a los botaderos más cercanos, además se realizó un tratamiento de roca lavado con aire y agua a presión retirando todo el material fino de tal manera que la roca quedo totalmente limpia con la finalidad que pueda adherirse al concreto de nivelación solado de resistencia ($f'c=10\text{MPa}$).

La colocación del solado se ejecutó con paños de 15m cada uno en forma progresiva iniciando el concretado de nivelación en el Km. 14+233.84 hasta el Km. 14+497.84, con una pendiente de $S=0.95\%$, en este proceso de nivelación se tuvo presencia de agua donde se utilizó equipos como, la bomba diafragma que funcionan con aire conectando una manguera de 1" de diámetro, ingresando al cilindro de dimensiones (diámetro=35cm x altura=65cm); con una entrada y salida de mangueras de 4" de diámetro, la de menor longitud se

coloca en los pozos de agua donde va absorbiendo rápidamente y deja totalmente seca para el colocado del concreto de nivelación y/o regularización - solado, con la finalidad que exista una buena adherencia con la roca.

Luego se prosiguió con la colocación de dos rieles a lo largo de los 264 m de blindaje, con sección rectangular en la canaleta de dimensiones de (base=20cm x altura=5cm), equidistantes a 2.60m de la base de los hastiales de la sección del túnel tipo herradura, que servirán para el traslado de la tubería de blindaje; que son llevados mediante carritos y estos a la vez fueron empujados por un cargador agrícola hasta el inicio y/o continuación del colocado de cada tramo de los tubos de blindaje.

Respecto a la colocación de los tubos de blindaje se puede indicar que estas se empezaron a soldar en el taller de electromecánica con tubos de 3 m cada uno y uniendo 4 de estos donde se logra formar cuerpos de 12 m, los cuales fueron colocados en el sitio y en lo sucesivo se ingresó parte de la tubería de blindaje de 12 m, la cual es soldado en el interior y el exterior de los tubos con la finalidad de ir uniendo progresivamente, los que a posterior fueron tema de concretado.

La colocación de los tubos de blindaje se desarrolló de tal manera que la primera parte de estos, son de 12 m, los que fueron tema de encofrado donde se emplazó a 2.5 m aguas arriba del inicio del blindaje y aguas abajo a 0.90m antes del término del primer tramo de los tubos de blindaje, esto significa que la longitud del concretado sería de $L=8.6$ m, colocándose un volumen de 247 m³ y en lo sucesivo se concretaron tramos de 12 m cada uno, donde concretamos volúmenes aproximados de 350 m³, además puedo indicar que se concretaron un total de 22 tramos de blindaje en los 264 m de la estructura de blindaje en la salida del túnel de aducción.

En este contexto y durante el proceso de fraguado de los concretos colocados en los 22 tramos de la tubería de blindaje, se midió la temperatura mediante la Termocupla, con la finalidad de obtener el registro de las temperaturas de cada uno de los concretados que se hicieron en cada uno de los 12m, los cuales durante un periodo de 24 a 30 horas en adelante se obtuvieron temperaturas promedio de 55°C, lo que es de mucho riesgo y perjudicial para los tubos de blindaje de acuerdo a la indicación del fabricante y que necesariamente se tenía que controlar la temperatura.

A consecuencia de altas temperaturas que se obtuvieron sin colocar el serpentín de enfriamiento, información que fue obtenida mediante el equipo de la Termocupla (medidor de temperatura), el suscrito propuso colocar los serpentines de enfriamiento con la finalidad de obtener un mejor control de las temperaturas del concretado de los tubos de blindaje del túnel de aducción.

Dentro de este contexto se propuso un mejor curado del concreto y evitamos que los tubos de blindaje estén sometidos a temperaturas de 55°C, que con la colocación de los serpentines de enfriamiento se obtuvieron temperaturas máximas de 50.1°C, tal como se demuestra en el gráfico 5.1, (Temperatura vs Tiempo).

1.2 JUSTIFICACION

Siendo los concretados de volúmenes considerables en cada uno de los 22 tramos de la tubería de blindaje, donde se concreta una longitud de 12 m por cada tramo, cuyos volúmenes aproximados fueron de 340 m³, cuyo fraguado de las primeras capas se generan temperaturas mayores a las de ambiente (25/30°C), y durante un periodo de 12 a 30 horas, este concreto alcanzó temperaturas elevadas indicadas en la Termocupla, con lecturas de 55 °C, razón por la cual se controló el incremento de temperatura colocando serpentines de enfriamiento cuyas lecturas de temperatura como máximo se obtuvieron de 50.1°C, lo que demuestra un mejor control de la temperatura en la estructura de la tubería de blindaje y mejor calidad al concreto colocado sin fisuras y con un buen curado.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El concreto que se colocó en el espacio confinado entre la sección del túnel de aducción tipo herradura y el tubo de blindaje de diámetro=6.20m; que luego de haber colocado el concreto de resistencia 25 MPa y durante el proceso de fraguado en el periodo de 12 a 30 horas de haber colocado el concreto estos alcanzaron temperaturas promedio de 55°C, que no es recomendable para la tubería de blindaje que se colocó en la salida del túnel de aducción de la Central Hidroeléctrica Chaglla.

1.4 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Principal

El principal objetivo es controlar la temperatura del concretado de la tubería de blindaje, evitando temperaturas elevadas de hasta 55°C.

1.4.2 Objetivos Específicos

El objetivo es estudiar el comportamiento y el control de la temperatura del concreto, con la finalidad de evitar fisuras y/o agrietamiento de las zonas de concretado, a fin de garantizar el buen funcionamiento de la estructura de blindaje.

1.5 MARCO TEÓRICO

El presente informe trata de especificar correctamente los requerimientos de los serpentines de enfriamiento, es necesario que el cálculo de carga de los espacios acondicionados se haga separando lo que es su carga sensible y su carga latente. Así, con la ayuda de la carga psicométrica, determinar el caudal correcto de agua y los valores correspondientes de temperatura de entrada y salida del serpentín de enfriamiento, respetando las reglas del comportamiento de los serpentines de enfriamiento descritos por ASHRAE en su texto "HVAC Systems and Equipment" que se menciona parcialmente en el siguiente párrafo.

En todo serpentín que enfría y deshumedece, la extensión de la línea recta que une la condición de entrada y salida del agua en la carta psicométrica debe intersectar la línea de saturación. Esta intersección recibe el nombre de temperatura promedio de la superficie del serpentín, también conocida por algunos como temperatura del punto de rocío del serpentín.

CAPÍTULO II: MATERIALES UTILIZADOS PARA LA ELABORACION DEL CONCRETO

Para la elaboración del concreto se utilizó los siguientes materiales que a continuación describiremos como son: agregado grueso, agregado fino, cemento andino tipo IP, agua, aditivo acelerante y aditivo plastificante, las cuales se analizan en forma independiente cada uno de ellos:

2.1 AGREGADOS FINO Y GRUESO

2.1.1 Generalidades

Los agregados que se utilizaron en la preparación del concreto se definen como materiales granulares que constituyen entre el 60% y el 80% del volumen del concreto.

Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso optimo que deben consistir en partículas durables, limpias, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta del cemento andino tipo IP.

2.1.2 Agregado Fino

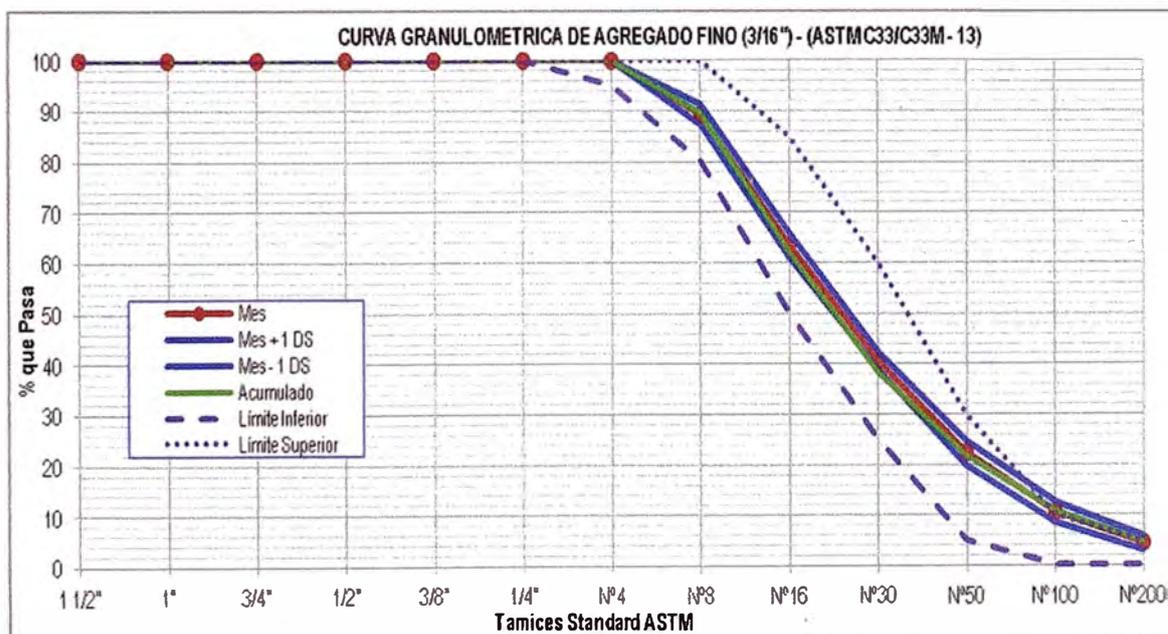
La granulometría del agregado fino que se utilizó para la elaboración del concreto que consiste en arena natural, arena triturada, o una combinación de ambas; definiéndosele como aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa la malla de 3/16" y cumplieron con los límites establecidos en las Especificaciones Técnicas del Proyecto.

Cuadro N° 2.1.- Características del agregado fino N°4

Mes	Control Estadístico	Módulo de Fineza	Peso Especifico	Peso Unitario Suelto	Peso Unitario Compactado	Malla N° 200	Absorción	Contenido de Humedad
		MF	g/cm ³	kg/m ³	kg/m ³	%	%	%
Junio	N° de Ensayos	22	5	5	5	22	5	5
	Media	2.74	2.68	1629	1856	3.58	0.67	5.52
	Desv. Estándar	0.05	0.01	23.53	10.23	1.19	0.16	1.61
	Coef. Var. %	2.00	0.31	1.44	0.55	33.24	24.06	29.18
Acumulado	N° de Ensayos	238	35	35	35	238	34	52
	Media	2.78	2.68	1627	1864	3.93	0.58	7.15
	Desv. Estándar	0.11	0.02	32.32	26.84	1.13	0.13	3.34
	Coef. Var. %	3.83	0.77	1.99	1.44	28.82	23.09	46.79

Cuadro N° 2.2.- Distribución granulométrica del agregado fino N°4 ASTM C33

Mes	Control Estadístico	% Que Pasa el Tamiz							Módulo de Finura
		N° 4	N° 8	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200	
Junio	N° de Ensayos	22	22	22	22	22	22	22	22
	Media	100	89	64	40	22	11	4	2.74
	Desv. Estándar	0.0	1.96	2.41	1.78	2.50	1.93	1.44	0.05
	Coef. de Var. %	0.0	2.19	3.79	4.38	11.22	18.25	33.03	2.00
	Media + 1 Desv.	100	91	66	42	25	12	6	2.79
	Media - 1 Desv.	100	87	61	39	20	9	3	2.68
Acumulado	N° de Ensayos	238	238	238	238	238	238	47	238
	Media	100	90	62	38	22	11	5	2.78
	Desv. Estándar	0.20	2.55	3.33	3.05	2.78	2.06	1.18	0.11
	Coef. de Var. %	0.20	2.85	5.37	7.97	12.83	19.27	24.35	3.83
	Media + 1 Desv.	100	92	65	41	24	13	6	2.88
	Media - 1 Desv.	100	87	59	35	19	9	4	2.67



Gráfica N° 2.1.- Curva granulométrica del agregado fino 3/16" ASTM C33

La arena que se utilizó para el diseño de la mezcla del concreto es de la Chancadora Chulla.



Figura N° 2.1.- Acopio del agregado fino - planta de concreto Casa de Maquina

2.1.3 Agregado Grueso

El agregado grueso consistió de partículas de rocas partidas, grava natural o triturada, que está conformado por fragmentos cuyo perfil será preferentemente angular o semiangular, limpios, duros, compactos, resistentes, de textura preferentemente rugosa, y libres de materia orgánica, partículas blandas, tierra, polvo, limo, etc. Además el tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía, en la trabajabilidad y en la necesidad de controlar el calor en el concreto, de acuerdo a la indicado y establecido en las Especificaciones Técnicas generales para la ejecución y/o construcción de la Central Hidroeléctrica Chaglla.

Estos agregados son triturados en la planta de Chulla que proviene del cauce del Río Huallaga.

Entre las tablas N° 30 al N° 35, se muestran datos obtenidos de los análisis de las muestras de agregados producidos en la Chancadora Chulla, en el periodo del 21 de mayo al 20 de junio del 2013.

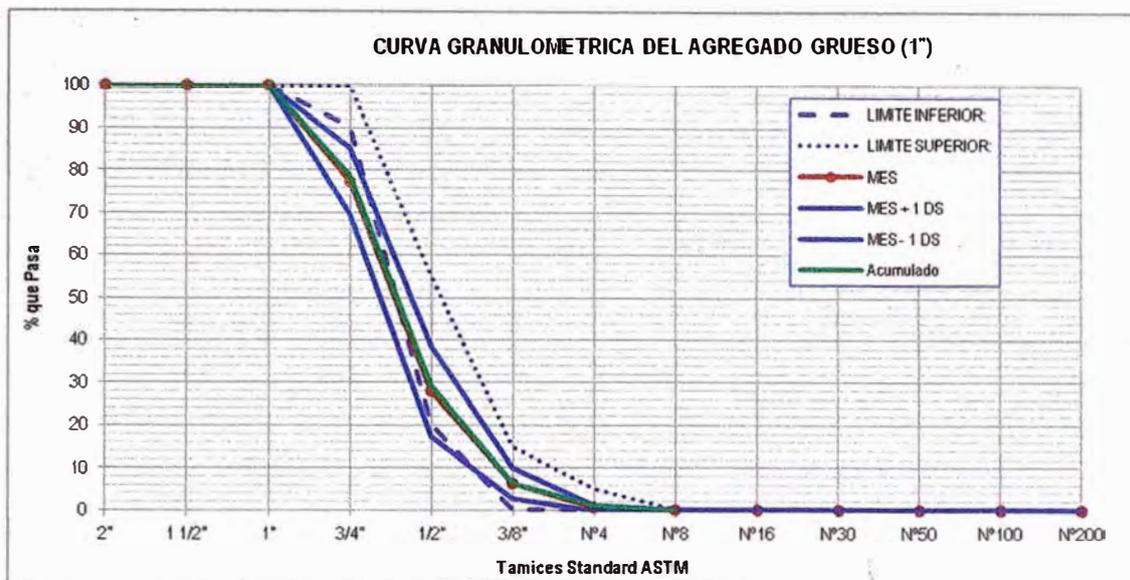
Los materiales producidos en esta chancadora fueron preparados para abastecer la planta de concreto de Casa de Maquina, ubicada en el Km.8+000.

Cuadro N° 2.3.- Características del agregado grueso 3/8"

Mes	Control Estadístico	Módulo de Fineza	Peso Específico	Peso Unitario Suelto	Peso Unitario Compactado	Malla N° 200	Absorción	Contenido de Humedad
		MF	g/cm ³	kg/m ³	kg/m ³	%	%	%
Junio	N° de Ensayos	22	4	4	4	9	4	4
	Media	5.59	2.68	1530	1636	0.29	0.85	1.03
	Desv. Estándar	0.09	0.00	4.79	11.24	0.13	0.10	0.51
	Coef. Var. %	1.60	0.19	0.31	0.69	44.68	11.57	49.08
Acumulado	N° de Ensayos	233	29	29	29	219	29	44
	Media	5.60	2.69	1526	1647	0.28	0.85	1.61
	Desv. Estándar	0.12	0.02	62.95	25.86	0.17	0.10	0.77
	Coef. Var. %	2.11	0.56	4.12	1.57	60.09	12.27	48.16

Cuadro N° 2.4.- Distribución granulométrica del agregado grueso 3/8" ASTM
C136

Mes	Control Estadístico	% Que Pasa el Tamiz							Módulo de Finura
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	
Junio	N° de Ensayos	22	22	22	22	22	22	22	22
	Media	100	100	100	100	36	4	1	5.59
	Desv. Estándar	0.00	0.00	0.00	0.09	6.05	4.10	1.18	0.09
	Coef. Var. %	0.00	0.00	0.00	0.09	16.71	105.89	121.98	1.60
	Media + 1 Desv.	100	100	100	100	42	8	2	5.68
	Media - 1 Desv.	100	100	100	100	30	0	0	5.50
Acumulado	N° de Ensayos	233	233	233	233	233	233	233	233
	Media	100	100	100	98	35	6	2	5.60
	Desv. Estándar	0.00	0.00	0.03	3.57	7.50	3.86	1.28	0.12
	Coef. Var. %	0.00	0.00	0.03	3.64	21.43	68.10	81.73	2.11
	Media + 1 Desv.	100	100	100	101	43	10	3	5.72
	Media - 1 Desv.	100	100	100	94	28	2	0	5.48



Gráfica N° 2.2.- Curva granulométrica del agregado grueso 1" ASTM C136

La grava que se utilizó para el diseño de la mezcla es de la Chancadora Chulla con un tamaño de 3/4" tal como se muestra en la siguiente figura.



Figura N° 2.2.- Acopio de la gravilla 3/8" - planta de concreto Casa de Maquina

Respecto los agregados puedo indicar que se deben manejar y almacenar de manera que se minimice la segregación, la degradación y que se prevenga la contaminación con sustancias que afectan la calidad del concreto, razón por la cual en las vistas anteriores se muestra la cubierta con carpas amarillas para

los agregados finos y gruesos, que posteriormente fueron utilizados para la elaboración del concreto.

2.2 CEMENTO

2.2.1 Generalidades

Debido a las grandes cantidades de cemento que se consumen en la producción de volúmenes considerables de concreto, se tiene la necesidad de transportarlo a granel de las plantas de cemento, donde se realizó por medio de camiones bombonas, para su almacenamiento en los silos de la planta de concreto de Casa de Máquina, Km. 8+000.

2.2.2 Cemento Andino Tipo IP

Los cementos utilizados para la elaboración del concreto de resistencia 25 Mpa, son materiales que en presencia de agua, tienen la capacidad de juntar los fragmentos de roca (agregados) y a la vez se endurece para formar una piedra artificial con características de resistencia y durabilidad apropiadas para las estructura de blindaje que se necesita en la ejecución de la Central Hidroeléctrica Chaglla.

El cemento andino tipo IP, se puede definir como el resultado de la molienda fina del clincker, producto de una mezcla homogénea de materiales arcillosos y calcáreos.

a) Características

- Cumple con la Norma Técnica Peruana (NTP) 334.090 y la Norma Técnica Americana ASTM C-595.
- Obtenida de la molienda conjunta Clinker, yeso y puzolana.
- A largo plazo desarrolla alta resistencia a la compresión.
- Moderada resistencia a la acción de los sulfatos reduciendo la eflorescencia del salitre y en consecuencia la corrosión del acero de refuerzo.

b) Ventajas

- Producción de concretos más plásticos e impermeables y posibilitar menor generación de calor de hidratación.

c) Control de Calidad del Cemento Andino Tipo IP, en Obra

El cemento utilizado en los concretos de la obra, vienen acompañados con el Certificado de Control de Calidad, emitido por el proveedor de la fábrica de Cemento Andino – UNACEN (Condorcocha) y los ensayos de calidad que se toman en obra son:

- Finura.
- Tiempo de Fraguado (VICAT).
- Resistencia a la Compresión.
- Densidad

d) Control de Calidad de los ensayos físicos del Cemento Andino Tipo IP

A continuación se muestra el Cuadro, con los datos correspondientes al mes de junio.

Cuadro N° 2.5.- Ensayos físicos del Fabricante - Cemento Andino Tipo IP

Mes	Fecha	N° Registro	Tiempo de Fraguado (VICAT)		Densidad (g/cm ³)	Finura del Cemento Malla N° 325 Max. % Retenido	Resistencia f _c		
			Inicio (Min)	Fin (Min)			3 días (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Junio	23/04/2013	5231	*	*	*	*	*	*	434
	23/04/2013	5332	*	*	*	*	*	*	392
	02/05/2013	5432	*	*	*	*	*	*	342
	07/05/2013	5480	*	*	*	*	*	*	365
	08/05/2013	5506	*	*	*	*	*	*	387
	15/05/2013	5724	*	*	*	*	*	242	289
	22/05/2013	5931	149	286	2.97	8.53	214	260	**
	28/06/2013	6052	126	285	2.97	9.84	232	308	**
	06/06/2013	6177	149	286	2.97	8.62	221	238	**
	06/06/2013	6168	147	285	2.98	8.44	234	274	**
	14/06/2013	6195	157	286	2.98	9.45	200	243	**
	15/06/2013	6264	160	286	2.97	9.18	203	**	**
Norma ASTM C595			> 45	< 375	NR	< 12	130	200	250

Cuadro N°2.6.- Ensayos Físicos realizados en Laboratorio de la Obra -
Cemento Andino Tipo IP

Mes	Fecha	N° Registro	Tiempo de Fraguado (VICAT)		Densidad (g/cm ³)	Finura del Cemento Malla N° 325 Max. % Retenido	Resistencia f _c		
			Inicio (Min)	Fin (Min)			(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Junio	23/04/2013	5231	*	*	*	*	*	*	434
	23/04/2013	5332	*	*	*	*	*	*	392
	02/05/2013	5432	*	*	*	*	*	*	342
	07/05/2013	5480	*	*	*	*	*	*	365
	08/05/2013	5506	*	*	*	*	*	*	387
	15/05/2013	5724	*	*	*	*	*	242	289
	22/05/2013	5931	149	286	2.97	8.53	214	260	**
	28/06/2013	6052	126	285	2.97	9.84	232	308	**
	06/06/2013	6177	149	286	2.97	8.62	221	238	**
	06/06/2013	6168	147	285	2.98	8.44	234	274	**
	14/06/2013	6195	157	286	2.98	9.45	200	243	**
15/06/2013	6264	160	286	2.97	9.18	203	**	**	
Norma ASTM C595			> 45	< 375	NR	< 12	130	200	250

(*) Los datos corresponden al mes de mayo

(**) Al cierre del informe no se ha cumplido los 28 días

Cuadro N° 2.7.- Datos estadísticos de ensayos físicos del Cemento Andino
Tipo IP

Ensayos	Control Estadístico	Límites	Fabricante		LABORATORIO		LAB. EXTERNO		
			Mensual	Acum.	Mensual	Acum.	Mensual	Acum.	
Superficie Específica (cm ² /g)	N° de Ensayos	NR	21	272	-	-	-	-	
	Media		5223	4787	-	-	-	-	
	Desv. Estándar		376.76	326.14	-	-	-	-	
	Coef. Var.		7.21	6.81	-	-	-	-	
Tiempo de Fraguado (VICAT)	Inicio (Min)	>45	N° de Ensayos	21	272	6	73	1	3
			Media	115	133	148	167	138	154
			Desv. Estándar	8.59	12.91	11.93	22.00	-	27.43
			Coef. Var.	7.46	9.69	8.06	13.14	-	17.81
	Fin (Min)	<375	N° de Ensayos	21	272	6	73	1	3
			Media	284	293	286	265	270	305
			Desv. Estándar	6.55	17.00	0.52	21.56	-	37.75
			Coef. Var.	2.31	5.81	0.18	8.12	-	12.38
Expansión Autoclave (%)	N° de Ensayos	<0.80	N° de Ensayos	21	272	-	-	1	2
			Media	0.00	0.00	-	-	0.02	0.01
			Desv. Estándar	0.00	0.00	-	-	-	0.01
			Coef. Var.	-	-	-	-	-	100
Contenido de	N° de Ensayos	<12%	21	272	-	-	1	3	

Aire en Volumen (%)	Media		4.50	4.86	-	-	4	4.67	
	Desv. Estándar		0.00	0.36	-	-	-	1.16	
	Coef. Var.		0.00	7.42	-	-	-	24.84	
Densidad (g/cm³)	N° de Ensayos	NR	21	272	6	64	1	3	
	Media		2.95	2.97	2.97	2.97	2.96	3.00	
	Desv. Estándar		0.02	0.01	0.01	0.04	-	0.10	
	Coef. Var.		0.81	0.42	0.17	1.38	-	3.2	
Finura del Cemento (Malla N°325)	N° de Ensayos	<12	21	120	6	26	-	-	
	Media		8.06	7.74	9.01	9.25	-	-	
	Desv. Estándar		0.82	0.84	0.57	0.78	-	-	
	Coef. Var.		10.20	10.92	6.32	8.44	-	-	
Resistencias	3 días	130	N° de Ensayos	-	-	6	70	-	-
			Media	-	-	217	220	-	-
			Desv. Estándar	-	-	14.31	46.40	-	-
			Coef. Var.	-	-	6.58	21.09	-	-
	7 días	200	N° de Ensayos	-	-	6	70	-	-
			Media	-	-	261	290	-	-
			Desv. Estándar	-	-	26.81	55.11	-	-
			Coef. Var.	-	-	10.28	19.00	-	-
	28 días	250	N° de Ensayos	-	-	7	66	-	-
			Media	-	-	375	389	-	-
			Desv. Estándar	-	-	48.47	60.94	-	-
			Coef. Var.	-	-	12.93	15.66	-	-

Fuente.- LABO: Laboratorio de la Obra /LABEX: Laboratorio Externo – ARPL

e) Control de Calidad de los ensayos químicos del Cemento Andino Tipo IP

Cuadro N° 2.8.- Ensayos Químicos del fabricante - Cemento Andino Tipo IP

Mes	Fecha	Perdida por Ignición	Residuo Insoluble	Dióxido de Silicio (SiO ₂)	Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Óxido de Calcio (CaO)	Óxido de Magnesio (MgO)	Trióxido de Azufre (SO ₃)	Oxido de Sodio (Na ₂ O)	Óxido de Potasio (K ₂ O)
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Junio	13/05/2013	4.33	21.67	31.88	6.24	3.09	48.22	1.57	2.83	0.36	1.53
	20/05/2013	3.56	20.37	31.17	6.19	3.13	50.01	1.58	2.62	0.34	1.50
	23/05/2013	3.01	15.92	30.78	6.18	3.31	49.84	1.72	2.74	0.33	1.50
	24/05/2013	3.06	19.73	30.62	6.23	3.22	50.37	1.70	2.83	0.33	1.56
	25/05/2013	3.36	20.79	31.22	6.31	3.16	49.61	1.65	2.76	0.35	1.58
	26/05/2013	3.31	19.97	31.35	6.31	3.30	49.39	1.69	2.77	0.35	1.58
	27/05/2013	3.15	19.47	31.00	6.22	3.17	50.11	1.76	2.73	0.35	1.56
	28/05/2013	2.92	19.67	30.85	6.30	3.27	50.31	1.86	2.62	0.34	1.57
	30/05/2013	2.65	18.16	30.82	6.31	3.22	50.87	1.76	2.59	0.33	1.54
	04/06/2013	3.12	19.53	30.62	6.23	3.07	50.75	1.72	2.71	0.32	1.45

05/06/2013	3.11	18.57	30.76	6.24	3.03	50.46	1.86	2.70	0.32	1.45
06/06/2013	2.96	18.68	30.77	6.22	3.02	50.86	1.86	2.56	0.32	1.44
08/06/2013	3.47	18.37	30.64	6.19	3.02	50.51	1.82	2.66	0.32	1.43
11/06/2013	3.46	19.54	31.01	6.30	3.01	49.80	1.79	2.68	0.33	1.53
12/06/2013	2.95	16.24	30.64	6.18	3.08	50.60	1.85	2.69	0.32	1.52
13/06/2013	2.75	14.68	30.29	6.09	3.10	51.50	1.85	2.71	0.31	1.46
14/06/2013	3.37	20.53	31.31	6.36	2.99	49.56	1.85	2.59	0.35	1.60
15/06/2013	3.49	19.61	31.24	6.35	3.00	49.43	1.86	2.66	0.35	1.58
17/06/2013	3.39	20.61	31.81	6.44	3.01	48.71	1.90	2.80	0.36	1.61
18/06/2013	2.91	18.89	30.83	6.28	3.07	50.41	1.83	2.72	0.33	1.49
19/06/2013	3.03	18.83	31.05	6.33	3.04	50.03	1.85	2.70	0.34	1.54
20/06/2013	3.24	19.42	30.93	6.27	3.03	50.22	1.72	2.65	0.34	1.53
ASTM C595	≤ 5.0	NR	NR	NR	NR	NR	≤ 6.0	≤ 4.0	NR	NR

f) Control de Calidad de la temperatura del Cemento Andino Tipo IP

Cuadro N° 2.9.- Control de la temperatura del Cemento Andino Tipo IP al momento de la descarga - Planta de concreto Casa de Maquina

Mes	Ítem	Fecha	N° de Lote	Cantidad (kg)	Temperatura de Descarga (°C)
Junio	1	21/05/2013	97508	28,990	41.0
	2	21/05/2013	97508	18,050	40.8
	3	22/05/2013	97508	27,150	40.5
	4	22/05/2013	97508	27,220	40.9
	5	22/05/2013	97508	29,090	40.8
	6	22/05/2013	97508	27,810	40.6
	7	22/05/2013	97508	28,700	40.7
	8	24/05/2013	97508	28,110	41.0
	9	24/05/2013	97508	27,300	40.8
	10	25/05/2013	97508	28,260	41.2
	11	25/05/2013	97508	26,740	41.0
	12	26/05/2013	97508	29,560	40.8
	13	26/05/2013	97508	29,810	40.9
	14	27/05/2013	97508	27,510	40.7
	15	27/05/2013	97508	27,460	41.1
	16	27/05/2013	97508	29,590	41.3
	17	27/05/2013	97508	28,230	40.0
	18	27/05/2013	97508	27,750	39.8
	19	28/05/2013	97508	27,720	39.7
	20	28/05/2013	97508	28,390	40.2
	21	28/05/2013	97508	28,160	40.3
	22	29/05/2013	97508	27,250	40.0
	23	29/05/2013	97508	27,980	39.8
	24	31/05/2013	97508	29,970	40.2

25	31/05/2013	97508	25,640	40.3
26	31/05/2013	97508	28,260	40.2
27	31/05/2013	97508	28,010	40.1
28	03/06/2013	97508	28,720	40.4
29	03/06/2013	97508	30,290	40.2
30	05/06/2013	97508	28,950	39.9
31	05/06/2013	97508	28,070	39.8

A continuación se muestra una vista del control de la temperatura al momento de la descarga del cemento de la bombona a los silos de la planta de concreto.

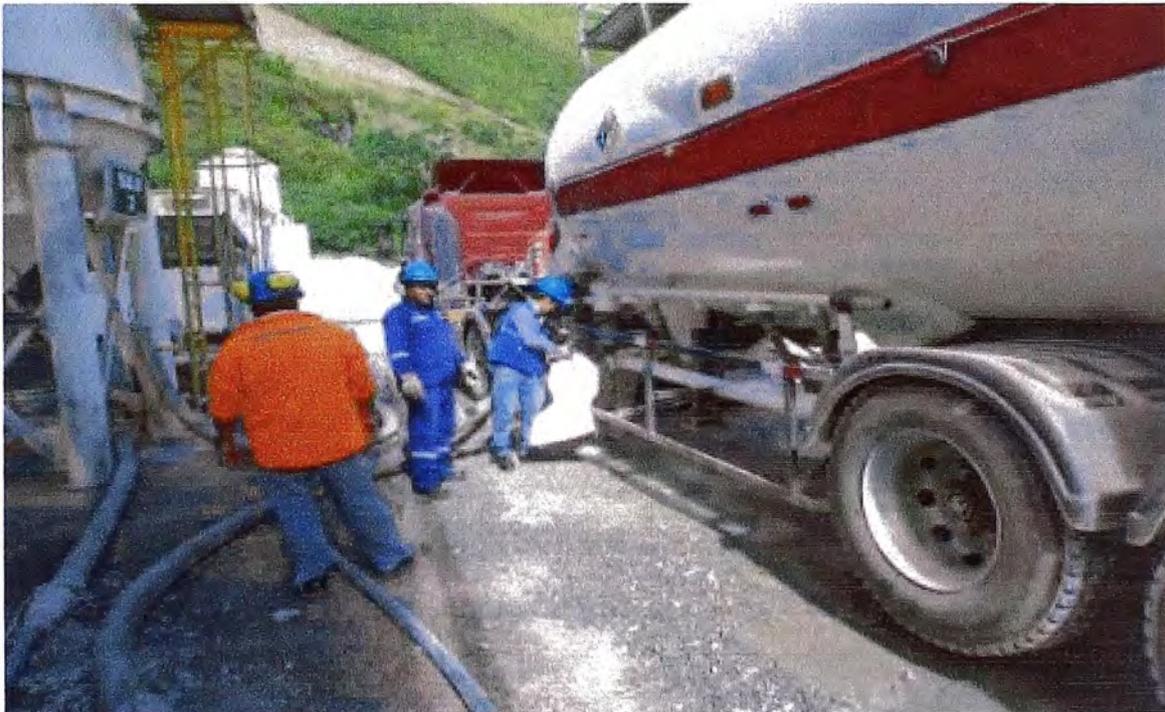


Figura N° 2.3.- Toma de muestra del Cemento Tipo IP, para el control de
 Temperatura

2.3 ADITIVO

2.3.1 Generalidades

Los aditivos del concreto son productos capaces de disolverse en agua, que se adicionan durante el mezclado en porcentajes no mayores del 5% de la masa de cemento, con el propósito de producir una modificación en el comportamiento del concreto en su estado fresco y/o en condiciones de trabajo. En la actualidad los aditivos permiten la producción de concretos con características diferentes a los tradicionales, han dado un creciente impulso a

la construcción y se consideran como un nuevo ingrediente, conjuntamente con el cemento, el agua y los agregados.

2.3.2 Tipos de Aditivos

Los aditivos utilizados en la fabricación del concreto son proporcionados por SIKA Perú S.A. y BASF The chemical Company

En la TABLA N° 36, se muestra el análisis estadístico de los resultados obtenidos de los Certificados de Calidad proporcionados por los proveedores y de los ensayos realizados por el Centro Tecnológico de la Obra.

Cuadro N° 2.10.- Resultado de análisis estadísticos de las pruebas realizadas en SIKA / LABORATORIO

ADITIVOS	CONTROL ESTADÍSTICO	LABORATORIO			PROVEEDOR SIKA		
		PH	Peso Específico	Sólidos por Deseccación	PH	Peso Específico	Sólidos por Deseccación
			g/cm ³	(%)		g/cm ³	(%)
PLASTIMENT TM 12	N° de Ensayos	5	5	5	2	2	2
	Media	8.21	1.18	33.16	9.30	1.16	33.64
	Acumulado						
	N° de Ensayos	50	53	53	8	8	8
	Media	8.34	1.17	32.87	9.40	1.16	33.15
	Desviación Estándar	0.26	0.01	0.99	0.26	0.00	0.80
	Coeficiente de Variación %	3.08	0.59	3.00	2.77	0.11	2.40
Límites Especificados	8.0-10.0	1.15-1.19	32-34	8.0-10.0	1.15-1.19	32-34	
SIKAMENT 306	N° de Ensayos	5	5	5	2	2	2
	Media	7.27	1.20	40.24	7.35	1.20	40.42
	Acumulado						
	N° de Ensayos	54	57	57	21	21	21
	Media	7.60	1.20	39.92	7.79	1.19	40.40
	Desviación Estándar	0.45	0.01	1.73	0.58	0.00	1.45
	Coeficiente de Variación %	5.87	0.56	4.33	7.50	0.31	3.59
Límites Especificados	7.0-9.0	1.18-1.20	38.0-42.0	7.0-9.0	1.18-1.20	38.0-42.0	
VISCOCRETE 3330	N° de Ensayos	2	2	2	*	*	*
	Media	4.14	1.08	35.37	*	*	*
	Acumulado						
	N° de Ensayos	38	40	40	*	*	*
	Media	4.38	1.07	35.27	*	*	*
	Desviación Estándar	0.17	0.01	1.25	*	*	*
	Coeficiente de Variación %	3.94	0.49	3.55	*	*	*
Límites Especificados	4.0-6.0	1.06-1.08	34.0-38.0	4.0-6.0	1.06-1.08	34.0-38.0	
SIGUNIT L60	N° de Ensayos	5	5	5	14	14	14

Media	3.56	1.35	42.69	3.62	1.34	41.76
Acumulado						
N° de Ensayos	42	44	44	106	106	106
Media	3.58	1.35	42.08	3.74	1.35	42.02
Desviación Estándar	0.26	0.03	1.25	0.13	0.01	1.26
Coefficiente de Variación %	7.35	2.36	2.97	3.52	0.40	2.99
Límites Especificados	3.0-5.0	1.34-1.36	41-45	3.0-5.0	1.34-1.36	41-45

A continuación se muestra una vista del almacenamiento de los aditivos que usamos para la elaboración del concreto.



Figura N° 2.4.- Almacenamiento de aditivo a granel en la Planta de concreto
Casa de Maquina

2.4 AGUA

2.4.1 Generalidades

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga un sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto.

Las impurezas excesivas en el agua no solo pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, sino también pueden ser causa de eflorescencias, manchado, corrosión del refuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad. Por consiguiente se pueden fijar ciertos límites en el contenido de cloruros, sulfatos, álcalis y sólidos en el agua o se pueden desarrollar ensayos adecuados para determinar el efecto que la impureza provoque sobre ciertas propiedades.

2.4.2 Requisitos que debe cumplir el agua

Las muestras de agua utilizada en la producción del concreto son recolectadas y enviadas al laboratorio externo – CERPER en Lima, para su análisis de acuerdo a la norma ASTM C 1602-06.

En este periodo se presentan resultados acumulados al mes de junio, debido a que la frecuencia de ensayos es cada tres meses se presentaron resultados a posterior.

Cuadro N° 2.11.- Resultado de análisis límites de Agua ASTM C 1602-06

Ensayo	Acidez PH	Sodio Na ₂ O	Potasio K ₂ O	Sulfatos SO ₃	Cloruros	Sólidos Disueltos Totales
Mezclado	6.0 - 8.0	<=600ppm	<=600ppm	<=300ppm	<=500ppm	5000 ppm
Curado	6.5 - 8.5	-	-	-	<=500ppm	-
Lavado	6.5 - 8.5	<=600ppm	<=600ppm	<=300ppm	<=500ppm	5000 ppm

Cuadro N° 2.12.- Control estadístico de ensayos de Agua – Planta de concreto
Casa de Maquinas

Mes	Datos Estadísticos	Acidez	Sodio Na ₂ O	Potasio K ₂ O	Sulfatos SO ₃	Cloruros	Sólidos Disueltos
		PH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Acumulado	N° de Ensayos	4	4	4	4	3	4
	Media	7.42	4.14	1.24	11.10	3.23	218.50
	Desv. Estándar	0.67	3.45	1.05	8.76	1.75	88.16
	Coef. Var. %	9.01	83.36	84.62	78.91	54.29	40.35

CAPÍTULO III: INSTALACION Y COLOCACION DE LA TUBERIA DE BLINDAJE

A continuación, se presentarán los equipos, insumos e instalaciones empleados en los procesos; y, seguidamente, se describirán los procedimientos ejecutados desde la recepción en obra de las planchas roladas hasta la soldadura de los tubos de blindaje en la salida del túnel de aducción.

3.1 INSUMOS, EQUIPOS E INSTALACIONES RELACIONADAS A LA TUBERIA DE BLINDAJE

Respecto lo indicado se mantuvo siempre una postura exigente en cuanto a la utilización de equipos e insumos de primera calidad que estuviesen certificados.

3.1.1 Insumos:

En forma general, la tubería está conformada por las planchas roladas y el material de aporte que se emplea en la soldadura.



Figura N° 3.1.- Cargador agrícola empujando al tubo de blindaje, a su posición final

- Descripción de los Tubos de Blindaje:

Tres planchas roladas y ensambladas constituyen un tubo de blindaje. Las características de un tubo típico de ambos conductos blindados, son las siguientes:

Cuadro N° 3.1.- Características de la Tubería

	TUBERIA FORZADA
Material	S355 JO
Peso	3838 kg
Diámetro nominal	6200 mm
Longitud	3000 mm
Espesor	25 mm

Adicionalmente; los tubos de blindaje pares, en función del orden de montaje, llevan un anillo rigidizador a la mitad de su altura conformado por seis planchas con estas características:

Cuadro N° 3.2.- Características de las Tuberías pares

	TUBERIA FORZADA
Material	S355 JO
Peso	153,45 kg
Radio Interior	3125 mm
Longitud	3000 mm
Espesor	19 mm



Figura N° 3.2.- Formación de un Tubo de Blindaje

- Material de aporte:

El electrodo empleado en el proceso FCAW como material de aporte, según la norma AWS, es el E71T-1M de 1,6 mm de diámetro. Éste se empleó para la soldadura de las planchas roladas. Se trata de un alambre tubular que trabaja con la mezcla de dióxido de carbono (20%) y argón (80%), como gas protector.

Por otro lado; en el proceso SAW, empleado en la soldadura entre dos tubos de blindaje, se utilizó como material de aporte el alambre continuo AWS A5.17 F7A8-EH12K de 2,5 mm; y, como fundente, un aglomerado.

3.1.2 Equipos:

- a) Equipos de soldadura:

- Miller Inverter XMT 350 VS

Máquina del tipo inversora multiproceso (SMAW, GTAW, FCAW y GMAW). Marca: MILLER.

- **Suitcase X-TREME 12VS**
Alimentador de alambre liviano, portátil y con capacidad para carrete de 12" de diámetro. Para alambres de 0.6 a 2 mm. Utiliza alambre auto protegido o protección gaseosa.
Marca: MILLER.
- **Carro automático para soldadura KAT GK-200 FLC**
La plataforma de control tiene controles de conmutación para avance, parada y retroceso. Permite variar la velocidad manual y automáticamente. Además, su movimiento lateral (oscilación), facilita la soldadura de juntas de gran tamaño.
Marca: GULLCO.
- **Tractor para SAW – SAM**
Es un equipo soldador autónomo, altamente flexible, que comprende un sistema de viaje y variedad de componentes. Está diseñado para producir la precisión y alta calidad de acabado en el proceso SAW.
Marca: Hardy Power LSM.



Figura N° 3.3.- Equipo de soldadura tractor SAW-SAM, uniendo los tubos de blindaje

b) Equipos de Montaje

- Grúa todo terreno TEREX RT 555-1

Una diferencia notoria del taller de Electromecánica es que no cuentan con un puente grúa para el montaje de las planchas roladas o de los tubos. En vez de este equipo se usó una grúa móvil.

- Remolcador y cama baja:

Remolcador tracto camión SCANIA P420.

Cama baja Randon SRCTPL0345.

Este equipo es utilizado para el traslado de los tubos hasta su ubicación final del montaje.

- Virador con doble motorización

Modelo: TR-90_KBP.

Marca: PROARC.

Capacidad: 90 toneladas.

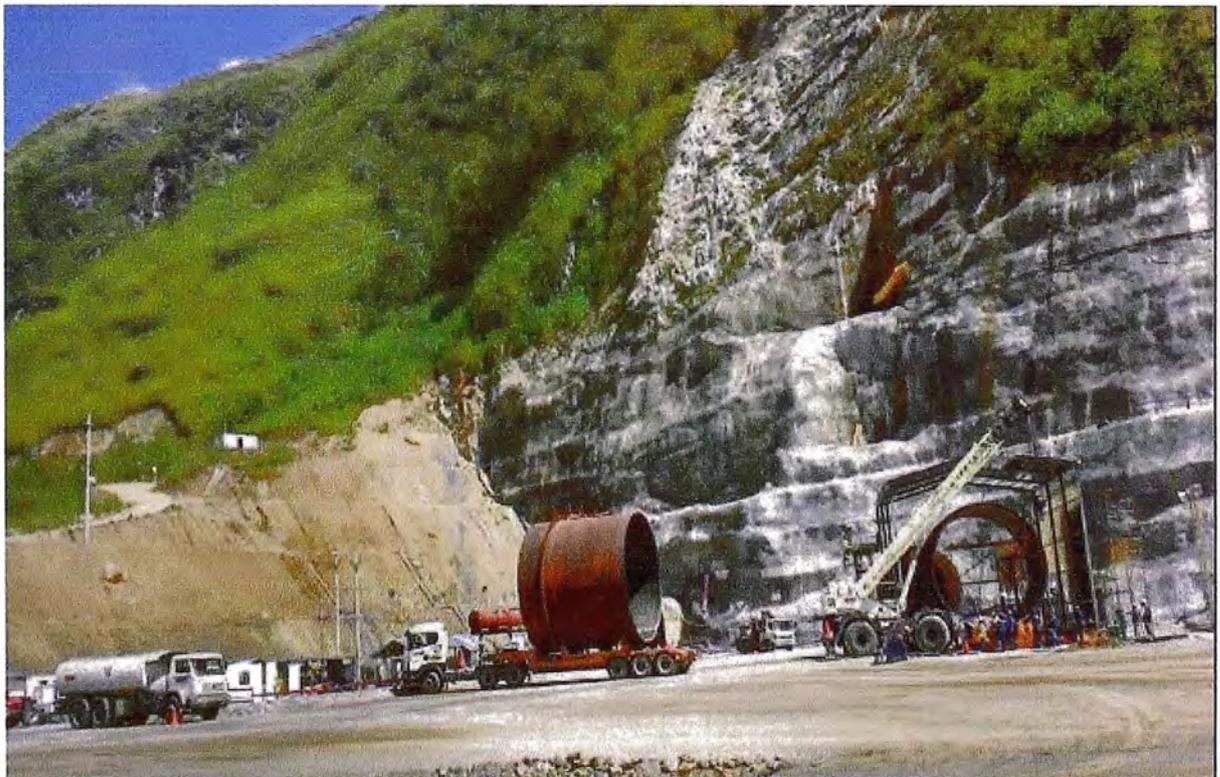


Figura N° 3.4.- En primer plano el remolcador y camabaja trasladando los tubos de blindaje, en segundo plano la Grúa Terex RT 555-1

- Equipos de protección personal:

Los soldadores llevan cubiertos la cabeza, las manos y el cuerpo para prever lesiones por radiación, chispas y descargas. Esto incluye el uso de guantes de soldador, una máscara facial protectora y una chaqueta de cuero. También es necesario el uso de respiradores de emisiones para evitar el ingreso de los humos metálicos, producto de la soldadura, por los conductos respiratorios.

3.1.3 Instalaciones Relacionadas

En todas las instalaciones del área Electromecánica se aprecia la creatividad de los colaboradores, quienes aportaron con ideas que repercutió en un ambiente de trabajo más seguro y productivo.

Los trabajos se realizan en 2 talleres, uno en Electromecánica y el otro en la puerta de ingreso de las tuberías de blindaje; ambos comparten características constructivas similares.

a) Taller de Electromecánica

Cuenta con 2 galpones móviles: uno para la soldadura de las planchas roladas y otro para la soldadura entre 2 tubos de blindaje.

Los galpones móviles permiten abrir o cerrar los techos de acuerdo a las necesidades.

- Galpón de soldadura de planchas roladas

Los galpones se posicionaron encima de ángulos de rodamiento sobre los que se deslizan para abrir o cerrar los techos. También se construyeron bases de nivelación para que las 3 caras inferiores de las planchas se encuentren al mismo nivel.

- Galpón de soldadura para unión de 2 tubos

En esta zona se ubican los viradores motorizados. Aquí dos tubos se montan horizontalmente para ser unidas mediante el proceso de soldadura SAW. Además, se instaló un puente que sirve para tener acceso a la junta de soldadura por la parte exterior.

b) Taller de la Tubería Forzada

En este taller se encuentra un galpón móvil para la soldadura de 4 tubos de blindaje (unión de 2 pares de tubos).

Aquí dos pares de tubos de blindaje se montan horizontalmente sobre un carro para ser unidas mediante el proceso de soldadura FCAW-mecanizado; y luego, son trasladadas al interior del Túnel mientras es empujado por un tractor.



Figura N° 3.5.- Galpón donde se une los 2 Tubos de Blindaje de 6m cada uno

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PREMONTAJE Y MONTAJE

El proceso de soldadura y montaje de los tubos de blindaje puede resumirse en diez pasos, que a su vez, tienen una serie de procedimientos de inspección y verificación de la calidad.

A continuación, se presenta la hoja de ruta del montaje y la soldadura de los conductos blindados del túnel de aducción.

3.2.1 Recepción en obra y descarga

Luego de ser bajadas de los camiones, las planchas son ubicadas en una zona de almacenamiento localizada en el Taller de Electromecánica. El izaje se realiza empleando la grúa Terex, cadenas y tenazas.

3.3.2 Armado de Tubos

Replicando la misma dinámica de la descarga del material, las planchas roladas son ubicadas verticalmente en el galpón sobre las bases de nivelación.

Seguidamente, se procede a aproximar las planchas hasta dejar una luz correspondiente a la raíz de la junta de la soldadura, a este proceso se denomina “plantillado”. Para este fin se emplearon los llamados “chicagos”. Por otro lado, con ayuda de gatas hidráulicas se consiguió alinear los extremos de las planchas al mismo nivel.

Luego, el equipo de Topografía interviene para verificar que se cumplan las tolerancias dimensionales de diámetro y nivel. En este momento, el tubo es liberado para ser soldada.

3.2.3 Soldadura de Tubos

La soldadura de las tres juntas de cada tubo se ejecutó de forma simultánea y en un solo turno de trabajo.

En primer lugar, antes de proceder a la soldadura de las juntas, se realiza su limpieza empleando esmeriles.

En seguida, se montan los rieles a lo largo de la junta, el carro automático para soldadura y los andamios sobre los cuales se tienden los mantos ignífugos.

Luego, se programa el carro automático en su plataforma de control y éste inicia su labor soldando ascendentemente a mediante el proceso FCAW-mecanizado.

Una vez terminada la soldadura, se realiza la inspección visual de las juntas, aquí se registran los datos del soldador, la fecha que se realizó el trabajo, y en caso sea necesario, se indican las correcciones que se deben realizar.

Seguidamente, se vuelven a inspeccionar las dimensiones de los tubos para verificar que sus dimensiones se encuentren dentro de las tolerancias permisibles.

Al finalizar todos los procesos de soldadura, éstas se verifican al 100% mediante el ensayo de ultrasonido.

El área de Calidad de la obra está encargado de supervisar que se realicen para garantizar que la soldadura no presente fallas. La empresa Ademinsac realizó los ensayos de ultrasonido a las juntas.

3.2.4 Almacenamiento de tubos

Cuando se culmina con el ensamble de la tubería de blindaje y su inspección, ésta se retira del taller de Electromecánica y se almacena temporalmente en la zona de almacenamiento de los tubos de blindaje.

3.2.5 Montaje de 2 Tubos en viradores motorizados

El objetivo de este paso es colocar dos tubos en posición horizontal sobre los viradores motorizados. Una de ellas con anillo rigidizador y la otra sin anillo, conforme lo indican los planos.

En este sentido, se realizan maniobras de viraje como se muestra en la siguiente secuencia:

Una vez montadas ambos tubos se procede a “plantillar” de igual forma se busca obtener el diseño de la junta conforme se indica en los planos, respetando las tolerancias dimensionales.

3.2.6 Soldadura entre 2 tubos de blindaje

El objetivo en este punto es unir los 2 tubos, mencionadas en el paso anterior, para conseguir una sección de tubería de 6 metros.

La soldadura de esta junta se efectúa mediante un proceso combinado: FCAW y SAW mecanizados. La primera deposición de soldadura (raíz de la junta), se realizó con FCAW; y los siguientes, con SAW.

Se tomó esta medida considerando que la elevada temperatura que alcanza el material de aporte con el proceso SAW-mecanizado, hubiese podido ocasionar que éste se fundiera y se precipitara al otro lado de la plancha, al nivel de los bordes donde no se consiguiera aproximar completamente ambos biseles. Esta característica es difícil de conseguir ya que es complicado controlar completamente la circularidad de la tubería de blindaje.

Como en el anterior caso, primero se realiza la limpieza de la junta y seguidamente se plantilla.

Luego, se procede al primer pase de soldadura con el proceso FCAW-mecanizado con el carro automático colocado sobre un soporte, mientras el tubo gira sobre los viradores motorizados.

Seguidamente, se rellena la parte externa de la junta, aquí el tractor para SAW es colocado en el puente que se encuentra encima de la tubería de blindaje.

A continuación, el mismo procedimiento se realiza por la parte interna. En esta oportunidad, el tractor para SAW es sujetado sobre un brazo soporte y deposita el material mientras la sección de tubería gira.

Después, se procede a la inspección visual; y, finalmente, Ademinsac efectúa el ensayo de ultrasonido a la junta soldada. Luego de esto, la sección de tubería de 6 metros se encuentra liberada y es trasladada al taller de la tubería forzada para el siguiente procedimiento de montaje.

3.2.7 Montaje de 2 pares de tubos de blindaje

El objetivo ahora es unir 2 pares de tubos para lograr una sección de tubería de 12 metros. En el caso de la tubería de blindaje de Chimao, no se realiza este procedimiento ya que ingresan directamente al Túnel de Aducción con dimensiones de 6 metros de longitud.

3.2.8 Soldadura entre 2 pares de tubos de blindaje

El objetivo aquí es unir mediante soldadura los 2 pares de tubos para lograr una sección de tubería de 12 metros.

La soldadura de esta junta se efectúa mediante el proceso de soldadura FCAW-mecanizado empleando el carro automático KAT.

De igual forma, primero se limpia la junta y se realiza el "plantillado". Luego, se montan los rieles a lo largo de toda la circunferencia de la tubería de blindaje y se procede a soldar; primero por la parte externa y luego por la interna.

Una vez finalizada la junta, se realiza la inspección visual y el correspondiente ensayo de ultrasonido.

3.2.9 Montaje en el Túnel de Aducción

Consistió en montar las secciones de tubería de 12 metros en el caso de la tubería forzada, el diseño de la junta que se indica en planos es el siguiente:

La sección de tubería de 12 m. es trasladada sobre el carro. Un tractor lo empuja y éste se desliza por unos rieles hasta el punto de instalación. Luego, se colocan 4 gatas hidráulicas abajo del carro y se manipulan hasta conseguir la pendiente deseada.

El equipo de Topografía verifica el alineamiento y la inclinación que se señala en los planos.

Finalmente se sueldan 8 soportes, 4 a cada lado, y se procede a retirar el carro.

3.2.10 Soldadura en el Túnel de Aducción

En esta etapa del proceso se busca unir todas las secciones de tubería de 12 metros en el Túnel de Aducción.

De igual forma, la soldadura de esta junta se efectúa mediante el proceso de soldadura FCAW-mecanizado empleando el carro automático KAT.

Luego de realizar la limpieza de la junta, se tienden rieles y se procede a soldar. Esta vez, debido al diseño de la junta únicamente se suelda por la parte interna.

En esta etapa, los andamios colocados en el interior de las secciones de tubería, permitieron tener acceso a las juntas con más facilidad.

Para finalizar se realiza la inspección visual y el ensayo de ultrasonido de la junta soldada.

CAPÍTULO IV: MEZCLADO, TRANSPORTE Y COLOCACION DEL CONCRETO DE 25 MPa

4.1 MEZCLADO

4.1.1 Mezclado en Planta

El mezclado del concreto en planta se realizó completamente hasta que su apariencia sea de calidad uniforme, con todos sus ingredientes distribuidos equitativamente. Los mezcladores no deben ser cargados por encima de su capacidad y deberán ser operados aproximadamente a la misma velocidad para la cual fueron diseñados, determinando la máxima duración de la mezcla con el fin de obtener la mejor trabajabilidad.

4.1.2 Tiempo de Mezclado

El periodo de mezclado debe medirse en el momento en que todo el cemento y el agregado se encuentren en el tambor mezclador, con la condición que toda el agua se agregue antes que transcurra un cuarto del tiempo de mezclado. Para condiciones normales, se debe colocar en el mezclador, antes de que se agreguen los materiales sólidos, hasta aproximadamente un 10% de agua de mezclado. Entonces el agua se debe de vaciar uniformemente con los materiales sólidos, dejando aproximadamente un 10% para agregarlo después que todos los demás materiales se encuentran dentro del tambor. La homogenización para un tiempo de mezclado de 60 a 70 segundos, en la planta BENTOMAC resulta de buena a excelente.

4.1.3 Temperatura de la Mezcla

Es importante que las temperaturas máximas y mínimas del concreto sean controladas. Los concretos mezclados, colocados y curados a elevadas temperaturas, normalmente desarrollan una resistencia inicial más alta que los producidos y curados a temperaturas normales.

La característica más importante del concreto masivo que lo diferencia de otros tipos de concretos estructurales es su comportamiento térmico, en general los volúmenes de concreto considerables de los anillos de blindaje producen grandes diferenciales de temperatura entre el interior y la superficie exterior de la estructura, es decir, a medida que la temperatura del concreto en el interior aumenta y el concreto se expande, la superficie puede estar enfriándose y contrayéndose lo que provoca cambios volumétricos diferenciales, si a esto se

le añade las posibles restricciones al libre movimiento del concreto tendremos como resultado, deformaciones y tensiones que pueden causar grietas que perjudican la estructura diseñada.

En el concreto masivo las contracciones por temperatura y las tensiones se desarrollan por dos fenómenos: por la disipación del calor de hidratación del cemento y por los cambios periódicos en la temperatura entre el concreto y el ambiente del túnel de aducción.



Figura N° 4.1.- Control de la Temperatura del Concreto

4.2 TRANSPORTE

El transporte del concreto es desde la planta central al lugar de colocación, debe ser hecho en el menor tiempo posible y de tal forma que se evite la segregación o pérdida de materiales y el aumento excesivo de la temperatura del concreto.

Se logró la máxima productividad planeada en el trabajo aprovechando al máximo el personal y el equipo de manera que reducimos el tiempo de retraso durante la colocación de concreto. El intervalo de tiempo que transcurra entre el final de mezclado y la compactación es lo más corto posible, con la finalidad que la pérdida de trabajabilidad sea mínima.

4.2.1 Mezclado y transporte en camiones de concreto - Mixer

Las especificaciones consideraron el tiempo de mezclado a un máximo de 60 minutos a partir del momento en que el cemento haya entrado en el tambor y hasta que termine la descarga, otro método de especificación es no poner límites, mientras no se exceda el agua del mezclado especificado, mientras el concreto conserve propiedades físicas, plásticas y satisfactorias, así como también la consistencia y homogeneidad para su colocación y consolidación.

Cuando el tambor empieza a cargar, este gira a la velocidad designada por el fabricante y después de cargarse totalmente el camión se procede a mezclar los componentes con unas 70 a 100 revoluciones.

Al respecto puedo indicar que el volumen absoluto total de todos los ingredientes no excede el 63% de la capacidad del tambor.

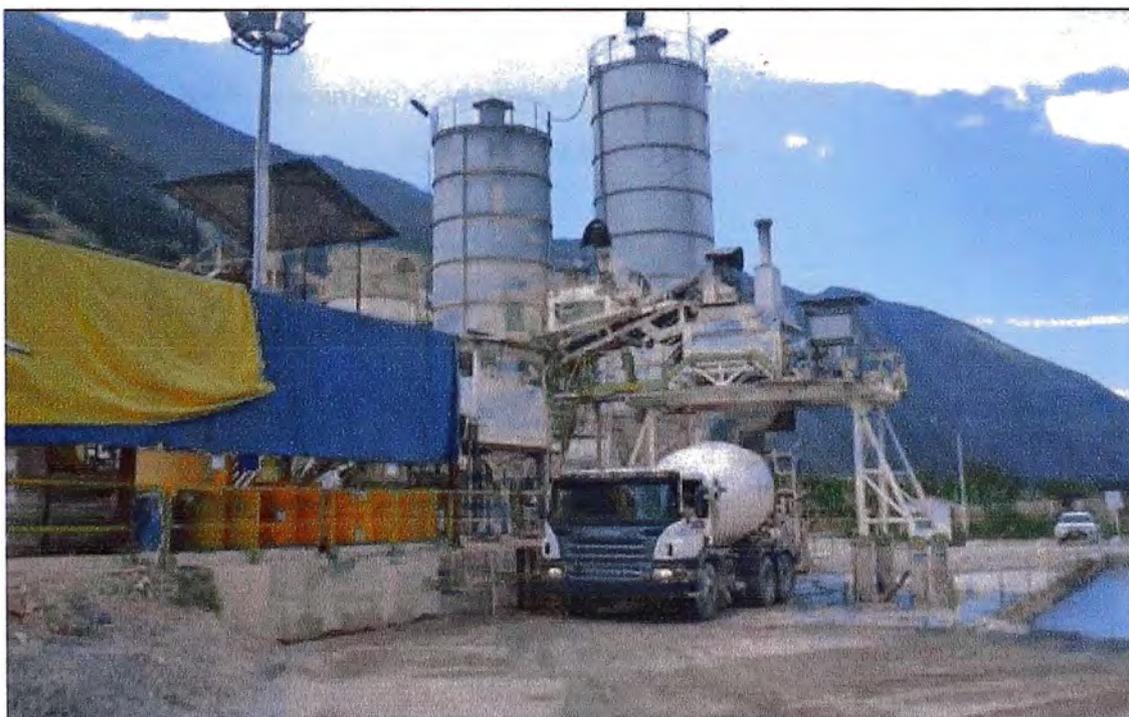


Figura N° 4.2.- Carguío del concreto en camiones - Mixer

4.2.2 Descarga

El concreto mezclado deberá ser adecuadamente descargado sobre la batea del camión de la bomba telescópica o de la bomba estacionaria dependiendo de la disponibilidad de los equipos que se encuentran en Obra, donde podemos apreciar la forma correcta de esta operación.



Figura N° 4.3.- Procedimiento adecuado de la descarga del concreto a la batea de la bomba telescópica

4.3 COLOCACIÓN

4.3.1 Inspección y ensayo para la recepción del concreto

Una vez que el concreto ha llegado al sitio donde será colocado, deberá ser inspeccionado y evaluado por personal de control de calidad (laboratorio) para determinar su conformidad de acuerdo a sus características de diseño (tipo/clase de concreto, temperatura, slump, etc.).

4.3.2 Temperatura de colocación del concreto

En general, la temperatura de colocación del concreto no será mayor a 30°C y por tanto, se debe emplear medios efectivos para mantener la temperatura de la mezclas bajo el limite indicado.

4.3.3 Colocación de Concreto

a) Colocación del solado

La colocación del solado se ejecutó con paños de 15m cada uno en forma progresiva iniciando el concretado de nivelación en el Km. 14+233.84 hasta el Km. 14+497.84, con una pendiente de $S=0.95\%$, en este proceso de nivelación se tuvo presencia de agua donde se utilizó equipos como la bomba diafragma que funcionan con aire conectando una manguera de 1" de diámetro ingresando al cilindro de dimensiones (35cm x 65cm), con una entrada y salida de mangueras de 4" de diámetro, la de menor longitud se coloca en los pozos de agua donde va absorbiendo rápidamente y deja totalmente seca para el colocado del concreto de nivelación con la finalidad que exista una buena adherencia con la roca.

Esta limpieza conocida como tratamiento de juntas de construcción debe ser ejecutada conforme lo indicado en el procedimiento CHC-PRO-PO-021- Tratamiento de Juntas de Construcción en Concreto.



Figura N° 4.4.- Limpieza de roca para colocación del solado

b) Colocación del concreto de 25 Mpa

Se deberá de contar con el equipo necesario para la colocación del concreto.

El concreto debe ser colocado lo más cerca posible a su posición final, utilizando tuberías con la finalidad que no se produzca segregación de sus componentes y debe cubrir todos los ángulos y partes irregulares de los encofrados y los anillos de blindaje, alrededor de las piezas embebidas.

El concreto será colocado en sub-capas continuas hasta alcanzar el espesor indicado en los planos.

El personal del control de la calidad inspecciona las instalaciones, los encofrados, elementos embebidos, etc., para asegurar que estén de acuerdo a los planos de referencia y a las especificaciones.

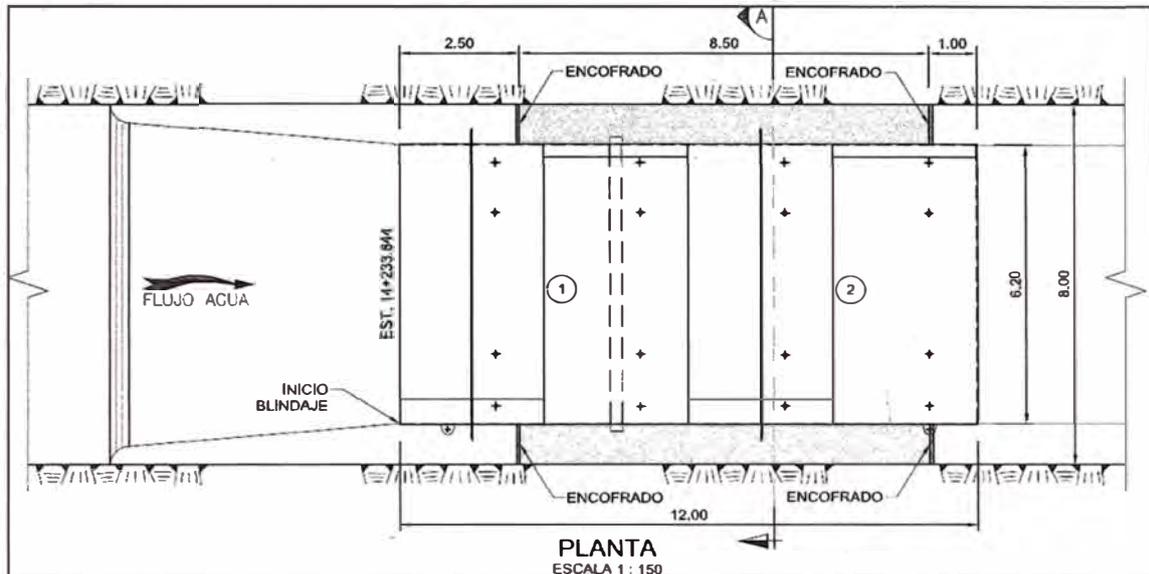
No permitimos realizar vaciados de concreto sobre superficies inundadas, o en zonas de infiltraciones no controladas o con falta de iluminación, sin que se apliquen técnicas adecuadas para su ejecución tales como concreto submerso, pozos provisionales de drenaje u otras metodologías que garanticen la ejecución de los servicios de colocación de concreto dentro de los estándares de calidad y seguridad adoptados.

El concreto se colocará en capas horizontales de 30 a 50 cm. de espesor y evitando capas inclinadas y juntas frías. Para construcción monolítica, cada capa de concreto se debe colocar mientras que la capa subyacente aún sea sensible a la vibración; así mismo las capas deben ser lo suficientemente delgadas para permitir que dos capas queden bien unidas por una vibración apropiada. El método escalonado de colocación se emplea en esta estructura masiva donde se abarcan grandes áreas, para impedir la formación de juntas frías. En este método, la colocación de concreto se hace por una serie de capas horizontales escalonadas.

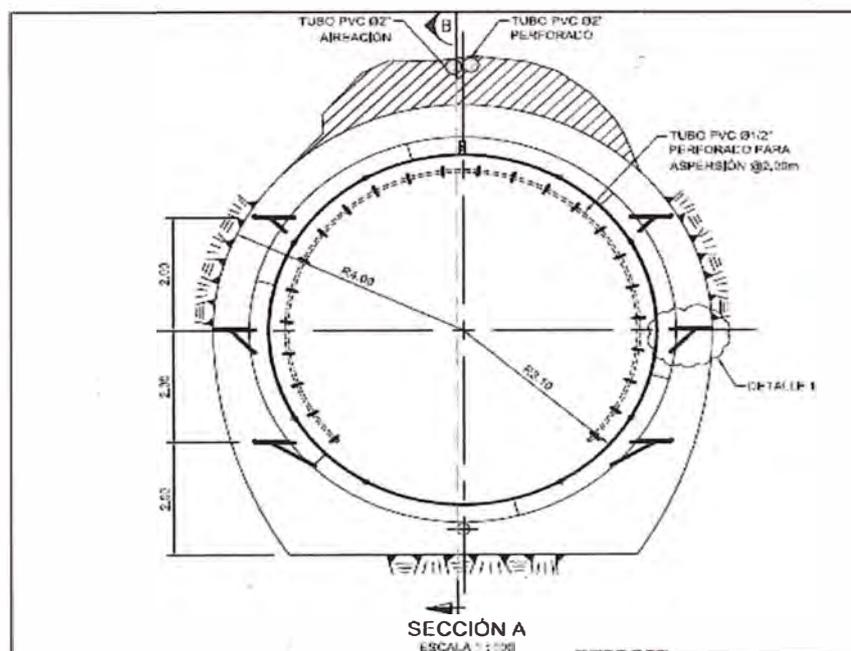
El equipo debe disponerse de tal manera que el concreto tenga una caída vertical libre máxima de 1.5 m hasta el punto de colado en la base de las patas de la tubería de blindaje.

El tiempo de demora dependerá de la temperatura y las características del fraguado de concreto que se emplee, generalmente alrededor de 1 hora, pero la colocación se debe empezar lo suficientemente pronto como para permitir la liga de la capa nueva con la anterior por medio de vibración.

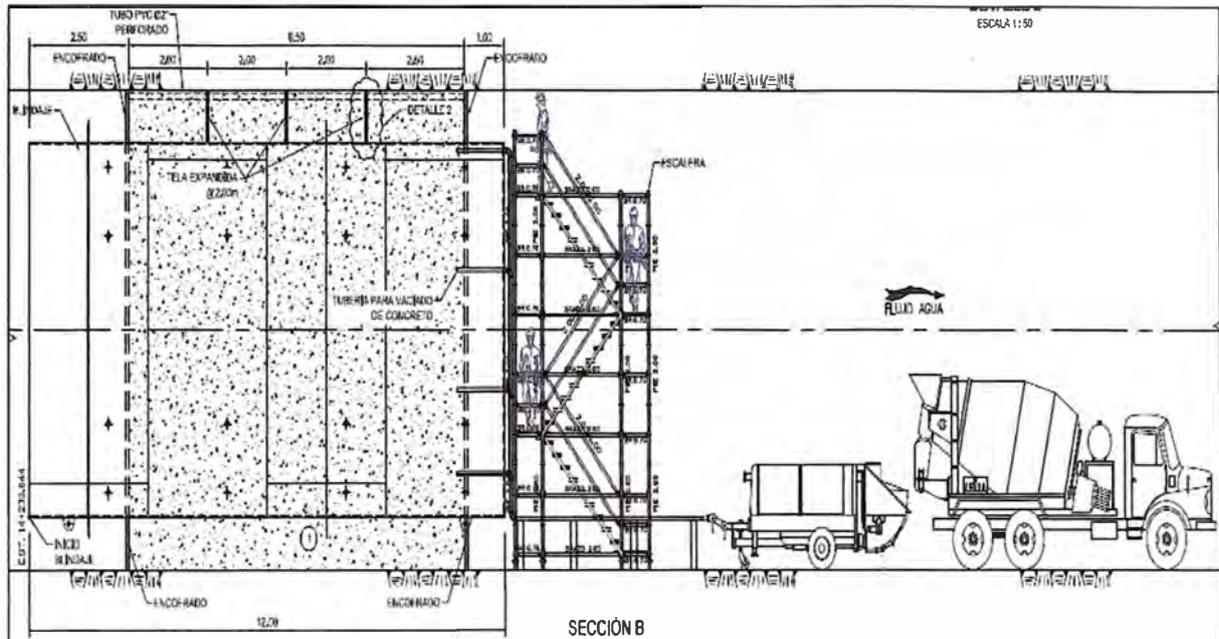
En general el concreto deberá colocarse en capas horizontales de espesor uniforme, consolidando adecuadamente cada capa antes de colocar la siguiente capa.



Gráfica N° 4.1.- Planta del sector de concretado de la tubería de blindaje



Gráfica N° 4.2.- Corte A-A, del sector de concretado de la tubería de blindaje



Gráfica N° 4.3.- Perfil del concretado de la tubería de blindaje



Figura N° 4.4.- Mixer descargando el concreto tipo 25 MPa, en el camión
(Bomba Telescópica)

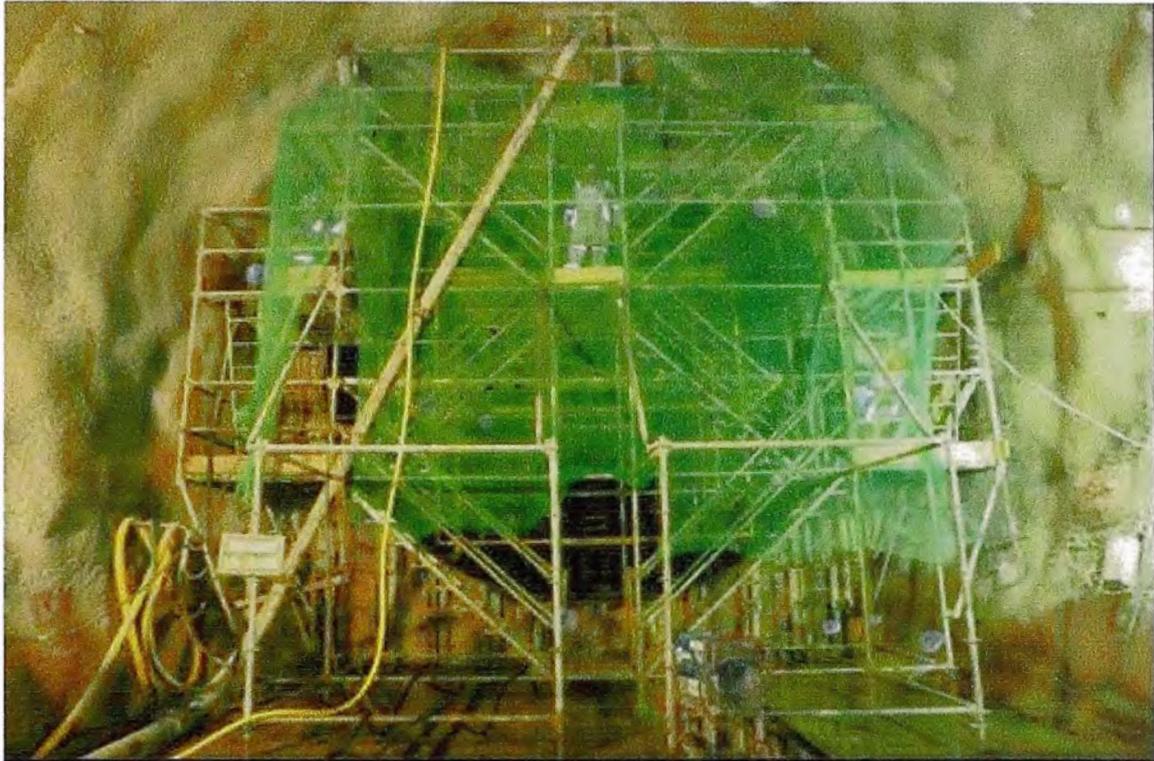


Figura N° 4.5.- Tubería instalada por el andamio ULMA



Figura N° 4.6.- Tubería transportando el concreto tipo 25 MPa

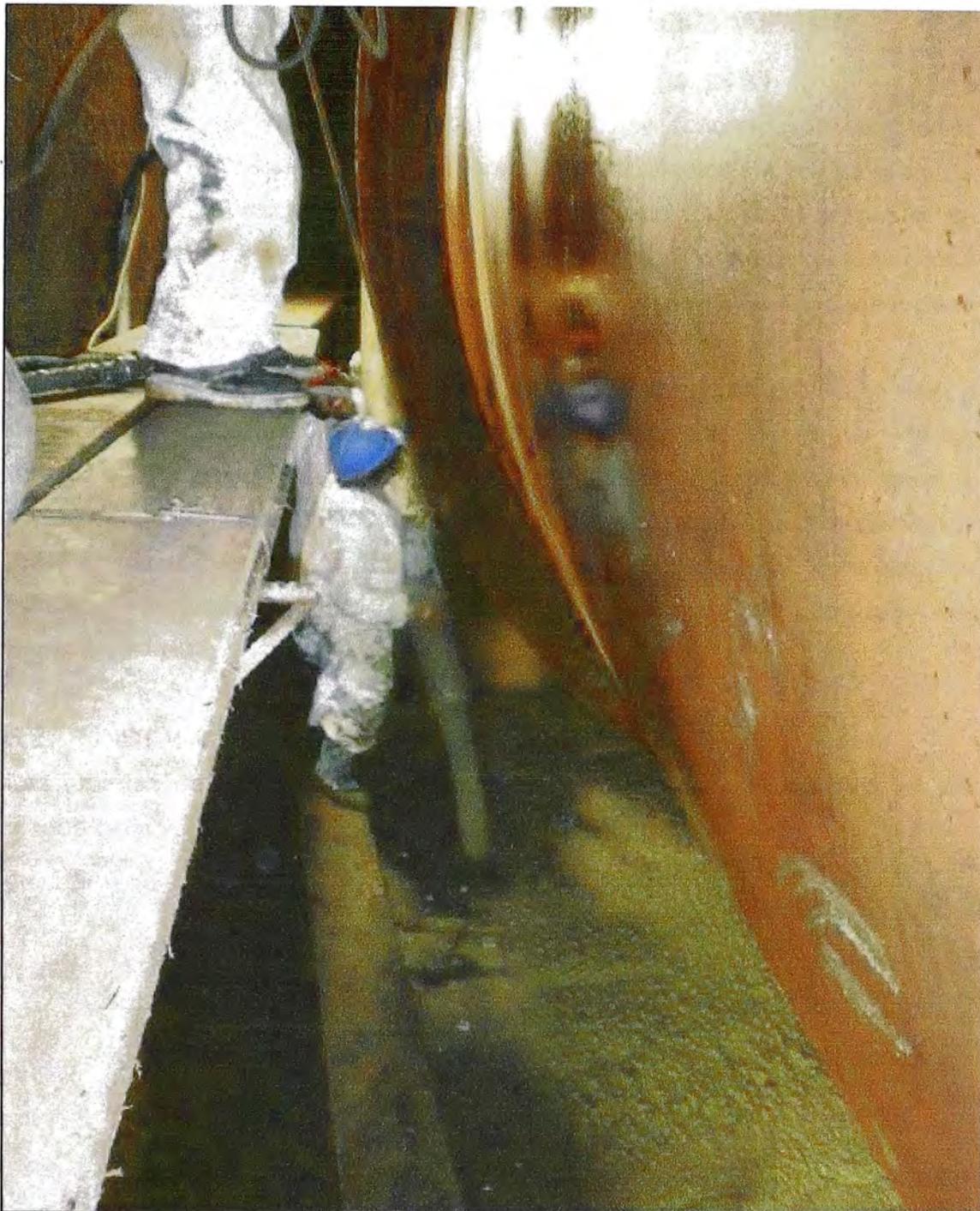


Figura N° 4.7.- Colocación del concreto en el lado derecho hidráulico de los
tubos de blindaje

CAPÍTULO V: COLOCACION DEL SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO

5.1 HABILITACION DEL SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO

De acuerdo a los análisis de temperaturas de los concretos de volúmenes considerables se definió que la elaboración y habilitación de las tuberías de PVC de 1", debieron unir en forma de "S" los que forman el serpentín de enfriamiento, materiales que se habilitaron en tuberías horizontales, uniéndose con codos de 90 entre cada una de los tramos horizontales y entre cada tubería queda una separación de 1m en la horizontal.

Se denomina serpentín de enfriamiento a las tubería que en este caso fueron de PVC de 1", que en forma de "S", se colocaron en todo el perímetro de los tubos de blindaje, que se utilizó para hacer ingresar y conducir las aguas a través de esta tubería de PVC de 1", que fueron provenientes de las quebradas más cercanas del sector de blindaje, con la finalidad de controlar las temperaturas logrando retirar el calor fácilmente mediante la circulación del agua.

5.2 INSTALACION DEL SERPENTIN

Las tuberías de PVC de 1", son colocadas de acuerdo a lo indicado en los planos cuya separación en cada uno de ellos es de 1.00m.



Figura N° 5.1.- Tubería de inicio del serpentín de enfriamiento, lado izquierdo hidráulico.



Figura N° 5.2.- Separación de 1m entre cada tubería del serpentin



Figura N° 5.3.- Serpentin de enfriamiento – Instalado

5.3 FUNCIONAMIENTO DEL SERPENTIN

La especificación y selección correcta de los serpentines de enfriamiento es clave para lograr las condiciones deseadas de enfriar el concreto de los tubos de blindaje y mejorar el tipo de curado de la estructura concretada.

Para especificar correctamente los requerimientos de los serpentines de enfriamiento es necesario que el cálculo de carga de los espacios acondicionados se haga separando lo que es su carga sensible y su carga latente. Así, con la ayuda de la carga psicométrica, determinar el caudal correcto de agua y los valores correspondientes de temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo a la entrada y salida del serpentín de enfriamiento, respetando las reglas del comportamiento de los serpentines de enfriamiento descritos por ASHRAE en su texto "HVAC Systems and Equipment" que se menciona parcialmente en el siguiente párrafo.

En todo serpentín que enfría y deshumedece, la extensión de la línea recta que une la condición de entrada y salida del agua en la carta psicométrica debe intersectar la línea de saturación. Esta intersección recibe el nombre de temperatura promedio de la superficie del serpentín, también conocida por algunos como temperatura del punto de rocío del serpentín. Si las cargas o las condiciones a mantenerse en el espacio son tales que no es posible lograr una intersección, ello es señal que el serpentín de enfriamiento por sí solo no logrará la condición deseada en el ambiente y que si necesitará de un elemento adicional después del serpentín o se necesitará aceptar una condición diferente en el ambiente o se tendrá que recurrir a un sistema diferente de acondicionamiento.



Figura N° 5.4.- Salida del agua por el serpentin del lado derecho.



Figura N° 5.5.- Salida del agua por el serpentin de enfriamiento del lado izquierdo.



Figura N° 5.6.- Ingreso del agua por ambos ramales del serpentín de enfriamiento

5.4 CONTROL DE LA TEMPERATURA

La característica más importante del concreto masivo que lo diferencia de otros tipos de concretos estructurales es su comportamiento térmico, en general esta estructura de blindaje produce grandes diferenciales de temperatura entre el interior y la superficie exterior de la estructura, es decir, a medida que la temperatura del concreto en el interior aumenta y el concreto se expande, la superficie se está enfriando y contrayendo lo que provoca cambios volumétricos diferenciales, si a esto se le añade las posibles restricciones al libre movimiento del concreto tendremos como resultado, deformaciones y tensiones que pueden causar grietas que perjudican a la estructura de la tubería de blindaje del túnel de aducción de la Central Hidroeléctrica Chaglla.

A continuación se muestra:

La gráfica de los puntos del concretado de la tubería de blindaje donde se colocó el cable de la termocupla que sirvieron para tomar las lecturas correspondientes a cada hora, de la estructura de blindaje, tal como se muestra la gráfica adjunta.

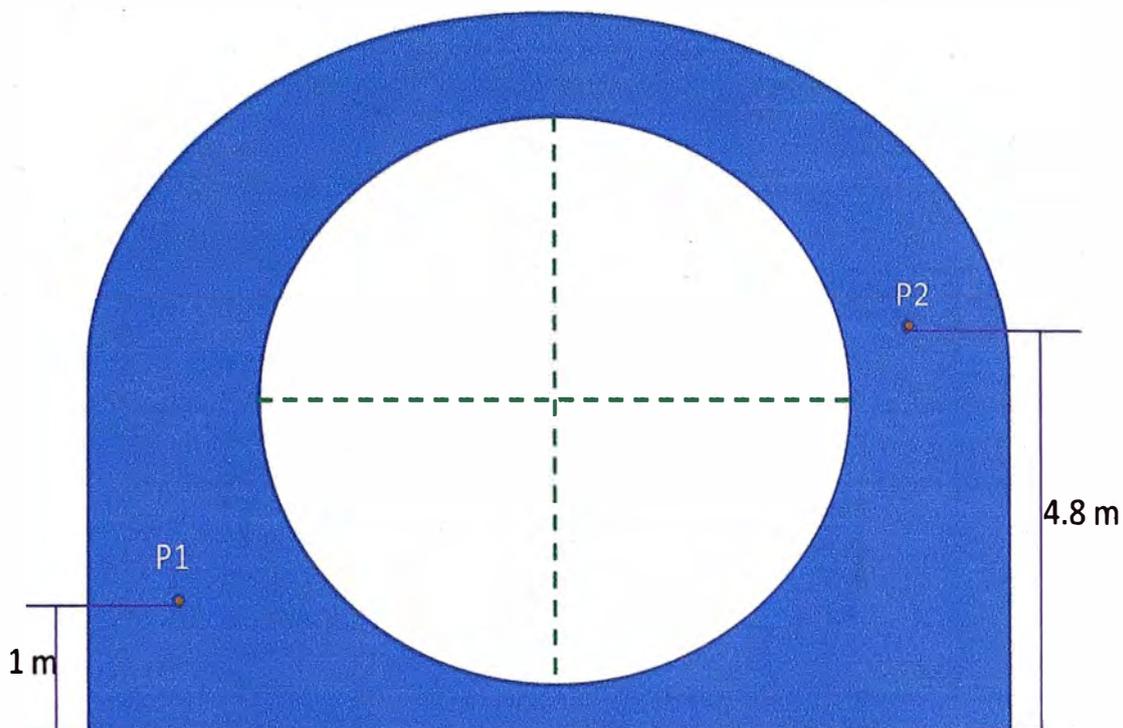


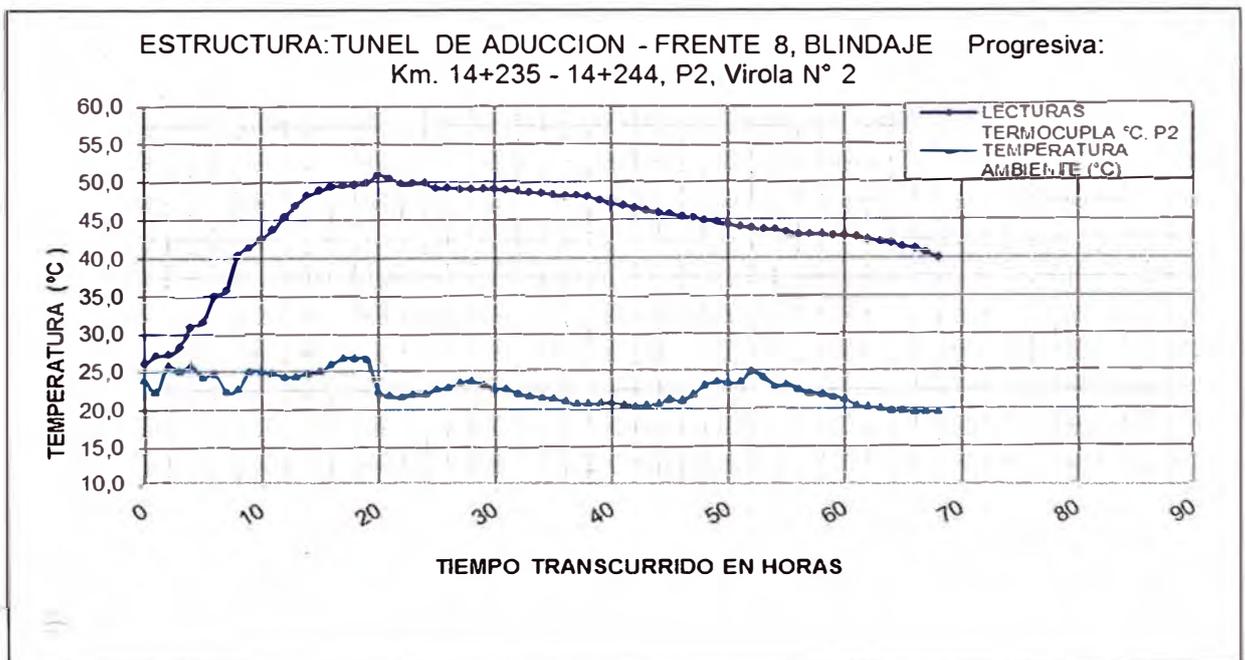
Figura N° 5.7.- Sección transversal, ubicación del cable de la Termocupla

Además se muestra el cuadro que resulta de cada una de las lecturas de la termocupla, tal como se indica en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 5.1.- Lecturas de la Termocupla a cada hora

PROYECTO CENTRAL HIDROELÉCTRICO DE CHAGLLA Instrumentación del Centro Tecnológico				
EQUIPO:		THERMOMETER OMEGA RDXL4SD -N.I.194184 Virola N° 2		
ESTRUCTURA: TUBERIA DE BLINDAJE – SALIDA DEL TUNEL DE ADUCCION Progresiva: Km. 14+244 /256				
DÍA	FECHA Y HORA	LECTURAS (°C)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	TIEMPO (Hrs.)
20/06/2013	20/06/13 12:00	26,00	23,90	0
	20/06/13 13:00	27,10	22,40	1
	20/06/13 14:00	27,20	25,70	2
	20/06/13 15:00	28,30	25,10	3
	20/06/13 16:00	31,00	25,80	4
	20/06/13 17:00	31,60	24,30	5
	20/06/13 18:00	35,00	24,70	6
	20/06/13 19:00	35,80	22,40	7
	20/06/13 20:00	40,40	22,70	8
	20/06/13 21:00	41,40	25,10	9
	20/06/13 22:00	42,50	25,00	10
20/06/13 23:00	43,70	24,70	11	
21/06/2013	21/06/13 0:00	45,40	24,30	12
	21/06/13 1:00	46,90	24,30	13
	21/06/13 2:00	48,20	24,80	14
	21/06/13 3:00	48,80	25,00	15
	21/06/13 4:00	49,40	25,90	16
	21/06/13 5:00	49,50	26,80	17
	21/06/13 6:00	49,60	26,70	18
	21/06/13 7:00	49,80	26,60	19
	21/06/13 8:00	50,90	22,40	20
	21/06/13 9:00	50,40	21,80	21
	21/06/13 10:00	49,80	21,70	22
	21/06/13 11:00	49,80	22,10	23
	21/06/13 12:00	49,80	22,00	24
	21/06/13 13:00	49,20	22,70	25
	21/06/13 14:00	49,20	22,90	26
	21/06/13 15:00	49,10	23,60	27
	21/06/13 16:00	49,00	23,80	28
	21/06/13 17:00	49,00	23,30	29
	21/06/13 18:00	49,00	22,70	30
	21/06/13 19:00	48,80	22,70	31
	21/06/13 20:00	48,70	22,00	32
	21/06/13 21:00	48,70	21,70	33
	21/06/13 22:00	48,60	21,60	34
	21/06/13 23:00	48,30	21,40	35
22/06/2013	22/06/13 0:00	48,20	21,00	36
	22/06/13 1:00	48,20	20,80	37
	22/06/13 2:00	48,00	20,80	38
	22/06/13 3:00	47,60	20,80	39
	22/06/13 4:00	47,10	20,80	40
	22/06/13 5:00	46,90	20,60	41

	22/06/13 6:00	46,60	20,40	42
	22/06/13 7:00	46,20	20,50	43
	22/06/13 8:00	45,80	20,70	44
	22/06/13 9:00	45,60	21,20	45
	22/06/13 10:00	45,40	21,00	46
	22/06/13 11:00	45,20	21,90	47
	22/06/13 12:00	44,90	23,10	48
	22/06/13 13:00	44,60	23,50	49
	22/06/13 14:00	44,30	23,40	50
	22/06/13 15:00	44,00	23,50	51
	22/06/13 16:00	43,80	24,90	52
	22/06/13 17:00	43,60	24,10	53
	22/06/13 18:00	43,60	23,10	54
	22/06/13 19:00	43,40	23,20	55
	22/06/13 20:00	43,00	22,50	56
	22/06/13 21:00	43,00	22,10	57
	22/06/13 22:00	43,00	21,80	58
	22/06/13 23:00	42,80	21,60	59
23/06/2013	23/06/13 0:00	42,80	21,20	60
	23/06/13 1:00	42,60	20,40	61
	23/06/13 2:00	42,40	20,20	62
	23/06/13 3:00	42,00	20,00	63
	23/06/13 4:00	41,80	19,70	64
	23/06/13 5:00	41,40	19,70	65
	23/06/13 6:00	41,20	19,50	66
	23/06/13 7:00	40,60	19,60	67
	23/06/13 8:00	40,20	19,50	68



Grafica N° 5.1.- Temperatura (vs) Tiempo



Figura N° 5.8.- Lectura máxima de la Termocupla (50.1°C)

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Para la dosificación, elaboración y colocación del concreto, se deberá conseguir la mejor combinación de los agregados con la finalidad de obtener trabajabilidad, resistencia y durabilidad.
- La limpieza de roca con agua y aire a presión, permite obtener una mejor colocación y adherencia del concreto.
- En toda obra de concreto se deberá cuidar todas las etapas en la tecnología del concreto, es decir, el almacenamiento de materiales, dosificación, mezclado, transporte, colocación, compactación, curado, terminado y protección, a fin de garantizar la calidad de la estructura de blindaje del Túnel de Aducción.
- En el sistema del serpentín de enfriamiento utilizado en este caso, es el que consiste en hacer circular agua fría y/o a temperatura ambiente por una tubería PVC de 1", embebida en el concreto, este sistema ha demostrado ser adecuado para mantener la diferencia de temperaturas entre el interior de la masa del concreto y su superficie en niveles adecuados para evitar grandes deformaciones por temperatura diferencial y las grietas asociadas, adicionalmente se logra que en un lapso corto que va de 48 a 60 horas, tenga una temperatura de 40°C, tal que nuevamente pueda ingresar la siguiente sección de la tubería de blindaje.
- Se deberá poner especial atención en la instalación de la tubería del serpentín de enfriamiento para evitar que ésta se mueva o se rompa y se llene de concreto ocasionando taponaduras y/o filtraciones del agua de enfriamiento y al mismo tiempo mucho cuidado en la operación del sistema para asegurar la temperatura, de esta forma evitaremos ineficiencias y esfuerzos no deseados en el concreto.
- Finalmente, un buen resultado en cuanto a la calidad, el comportamiento, el tiempo y la economía de la estructura de concreto será producto de una serie de medidas en relación a la correcta ejecución de las estructuras y aun adecuado curado del concreto con el serpentín de enfriamiento.

6.2 RECOMENDACIONES

- Para retirar el agua que existe en el terreno de fundación se recomienda utilizar la bomba diafragma de forma cilíndrica (diámetro =35cm y altura =65cm, con mangueras de 4" en la entrada y salida), con la finalidad de obtener una roca sin presencia de agua, para una mejor adherencia del concreto – solado.
- Se recomienda utilizar los serpentines de enfriamiento para aquellos volúmenes de concreto considerable.
- El serpentín de enfriamiento deberá ser instalado y probado antes de colocar el concreto con la finalidad de que no se obstruya o tenga alguna fuga de agua.
- El concreto deberá ser colocado con mucho cuidado, con la finalidad de no romper la tubería del serpentín de enfriamiento.
- Se sugiere poner especial atención en la instalación de la tubería de enfriamiento con la finalidad de evitar que ésta se mueva o se rompa y se llene de concreto.

BIBLIOGRAFÍA

- Abanto Castillo, Flavio “Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas)”. Editorial San Marcos, Lima.
- Amacifuen Figueroa, Rodney Walter “Curado y Protección de Concretos Colocados en Climas Frios”. Tesis para optar Título Profesional FIC-UNI. Lima, 2001
- Capeco, “Reglamento Nacional de Construcciones”, Biblioteca UNI-FIC, Lima 2002.
- Melendez Romero, Baldwin Alex “Métodos de Colocación de Concreto Bajo Agua y Aplicación en Obras Portuarias”. Tesis para optar Título Profesional FIC-UNI. Lima, 2002
- Indecopi “Norma Técnica Peruana”. LEM-FIC-UNI, Lima 2011.
- Rivva López, Enrique, Materiales para el Concreto ICG, Lima.
- Ruiz Enero, Patricia Angelica “Influencia de los Métodos Comunes de Curado en los Especímenes de Concreto de Alto Desempeño”. Tesis para optar Título Profesional FIC-UNI. Lima, 2006.
- XXX Jornada Ssul- Americanas De Engenharia Estrutural– Universidade de Brasília – UnB Brasília, DF - Brasil. Mayo de 2002.

ANEXOS

ANEXO A: JORNADA SSUL- AMERICANAS DE ENGENHARIA ESTRUCTURAL – UNIVERSIDADE DE BRASILIA – UNB BRASILIA, DF – BRASIL MAYO 2002.

ANEXO B: HOJA DE SEGURIDAD DEL INTRAPLAST PE

ANEXO C: SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL – HOJAS DE SEGURIDAD

ANEXO D: HOJA DE SEGURIDAD – SIGUNIT L-60 AF



27 a 31 de Maio de 2002 – Universidade de Brasília – UnB
Brasília, DF – Brasil

Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural

Análise de Temperatura do Concreto Utilizado nas Estruturas da 3ª Ponte do Lago Sul de Brasília-DF

AUTORES : Eduardo de Aquino Gambale(1); José Francisco Faraje do Nascimento (1); Moacir Alexandre (1); Rubens Machado Bittencourt(1); Walton Pacelli de Andrade(1); Wilson Amaral (2) ,
(1) Furnas Centrais Elétricas S.A. (2) Via Engenharia S.A., Brasil

RESUMO

Neste trabalho é apresentado o estudo realizado para concretagem dos blocos da 3ª ponte do lago Sul. Os estudos realizados compreenderam a análise do comportamento térmico do concreto massa variando-se a altura das camadas de concretagem, utilização de gelo para a pré refrigeração do concreto e pós refrigeração com circulação de água do lago através de serpentinas. São apresentados também os resultados dos estudos de caracterizações das propriedades mecânicas, elásticas e térmicas do concreto com dimensão máxima característica de 19 mm utilizando-se o agregado do tipo litológico calcário

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho estão apresentados os resultados obtidos na execução dos estudos do comportamento térmico do concreto para a 3ª Ponte do Lago Sul, incluindo os seguintes tópicos:

- Caracterização dos materiais para concreto;
- Caracterização das propriedades mecânicas, elásticas e térmicas do concreto bombeado;
- Estudo da refrigeração do concreto;
- Análise do comportamento térmico;
- Plano de Concretagem

Os estudos foram conduzidos nos laboratórios do Departamento de Apoio e Controle Técnico de FURNAS Centrais Elétricas S.A., em Goiânia.

Os dados de composição e os resultados dos ensaios com o concreto fresco, das dosagens utilizadas para a realização dos ensaios de caracterização, estão mostrados nas Tabelas 4.1.1.

Tabela 4.1.1 - Dados de Composição em Kg/m³ dos Concretos Bombeados Estudados

Dosagem	E-8969		E-8979	
	SSS	Seco	SSS	Seco
Agregados em estado				
Cimento	246	246	434	434
Pozolana	---	---	109	109
Escória	246	246	---	---
Água	181	192	205	214
Areia Natural (Kg/m ³)	326	324	703	699
Areia Artificial (Kg/m ³)	252	249	---	---
Areia Artificial de Quartzo (Kg/m ³)	101	101	---	---
Brita B0 (Kg/m ³)	941	935	279	277
Brita B1 (Kg/m ³)	---	---	649	646
Aditivo Reax - Rx 104R	1,72	1,72	---	---
Aditivo Reax - 3000	9,82	9,82	---	---
Aditivo Chrysoplast Cer (ml/m ³)	---	---	4,342	4,342
Aditivo Chryso Optima	---	---	1,305	1,305
Relação A/(Cimento + Adição)	0,368	0,390	0,377	0,394
Abatimento (mm)	225		190	
Ar Incorporado (%)	6,2		2,2	
Massa Específica (kg/m ³)	2297		2399	

2. ANÁLISE TÉRMICA

Os cálculos de temperatura foram realizados através do modelo bidirecional e unidirecional de transmissão de calor utilizando-se o método de elementos finitos. Foram levados em consideração as propriedades térmicas do concreto, os métodos construtivos e a temperatura média ambiente.

Os estudos obedeceram o planejamento de concretagem estabelecido pelo projeto executivo, o qual define a concretagem com uma velocidade de bombeamento do concreto de 20 m³/hora, que equivale a subida do concreto a uma velocidade de 0,50 m/dia.

2.1. Metodologia de Cálculo

O problema da condução térmica de calor no concreto consiste na resolução numérica da equação de propagação de calor em um meio sólido, deduzida a partir da Lei de Fourier, e no princípio da conservação da energia [3][4].

A equação que representa o fenômeno é mostrada a seguir.

$$h^2 \nabla^2 T + \partial T_a / \partial t = \partial T / \partial t \quad (2.1)$$

onde:

- T = temperatura do elemento de volume considerado;
- t = variável tempo;
- T_a = elevação adiabática de temperatura no elemento de volume do concreto em questão;
- h² = difusividade térmica;
- h² = k / ρ.c
- k = condutividade térmica;
- c = calor específico;
- ρ = massa específica

A resolução da equação diferencial acima pode ser feita pelo método dos elementos finitos ou pelo método das diferenças finitas. No caso deste relatório, adotou-se o método dos elementos finitos.

2.2. Malhas de Elementos Finitos

Para os cálculos de temperatura, foi considerada a seção CORTE A A do projeto FO 103 para o Bloco B4 e CORTE B B do projeto FO-209 para a simulação do Bloco B7. As malhas de elementos finitos correspondentes a estas seções estão apresentadas nas Figuras 7.2.1 a 7.2.3.

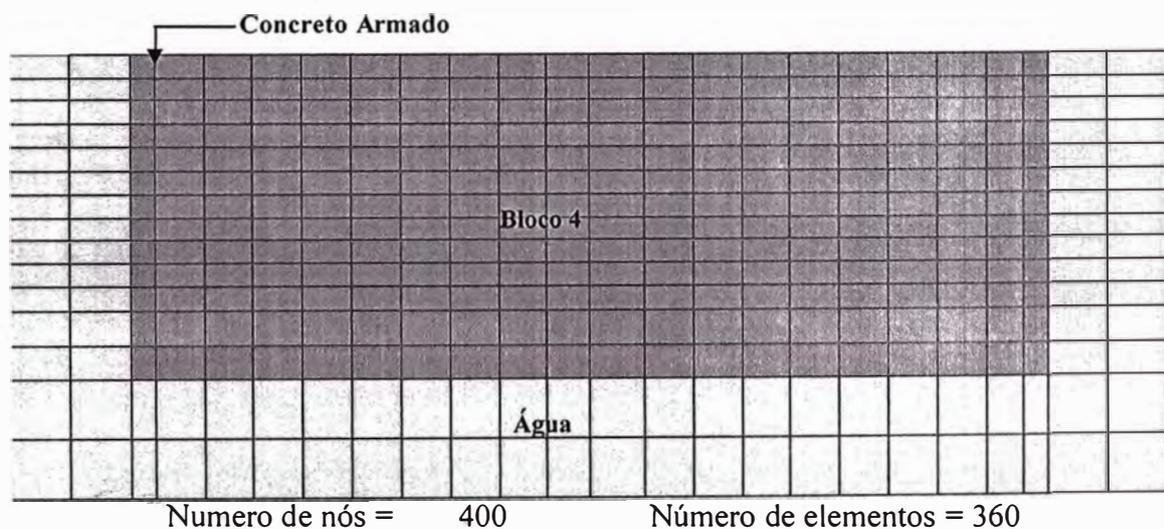


Figura 2.2.1 - Malha Utilizada nos Cálculos das temperaturas do Bloco 4 - Modelo Bidirecional de Propagação de Calor - Corte A A

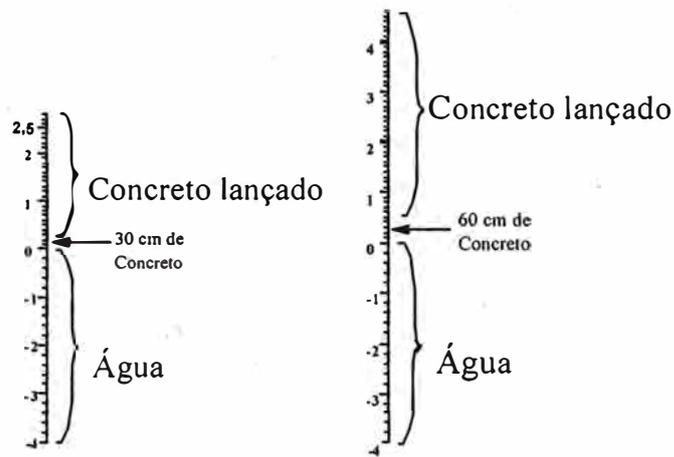


Figura 2.2.2

Figura 2.2.3

Figura 2.2.2 - Malha Utilizada nos Cálculos das temperaturas dos Blocos 4 e 10 - Modelo Unidirecional de Propagação de Calor - Corte A A / Figura 2.2.3 - Malha Utilizada nos Cálculos das temperaturas do Bloco 7 - Modelo Unidirecional de Propagação de Calor - Bloco 7 - Corte B B

2.3. Propriedades Térmicas do Concreto

As propriedades térmicas adotadas do concreto estão apresentadas na Tabela 7.3.1.

Tabela 2.3.1 - Propriedades Térmicas

Propriedade	Parâmetros Térmicos
Calor Específico (kcal/kg.°C)	0,20
Difusividade Térmica (m ² /dia)	0,07705
Condutividade Térmica (kcal/m.h.°C)	36,18
Massa específica (Kg/m ³)	2348
Coefficiente de Dilatação Térmica (10 ⁻⁶ /°C)	9,11

O conhecimento da elevação da temperatura do concreto, decorrente de reação exotérmica resultante da hidratação do cimento, nas construções massivas, só é possível através do conhecimento da elevação adiabática da temperatura.

O calor gerado nessa reação, embora possa ser medido por ensaio com o próprio cimento na pasta pura ou em argamassa, só pode ser conhecido com exatidão através da curva de elevação adiabática da temperatura do concreto, medida em um calorímetro adiabático ou através de instrumentação de uma peça na obra.

As curvas de elevação adiabática, ou evoluções unitárias de temperatura, neste caso foram obtidos através da instalação de dois termômetros de resistência elétrica tipo Carlson em um bloco executado no canteiro de obras A Figura 2.1 ilustra a curva de elevação adiabática obtida da dosagem supracitada.

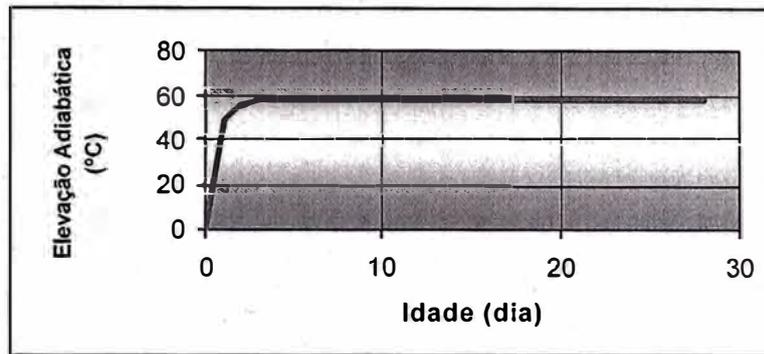


Figura 2.1 - Elevação Adiabática da Temperatura

2.4. Condições de Contorno

2.4.1. Temperatura Ambiente

As temperaturas médias ambientes diárias medidas em um termômetro instalado no lago e no local da obra entre 02 de abril de 2001 a 18 de abril de 2001 mostrou uma temperatura média diária igual a 26°C.

2.4.2. Coeficientes de Transmissão Superficial de Calor

Foram considerados os seguintes coeficientes de transmissão superficial de calor através das diferentes superfícies:

- Concreto/bainha/água: 12,8 kcal/(m².h.°C)
- Concreto/ar: 12 kcal/(m².h.°C)
- Concreto/água de cura/ar: 200 kcal/(m².h.°C)

2.5. Curvas Isotérmicas

Para o Bloco 10, os resultados da análise do comportamento térmico no modelo bidirecional são representados pelas isotermas das Figuras 2.5.1 e 2.5.2.

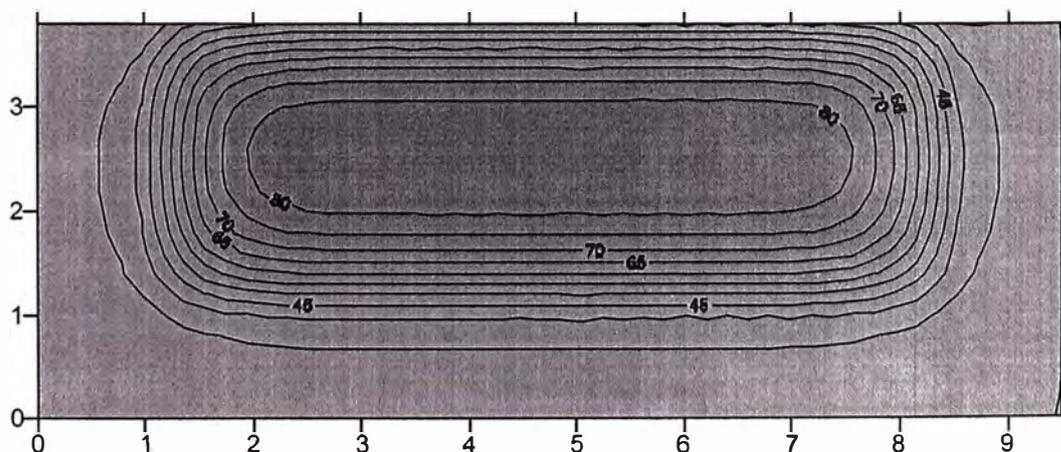


Figura 2.5.1 - Bloco 4 sem Pós-Refrigeração - Isoterma na Idade de 52 horas - Temperatura Máxima de 84,92°C

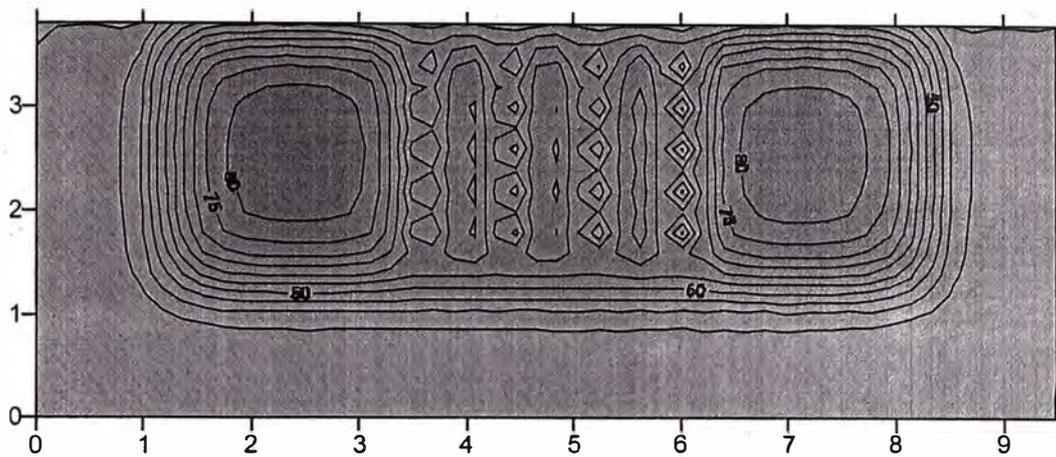


Figura 2.5.2 - Bloco 4 com Pós-Refrigeração na Região Central - Isoterma na Idade de 32 horas - Temperatura Máxima na região refrigerada é de 75,31°C.

Observa-se na isoterma da Figura 2.5.2 que onde não foi colocado a refrigeração a temperatura é maior que 80°C.

2.6. Temperaturas Máximas Obtidas

Na Tabela 2.6.1 está apresentado um resumo das temperaturas máximas obtidas para o modelo unidirecional nas duas hipóteses para o Bloco 7 (Altura de 4 metros). Na Figura 5.6.1 estão mostrados os resultados da Tabela 2.6.1 plotados em um gráfico.

Tabela 2.6.1- Temperaturas Máximas do Concreto na Estrutura

Hipótese	Alternativa	Intervalo de Lançamento (dia)	Descrição da Hipótese	Nó	Idade (dia)	Temperatura Máxima Atingida (°C)
1	1	--	Lançamento instantâneo	31	3	88,37
2	1	1	Lançamento de duas camadas de 2,00 metros	36	4	86,61
	2	2		38	5	85,32
	3	3		39	5,5	84,47
	4	7		40	9	83,64
3	1	1	Lançamento de quatro camadas de 1,00 metro	33	5	82,27
	2	2		43	8	77,13
	3	3		45	10	75,17
	4	7		45	22	73,42
4	1	1	Lançamento de oito camadas de 0,50 m	37	8	75,09
	2	2		47	15	67,04
	3	3		48	22	64,09
	4	7		48	50	61,09
5	1	1	Lançamento de uma camada de 0,50 m seguido de uma espera de 10 dias. Retomada com 3 camadas de 1,00 m e última de 0,50 m	37	15	81,96
	2	2		38	16	76,90
	3	3		40	17	75,11
	4	4		40	19	74,42
	5	5		40	21	73,95
6	1	2	Lançamento de uma camada 0,50 m seguido de uma espera de 11 dias. Retomada com 3 camadas de 1,00 m e última de 0,50 m	38	17	76,89
	2	3		40	18	75,11
	3	4		40	20	74,42
	4	5		40	22	73,95
	5	6		40	24	73,61

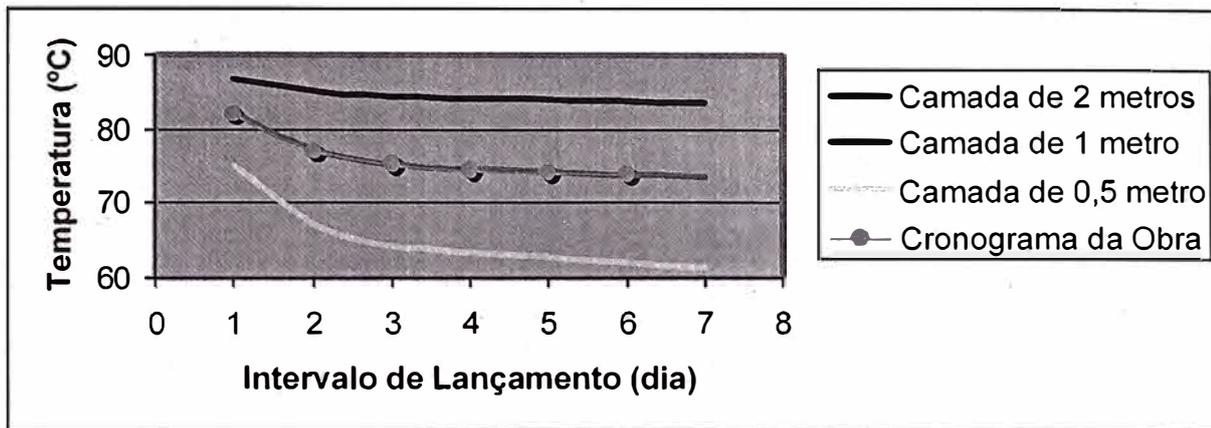


Figura 2.6.1 - Bloco 7 - Modelo Unidirecional - Temperaturas Máximas na Estrutura de Concreto x Intervalo de Lançamento Entre as Camadas

2.7. Análise de Segurança Contra a Fissuração

Para se avaliar a segurança da estrutura contra a fissuração de origem térmica, é necessária a realização de análises de tensões e/ou deformações atuantes na estrutura, o que exige o conhecimento de algumas propriedades do concreto. Estas propriedades são as seguintes:

- coeficiente de dilatação térmica;
- módulo de elasticidade;
- fluência;
- resistência à tração;
- capacidade de deformação.

Se as estruturas de concreto tivessem total liberdade para se deformar quando sujeitas a uma variação de temperatura, o concreto não seria submetido a nenhum esforço interno, sofrendo apenas variações em suas dimensões, proporcionais ao gradiente térmico aplicado.

No entanto, sempre existem restrições externas e/ou internas às deformações do concreto, resultantes da ligação das estruturas com suas fundações ou com outras estruturas, da ligação do concreto com as armaduras (no caso de concreto armado) e também da coesão interna do próprio concreto.

Tais restrições provocam o surgimento de esforços no interior da estrutura, que podem levá-la à fissuração, caso sejam superiores à sua capacidade de resisti-los. Portanto, a avaliação do grau de restrição, presente em cada parte da estrutura, é de grande importância na determinação das deformações e das tensões de origem térmica atuantes.

Embora o grau de restrição (K_r) a ser adotado em cada caso deva ser objeto de análise específica, o ACI (American Concrete Institute) [2] apresenta um critério geral que pode ser útil na definição de tal parâmetro. Neste relatório foi adotada a seguinte equação proposta pelo ACI 207 para o cálculo do coeficiente de restrição:

$$K_r = \left[\frac{(L/H - 2)}{(L/H + 1)} \right]^{h/H} \quad L/H > 2,5$$

$$K_r = \left[\frac{(L/H - 1)}{(L/H + 10)} \right]^{h/H} \quad L/H \leq 2,5$$

onde:

L = Comprimento;

H = Altura;

h = posição do nó onde está sendo calculado a tensão (altura proporcional).

Para o Bloco 7, no sentido transversal tem-se L=21,20 m e H = 4,00 metros, portanto obtém-se os resultados para o coeficiente de restrição em função do nó onde a temperatura da estrutura será máxima. A Tabela 7.7.1 apresenta os resultados obtidos

Tabela 2.7.1 - Grau de Restrição - Sentido Transversal

Nó	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Altura (m)	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
h (%)	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45
Kr	0,85	0,84	0,82	0,81	0,80	0,78	0,77	0,76	0,75
Nó	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Altura (m)	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
h (%)	47,5	50	52,5	55	57,5	60	62,5	65	67,5
Kr	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65

O Bloco 7, no sentido longitudinal, tem L=37,40 m, portanto obtém-se os resultados na Tabela 7.7.2

Tabela 2.7.2 - Grau de Restrição - Sentido Longitudinal

Nó	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Altura (m)	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
h (%)	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45
Kr	0,92	0,91	0,90	0,89	0,89	0,88	0,87	0,86	0,86
Nó	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Altura (m)	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
h (%)	47,5	50	52,5	55	57,5	60	62,5	65	67,5
Kr	0,85	0,84	0,84	0,83	0,82	0,81	0,81	0,80	0,79

As análises de tensões e/ou de deformações são realizadas a partir dos resultados dos cálculos de temperatura efetuados para cada condição de lançamento estudada. Para cada hipótese, determinam-se as tensões e/ou deformações resultantes dos gradientes térmicos que atuarão na estrutura, as quais terão que ser resistidas pelo concreto.

Apresentam-se, a seguir, os procedimentos e resultados das análises para avaliação do comportamento térmico do concreto, realizados através de do método das tensões.

2.7.1. Análise de Tensões

A análise de tensões foi realizada através da integração direta da equação (2.7.1.1), com emprego do modelo logarítmico para descrever a fluência do concreto [5]. Admitida a aplicabilidade do princípio da superposição de Boltzmann-McHenry, a equação constitutiva do modelo viscoelástico linear com envelhecimento do concreto, utilizada no cálculo da história das tensões térmicas horizontais, foi a seguinte:

$$\varepsilon(t) = \int_{t_0}^t f(z, t-z) \cdot d\sigma(z) \quad (t \geq z) \quad (2.7.1.1)$$

onde $\varepsilon(t)$ é a história das deformações de origem térmica.

A resolução numérica da equação (2.7.1.1) pode ser feita da seguinte maneira:

$$\varepsilon_j = \sum_{i=1}^j f_{ij} \cdot \nabla \sigma_i \quad (t \geq z) \quad (2.7.1.2)$$

Pode-se representar a equação (2.7.1.2) na forma matricial :

$$[\varepsilon_j] = [f_{ij}] [\nabla \sigma_j] \quad (2.7.1.3)$$

onde:

$[\nabla \sigma_j]$ = variação das tensões (σ) na idade t_j ;

$[\varepsilon_j]$ = vetor (n) deformações de origem térmica = $\alpha \cdot \delta T = \alpha \cdot (T_i - T_1)$;

$[f_{ij}]$ = matriz (n, n) cujo elemento da linha j e da coluna i $\geq j$ é a fluência do concreto na idade t_j com nascimento na idade t_i . De uma maneira mais simplificada pode-se dizer que a matriz $f_{j,i}$ é triangular com a parte superior nula cujas colunas são um ensaio de fluência com nascimento em t_i onde a diagonal representa o início do ensaio da fluência, isto é $f_{i,i} = 1/E(t_i)$.

Para a determinação da tensão de origem térmica basta isolar $\delta \sigma$ na idade t_j da seguinte maneira:

$$[\nabla \sigma_j] = [f_{ij}]^{-1} \cdot [\varepsilon_j] \quad (2.7.1.4)$$

A superposição das tensões (?) conduz ao cálculo das tensões em qualquer época t_n :

$$\sigma(t_n) = \sum_{j=1}^n \Delta \sigma_j \quad (2.7.1.5)$$

Foram determinadas as histórias das tensões de origem térmica correspondentes às histórias de temperaturas, considerando o modelo acima descrito. As variações de tensões, comparadas com a evolução no tempo da resistência à tração do concreto, permitiram análise da segurança contra a fissuração térmica. As tensões resultantes foram obtidas considerando-se um coeficiente de restrição igual a 1.

2.7.2 Parâmetros Viscoelásticos das Dosagens Estudadas

Na Tabela 2.7.3 estão mostradas as curvas obtidas para representar os parâmetros viscoelásticos dos concretos ajustadas a partir dos resultados dos ensaios da dosagem E-8969 .

Tabela 2.7.3 - Equações dos Parâmetros Viscoelásticos dos Concretos Utilizados nos Cálculos

Dosagem	Parâmetros	Função	r
E-8969	Resistência à Compressão (MPa)	$f_c(z) = z / (0,03302 + 0,01932 \cdot z)$	0,99
	Resistência à Compressão Diametral (MPa)	$f_{cdt}(z) = z / (0,32593 + 0,16871 \cdot z)$	0,99
	Resistência à Tração simples (MPa)	$f_{ts}(z) = z / (0,40468593 + 0,34005 \cdot z)$	0,99
	Resistência à Tração na Flexão (MPa)	$f_{tf}(z) = z / (0,33559 + 0,11728 \cdot z)$	0,99
	Módulo de Elasticidade (GPa)	$E(z) = z / (0,02448 + 0,02289 \cdot z)$	0,99
	Coeficiente de Fluência ($10^{-6}/MPa$)	$F_k(z) = 0,729 + 24,214/z$	0,99

Nas Figuras 2.7.2 a 2.7.6 estão apresentadas as propriedades estimadas para o concreto com agregado do tipo litológico calcário.

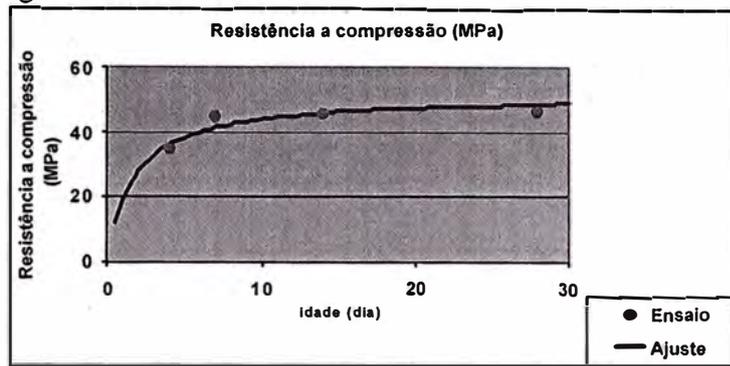


Figura 2.7.2 - Resistência à Compressão (MPa)

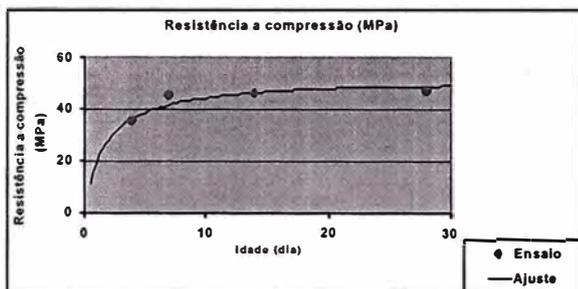


Figura 2.7.2

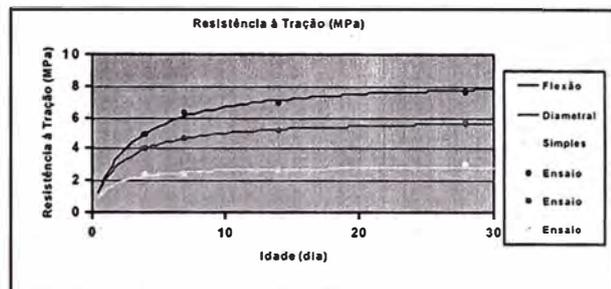


Figura 2.7.4

Figura 2.7.3 - Resistência à Tração (MPa) e Figura 2.7.4 - Módulo de Elasticidade Elétrico (GPa)

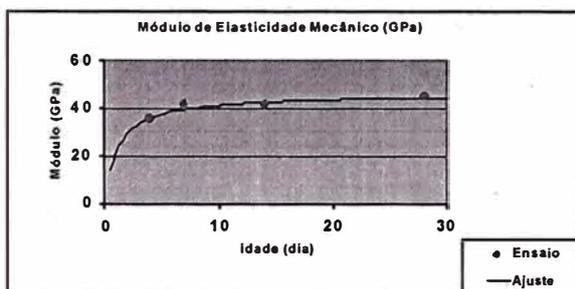


Figura 2.7.5

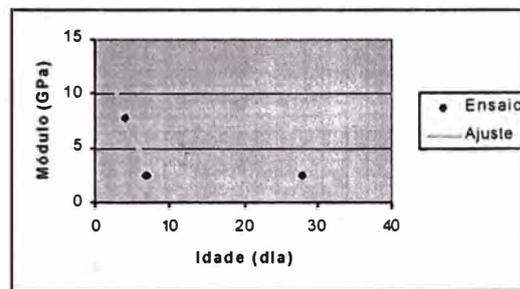


Figura 2.7.6

Figura 2.7.5 - Módulo de Elasticidade Mecânico (GPa) e Figura 2.7.6 - Fluência ($\times 10^{-6}$ MPa)

2.7.3 Resultados dos Cálculos de Tensões Térmicas

Nas Figuras 2.7.7 a 2.7.12 estão apresentadas as evoluções das tensões térmicas calculadas para as hipóteses de cálculo. Nestas figuras, as tensões térmicas são comparadas com as resistências à tração na flexão dos concretos, o que permite concluir sobre a segurança contra a fissuração térmica, para cada hipótese estudada.

Os coeficientes de restrição adotados para esta estrutura, tomando-se como base as Tabelas 2.7.1 e 2.7.2 foram de 85% e 65 %, respectivamente.

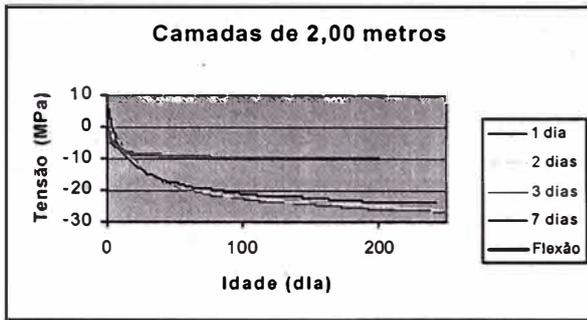


Figura 2.7.7

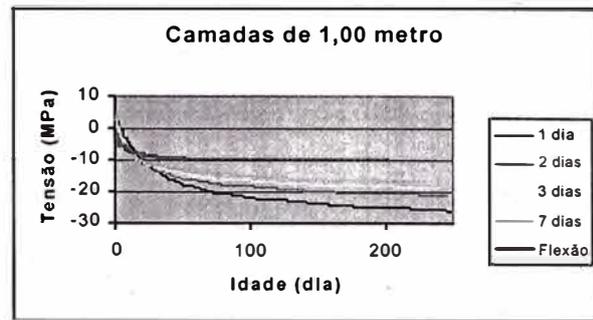


Figura 2.7.8

Figura 2.7.7 - Evoluções das Tensões Instaladas no Concreto - Hipótese 2 - $K_r = 85\%$ (camadas de 2 metros) e Figura 2.7.8 - Evoluções das Tensões Instaladas no Concreto - Hipótese 3 - $K_r = 85\%$ (camadas de 1 metro)

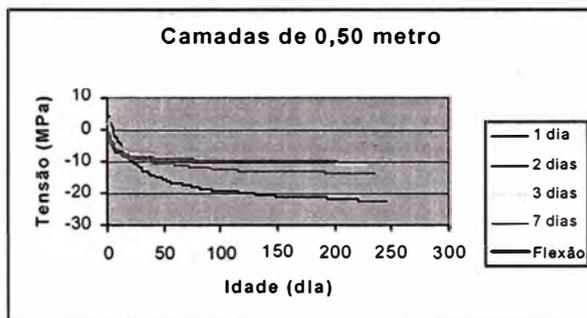


Figura 2.7.9

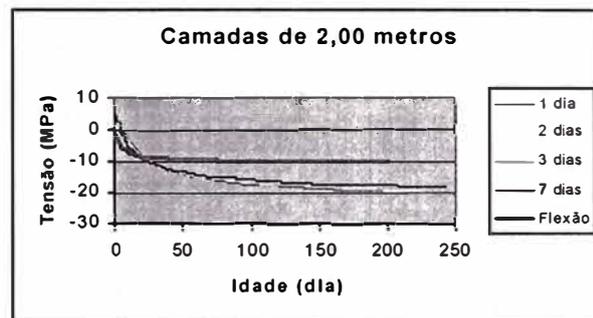


Figura 2.7.10

Figura 2.7.9 - Evoluções das Tensões Instaladas no Concreto - Hipótese 4- $K_r = 85\%$ (camadas de 0,50 metro) e Figura 2.7.10 - Evoluções das Tensões Instaladas no Concreto - Hipótese 2 - $K_r = 65\%$ (camada de 2 metros)

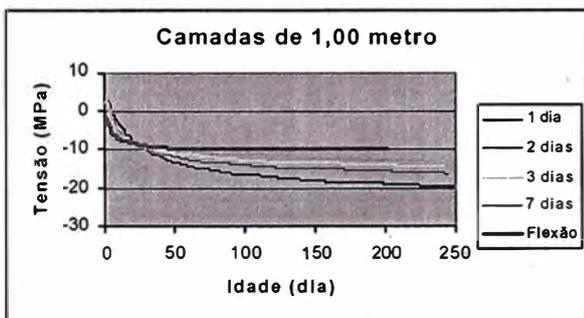


Figura 2.7.11

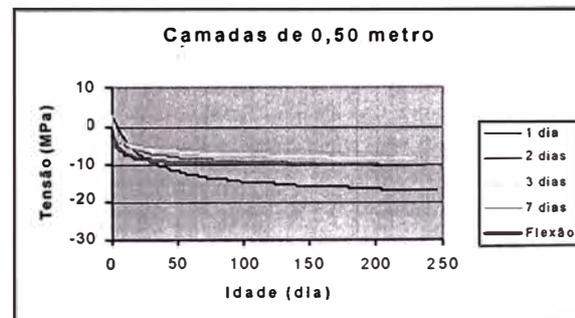


Figura 2.7.12

Figura 2.7.11 - Evoluções das Tensões Instaladas no Concreto - Hipótese 3 - $K_r = 65\%$ (camada de 1 metro) e Figura 2.7.12 - Evoluções das Tensões Instaladas no Concreto - Hipótese 4 - $K_r = 65\%$ (camada de 0,50 metro)

3. CÁLCULO DA REFRIGERAÇÃO

Um fator de grande influência na temperatura que o concreto irá atingir na estrutura é a temperatura do concreto fresco, ou seja, a temperatura de lançamento do concreto. À medida que se diminui a temperatura de lançamento, menor será a temperatura máxima na estrutura.

A refrigeração do concreto é um dos procedimentos mais utilizados para reduzir a temperatura máxima do concreto, sem atrasar o cronograma da obra. Em grandes obras, muitas vezes é mais econômico refrigerar o concreto e aumentar a altura das camadas, diminuindo desta forma o gasto com preparação de superfícies, com montagem de fôrmas, desforma e cura.

Os processos mais usuais de refrigeração do concreto são:

- pré-refrigeração do concreto com gelo em escamas;
- pré-refrigeração de concreto com água gelada;
- pré-refrigeração dos agregados através de aspersão de água gelada;
- pós-refrigeração do concreto através de circulação de água, gelada ou não, por tubulações serpentinas deixadas na massa do concreto;
- pré-refrigeração com hidrogênio líquido.

Devem ser feitos estudos de custo/benefício para definir qual processo é o mais viável para uma determinada obra. Em muitos casos são combinados mais de um processo de refrigeração. Para este relatório foram calculados a pré e a pós-refrigeração.

3.1. Cálculo da Pré-Refrigeração

Após a realização da caracterização do concreto, instrumentação e estudos térmicos, sendo constatada a necessidade da pré-refrigeração do concreto a ser lançado, passa-se então ao estudo de substituição total ou parcial da água de amassamento do concreto por gelo em escama.

Este estudo visa determinar o abaixamento de temperatura dos componentes do concreto, para obter-se a temperatura desejada de lançamento do concreto. Deve-se então determinar a contribuição de abaixamento de temperatura de cada um dos componentes do concreto, para baixar a temperatura do concreto fresco em 1°C.

A quantidade de calor perdida pelo concreto, para que se verifique o abaixamento de sua temperatura de 1,0°C, é dada pela expressão:

$$Q = m \cdot c \cdot l \quad (3.1.1)$$

onde:

Q = quantidade de calor;
c = calor específico do concreto;
m = massa do concreto.

O calor específico é dado pela expressão:

$$c = (? \text{ mi} \cdot ci) / (? \text{ mi})$$

Dessa forma, a expressão (3.1.1) será:

$$Q = ? \text{ mi} \cdot ci \quad (3.1.2)$$

Essa quantidade de calor será a quantidade total de calor que terá que ser confrontada com a perda de calor de cada um dos componentes do concreto, para que se obtenha a mesma queda de temperatura de 1,0°C do concreto.

A quantidade de calor de cada componente do concreto é dada por:

$$Q = mi \cdot ci \cdot ? \text{ ti} \quad (3.1.3)$$

onde:

m_i = massa do componente considerado;
 c_i = calor específico do componente;
 t_i = abaixamento da temperatura do componente.

Igualando-se (3.1.2) e (3.1.3), tem-se:

$$\sum m_i \cdot c_i \cdot \Delta t_i = \sum m_i \cdot c_i \cdot t_i$$

$$\Delta t_i = (\sum m_i \cdot c_i) / (m_i \cdot c_i)$$

A quantidade de calor a ser retirada do concreto para baixar sua temperatura da temperatura inicial do material (t_m) para a temperatura final de lançamento (t_c) é dada por:

$$Q = \sum m_i \cdot c_i \cdot (t_m - t_c) \quad (3.1.4)$$

Esta quantidade de calor será consumida e levará o gelo a se fundir e atingir a temperatura de lançamento do concreto (t_c).

A quantidade de calor necessária para fundir o gelo e levá-lo à temperatura (t_c) é dada por:

$$Q = mg(80 + t_c) \quad (3.1.5)$$

onde:

mg = massa de gelo.

Igualando-se (3.4) com (3.5) ter-se-á:

$$mg = ((\sum m_i \cdot c_i) \cdot (t_m - t_c)) / (80 + t_c)$$

Considerando a utilização de água gelada no concreto, gelo em escama, agregados refrigerados através da aspersão de água gelada e também o equivalente térmico do trabalho de mistura dos componentes do concreto, a quantidade de calor poderá ser cedida ao concreto ou retirado do concreto.

Desta forma, a expressão geral do equilíbrio térmico, resultante do princípio da conservação da energia, é dada pela seguinte expressão:

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

onde:

Q_1 = Quantidade de calor cedido ao concreto
 Q_2 = Quantidade de calor retirado do concreto

Para ilustrar o cálculo pode-se utilizar a Bibliografia [1].

Na produção do concreto à temperatura de lançamento de 20 °C, além da utilização de água gelada poderá ser feita a substituição parcial ou total da água de amassamento por gelo em escama.

Considerando as dosagens registradas na Tabela 2.1 e equivalente térmico do trabalho de mistura igual a 1.000 kcal/m³, para determinar a quantidade necessária de gelo a ser substituída pela água de mistura para produzir o concreto fresco à temperatura de 10°C (tc), tem-se nas Tabelas 3.1 e 3.2 as quantidades de gelo necessárias.

Tabela 3.1 - Cálculo do Consumo de Gelo para a Dosagem E-8969

Pré-refrigeração do concreto através de gelo em escama						
	Composição - condição seca (kg/m ³)	Calor Específico (J.g ⁻¹ .°C ⁻¹)	Ti (°C)	Tf (°C)	Q (kJ/m ³)	Q (kcal/m ³)
Quantidade de calor devido à massa dos materiais						
Cimento	500	0,837	45	20	10467,00	2500,00
Areia	321	0,691	30	20	2217,54	529,65
Areia Artificial	249	0,691	30	20	1720,15	410,85
Areia Artificial de Quartzo	103	0,691	30	20	711,55	169,95
Brita 0 (9,50 mm)	934	0,691	30	20	6452,28	1541,10
Brita 1 (19 mm)	0	0,691	30	20	0,00	0,00
Água (água unitária-umidade-gelo)	86,09	4,187	26	20	2162,56	516,52
Quantidade de calor devido à umidade dos agregados						
Areia	12,92	4,1868	30	20	540,93	129,20
Areia Artificial	10,08	4,1868	30	20	422,03	100,80
Areia Artificial de Quartzo	4,12	4,1868	30	20	172,50	41,20
Brita 0 (9,50 mm)	9,41	4,1868	30	20	393,98	94,10
Brita 1 (19 mm)	0,00	4,1868	30	20	0,00	0,00
Quantidade de calor para elevar a temperatura do gelo até 0°C						
Gelo	69,3	2,093	-5	0	-725,17	-173,20
Quantidade de calor devido ao calor latente de fusão do gelo						
Fusão do gelo					-23209,5	-5543,50
Quantidade de calor para elevar a temp. do gelo/água até a temp. final						
Água	69,3	4,187	0	19	-5512,59	-1316,66
Quantidade de calor devido ao ganho de calor da mistura						
Ganho de calor da mistura (equivalente térmico)					4186,80	1000,00
Somatório das trocas de calor					0,0	0,0

Tabela 3.2 - Calculo do Consumo de Gelo para a Dosagem E-8979

Pré-refrigeração do concreto através de gelo em escama						
	Composição - condição seca (kg/m ³)	Calor Específico (J.g ⁻¹ .°C ⁻¹)	Ti (°C)	Tf (°C)	Q (kJ/m ³)	Q (kcal/m ³)
Quantidade de calor devido à massa dos materiais						
Cimento	475	0,837	45	20	9943,65	2375,00
Areia	699,4	0,691	30	20	4831,61	1154,01
Areia Artificial	0	0,691	30	20	0,00	0,00
Areia Artificial de Quartzo	0	0,691	30	20	0,00	0,00
Brita 0 (9,50 mm)	277	0,691	30	20	1913,58	457,05
Brita 1 (19 mm)	646	0,691	30	20	4462,71	1065,90
Água (água unitária-umidade-gelo)	107,30	4,187	25	20	2246,14	536,48
Quantidade de calor devido à umidade dos agregados						
Areia	28,12	4,1868	30	20	1177,33	281,20
Areia Artificial	0,00	4,1868	30	20	0,00	0,00
Areia Artificial de Quartzo	0,00	4,1868	30	20	0,00	0,00
Brita 0 (9,50 mm)	2,79	4,1868	30	20	116,81	27,90
Brita 1 (19 mm)	6,49	4,1868	30	20	271,72	64,90
Quantidade de calor para elevar a temperatura do gelo até 0°C						
Gelo	68,6	2,093	-5	0	-717,86	-171,46
Quantidade de calor devido ao calor latente de fusão do gelo						
Fusão do gelo					-22975,5	-5487,60
Quantidade de calor para elevar a temp. do gelo/água até a temp. final						
Água	68,6	4,187	0	19	-5457,00	-1303,38
Quantidade de calor devido ao ganho de calor da mistura						
Ganho de calor da mistura (equivalente térmico)					4186,80	1000,00
Somatório das trocas de calor					0,0	0,0

3.2. Cálculo da Pós-Refrigeração

A alternativa do uso da pós-refrigeração para reduzir a temperatura máxima do concreto em estruturas massivas com esta magnitude e localização, torna-se uma alternativa atraente por se tratar de procedimento de fácil instalação, pouco dispendioso e desempenho satisfatório.

Este sistema, indicado para ser instalado nos blocos 7, 8 e 9, foi ensaiado no Bloco 10, utilizando-se tubos de PVC com 25 mm de diâmetro, constituindo quatro circuitos em forma de serpentina, dispostos conforme Figura 2.3. Esta distribuição dos tubos no concreto visa assegurar o resfriamento do concreto o mais uniformemente possível.

Quanto ao cálculo, foi utilizado o processo gráfico apresentado no ACI-207.1R.

Os parâmetros adotados foram os seguintes:

- Vazão $Q = 15 \text{ l/min} = 3,96 \text{ g/min}$;
- Difusividade do concreto $= h^2 = 0,818 \text{ ft}^2/\text{dia}$;
- Comprimento de tubulação $C = 100 \text{ m} = 328 \text{ ft}$;
- Espaçamento entre os tubos $s = 0,80 \text{ m} = 2,62 \text{ ft}$.

A relação Q_m/Q_o representa a parcela remanescente na estrutura correspondente à temperatura de segurança (65°C).

Para uma relação Q_m/Q_o inicial tem-se:

$$\frac{Q_m}{Q_o} = \frac{65 - 26}{85 - 26} = \frac{39}{59} = 0,66$$

onde:

Q_m = diferença entre a temperatura final do concreto e a temperatura ambiente do material de refrigeração (26°C);

Q_o = diferença entre a temperatura inicial do concreto, e a temperatura ambiente do material de refrigeração (26°C);

Para $Q_m/Q_o = 0,66$, na Figura 5.4.1 ACI 207, curva correspondente a lajes (slab), tem-se:

$$\frac{h^2 t}{D^2} = 0,023 \quad (1)$$

onde:

h^2 = difusividade (ft^2/dia);

t = tempo;

D = comprimento/bloco (m).

Da expressão (1) tem-se:
$$t = \frac{0,023 \cdot (9,84)^2}{0,818} = 2,7 \text{ dias} \cong 3 \text{ dias}$$

Da Figura 5.4.2 (a) ACI 207, tem-se:

$$\frac{Q_m}{Q_o} = 0,77 \quad 0,77 = \frac{65 - 26}{85 - 26} = 71,43^\circ\text{C}$$

Observa-se que a Figura 3.4.2 (a) é utilizada na determinação do resfriamento que pode ser conseguido num dado número de dias, com um dado espaçamento de tubos e da vazão do líquido de arrefecimento.

Quanto ao dimensionamento da bomba de recalque da água de refrigeração, é suficiente a potência de 1 HP para os 4 circuitos.

A vazão da água na saída da tubulação deve ser controlada por meio de registro posicionado na tubulação imediatamente antes da distribuição para os circuitos.

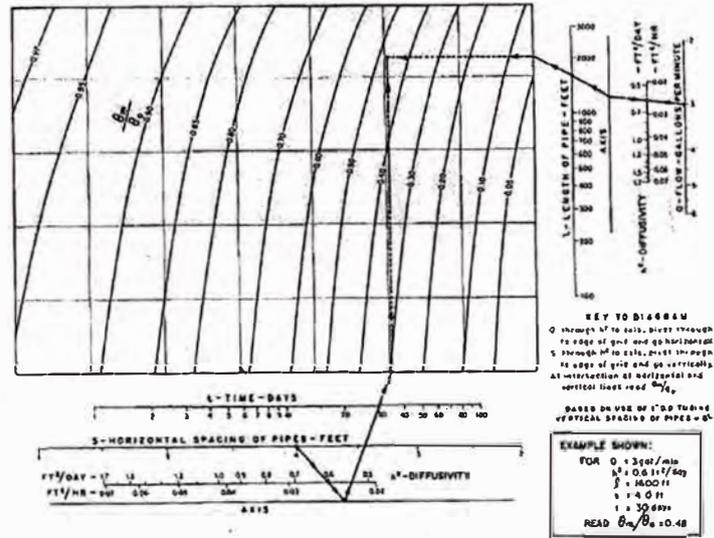


Figura 3.3 - Ábaco do ACI 207-1R - 1991 (Figura 3.4.2 a)

Foi embutido no concreto um sistema de pós-refrigeração (Figura 3.4) com tubos de PVC com 25 mm de diâmetro, constituído por serpentinas horizontais colocadas a razão de quatro serpentinas por camada. Os tubos foram distribuídos na massa de concreto de forma a assegurar um resfriamento do concreto o mais uniforme possível. A vazão foi de 24 l/min e a água entrou no circuito com 25°C e saiu com 32°C. As fotografias 3.2.1 a 3.2.3 ilustram o sistema de pós-refrigeração.

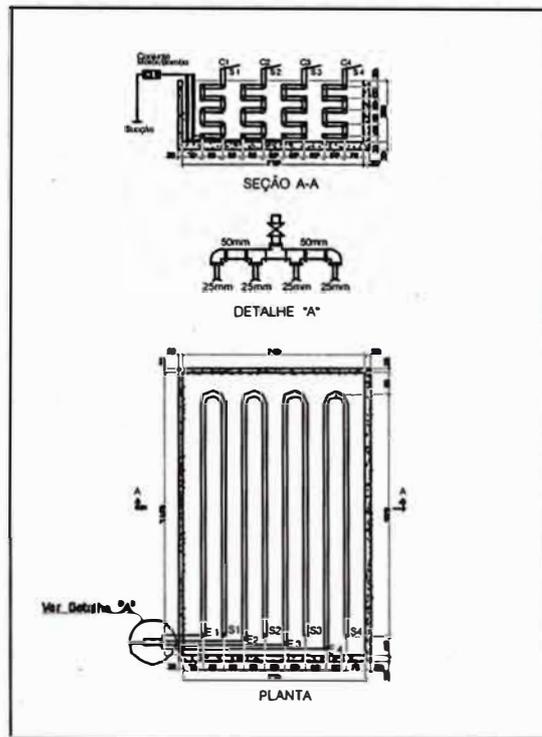
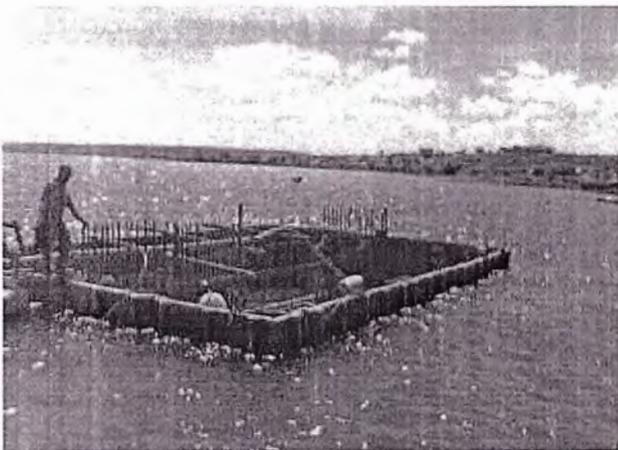
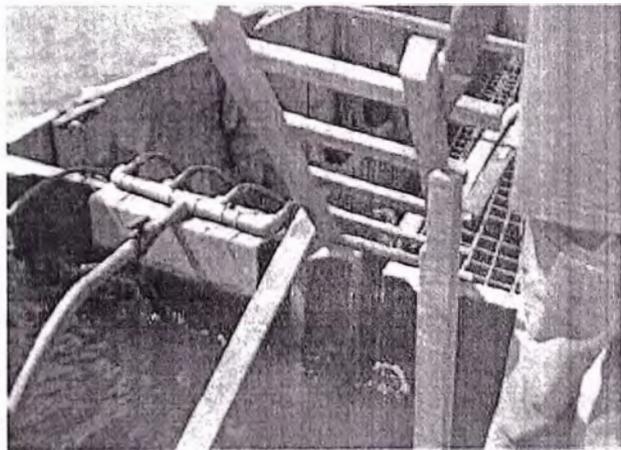


Figura 3.4 - Projeto da Pós-Refrigeração

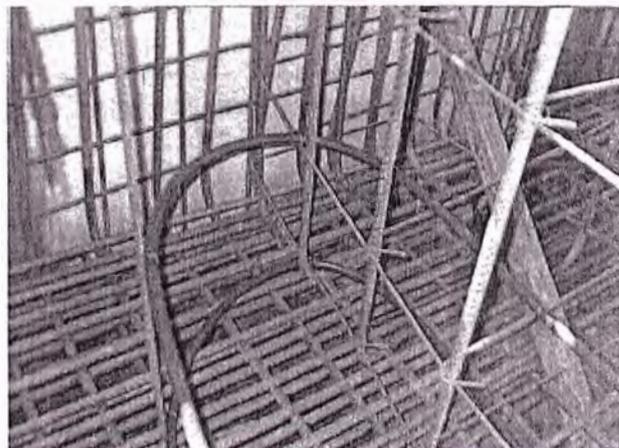


Fotografia 3.2.1



Fotografia 3.2.2

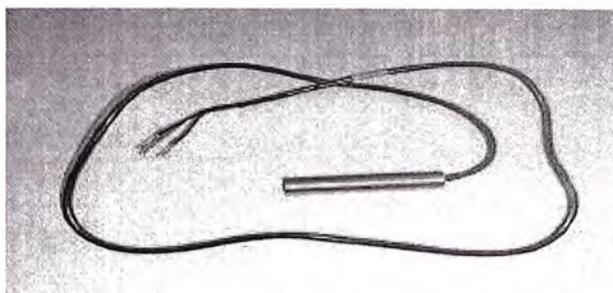
Fotografia 3.2.1 e 3.2.2 - Bloco 10 - Onde Foram Instaladas as Serpentinas para a Pós-Refrigeração e a Distribuição da Água nos Circuitos e Registro para Controle de Vazão



Fotografia 3.2.3 - Bloco 10 - Mostrando Tubos para Pós-Refrigeração

4. INSTRUMENTAÇÃO

Para o conhecimento do comportamento térmico do concreto na estrutura, foram especificados e instalados termômetros de resistência elétrica, para a medição das temperaturas. A locação dos termômetros está indicada na Tabela 3.1. A Fotografia 9.1 ilustra o termômetro instalado.



Fotografia 4.1 - Termômetro de Resistência Elétrica

Tabela 4.1 Locação dos Termômetros

Local	Termômetro	Localização
Bloco 4	Tr-247	A 65 cm do fundo do Bloco
Bloco 4	Tr-248	A 1,70 m do fundo do Bloco
Bloco 10	Tr-251	A 50 cm do fundo do Bloco
Bloco 10	Tr-252	A 1,75 m do fundo do Bloco
Bloco 6	Tr-458	No meio da 1ª Camada a 30 cm da face Lateral
Bloco 6	Tr-459	No meio da 1ª Camada a aproximadamente 10 metros de cada Face
Bloco 6	Tr-460	No meio da 2ª Camada a aproximadamente 10 metros de cada Face

O período de leitura dos termômetros obedeceram a seguinte programação:

- antes da cobertura do termômetro pelo concreto ;
- 10 minutos após a cobertura pelo concreto;
- 1 em 1 hora até o concreto atingir a temperatura máxima;
- Uma vez por semana depois da máxima

Na Figura 4.1 estão mostradas as curvas de evolução da temperatura para os termômetros instalados no Bloco 4. Convém salientar que o TR-248 está mais próximo do ponto de máxima onde foi retirado as temperaturas dos cálculos utilizando o método dos elementos finitos. Observa-se também que o comportamento unidirecional representa muito bem o fenômeno.

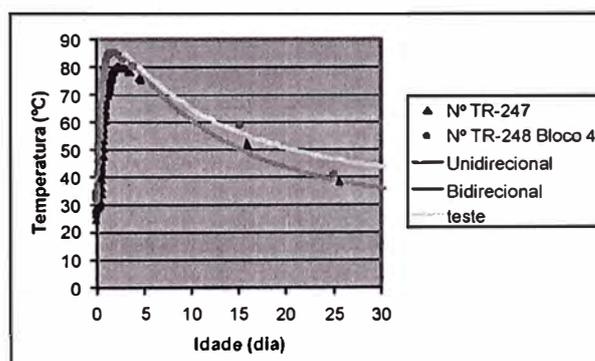


Figura 4.1 - Leituras nos Termômetro de Resistência Elétrica Instalados no Bloco 4 entre o Período 02/04/2001 a 28/04/2001, Comparados com o Resultado do Modelo Matemático.

Na Figura 7.2 estão mostradas as leituras no têmometro TR-251 instalado na primeira camada de concreto, cuja espessura é 1,00 metro, e o TR-252 na segunda camada com espessura de 1,50 metros.

Neste bloco foram instalados serpentinas para a circulação de água do lago a temperatura ambiente.

Pode-se observar que o TR-252 registrou uma temperatura mais elevada apesar da espessura da camada onde ele se localiza ser menor, pelo fato da dosagem utilizada na concretagem estar usando somente o CP V sem pozolana.

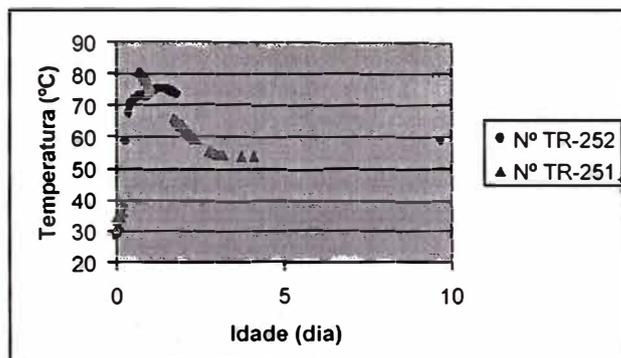


Figura 4.2 - Leituras nos Termômetro de Resistência Elétrica Instalados no Bloco 10 entre o Período 28/04/2001 a 02/05/2001

Na Figura 4.3 são mostradas as leituras dos termômetros TR 248 (segunda camada do Bloco 4 sem refrigeração) e TR 252 (segunda camada do Bloco 10 com refrigeração). Pode-se observar que a temperatura máxima do concreto foi de 10°C inferior no bloco 10, o qual teve pós-refrigeração. Os concretos utilizados nos blocos também foram diferentes. No Bloco 4 foi utilizada a dosagem E-8969 a qual contém 250 kg/m³ de escória e 250 kg/m³ de cimento CP V.

No Bloco 10 a primeira camada foi lançada utilizando-se 475 kg/m³ de CPV. A segunda camada utilizou a dosagem E-8979 com 431 kg/m³ de CP V e 108 kg/m³ de pozolana.

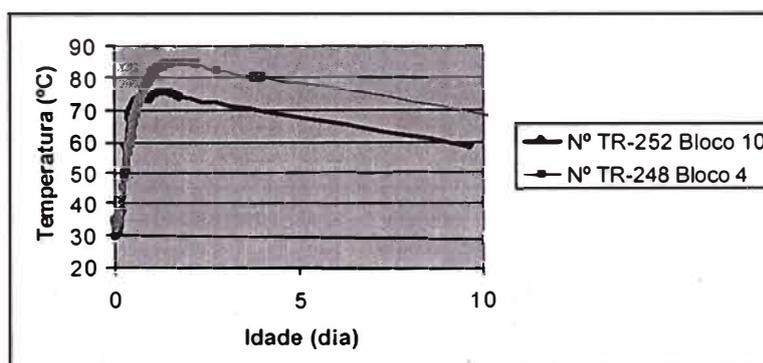


Figura 4.3 - Comparativo entre as Leituras nos Termômetro de Resistência Elétrica Instalados no Bloco 4 e o Bloco 10.

No Bloco 6 foi instalado dois termômetros no dia 31/07/2001 e outro no dia 02/08/2001 em posições mostradas na tabela 4.1, os resultados das leituras estão plotados no gráfico 9.4 a seguir.

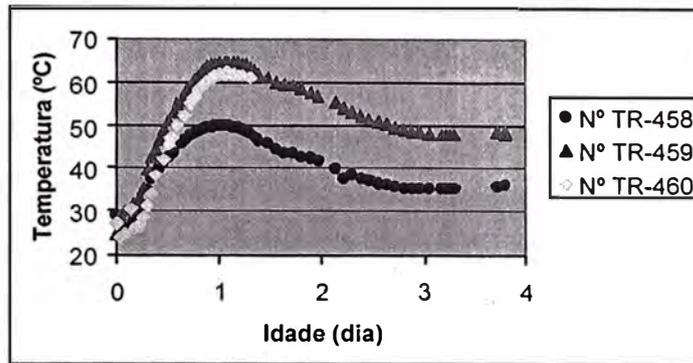


Figura 4.4 - Leituras nos Termômetro de Resistência Elétrica Instalados no Bloco 6.

5. CONSIDERAÇÕES

5.1. No cálculo mais conservador das tensões de origem térmica apresentadas nas figuras 2.7.7 a 2.7.9, com coeficiente de restrição igual a 85%, apenas a hipótese de lançamento de camadas com 0,50 m de altura com intervalos de lançamento de 7 dias é segura contra a fissuração sem refrigeração. Nesta hipótese a temperatura máxima que a estrutura atingirá será de 61°C, como mostra a Tabela 2.6.1.

5.2. O cálculo das tensões sendo realizado com coeficiente de restrição 65% como apresentado nas Figuras 2.7.10 a 2.7.12, indica que as camadas de concreto com 0,50 metros de altura poderão ser lançadas com intervalos de 2 dias. Nesta hipótese a temperatura máxima que a estrutura atingirá será de 67°C, como mostra a Tabela 2.6.1.

5.3. Considerando-se que a temperatura máxima admissível para o concreto será de 67°C, para que a concretagem seja feita com camadas de 1,00 metro de altura e intervalo de lançamento de 2 dias (a temperatura estimada nesta situação é de 77°C - Tabela 2.6.1) será necessário recorrer a refrigeração do concreto, que pode ser antes ou depois da concretagem (pós-refrigeração).

5.4. Os cálculos da pré-refrigeração do concreto apresentados no item 3 deste relatório mostram que é possível refrigerar o concreto em 10°C.

5.5. O teste com a pós refrigeração realizado no Bloco 10 foi prejudicado por três motivos:

- Entupimento de um dos circuitos situado ao lado do termômetro.
- Lançamento da primeira camada sem adição de escória ou pozolana
- Uso de concreto com adição de escória no Bloco 4 e adição de pozolana no Bloco 10, na segunda camada de concretagem .

5.6. Algumas comparações podem ser feitas no teste de refrigeração considerando-se as deficiências já mencionadas. Na segunda camada do Bloco 10 a temperatura máxima atingida pelo concreto foi de 75°C, ao passo que no Bloco 4 (sem refrigeração) esta temperatura atingiu 85°C, ou seja, mesmo com os problemas de circulação de água houve um decréscimo de 10°C na temperatura máxima quando se utilizou a pós-refrigeração. Do exposto, é possível que sejam feitas concretagens com 1 metro de altura com intervalos de lançamento de 2 dias, com temperatura máxima de 67°C.

5.7. A minimização da temperatura máxima da estrutura também pode ser feita com a pré-refrigeração do concreto fresco, procedendo-se á substituição de parte da água de amassamento por gelo.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] Equipe de FURNAS - Editor Walton Pacelli de Andrade - Concretos: massa, estrutural, projetado e compactado com rolo - ensaios e propriedades - Editora Pini, São Paulo - SP, 1997.
- [2] ACI Committee 207 - "Effect of Restraint, Volume Change, and Reinforcement on Cracking of Massive Concrete", Detroit-USA, ACI Manual of Concrete Practice, 1978, Part 1, págs. 207-42 - 207-47.
- [3] CARLSON R. W.; HOUGHTON D. L.; POLIVKA, M. - "Causes and Control of Cracking in Reinforced Mass Concrete", Detroit-USA, ACI Journal, julho, 1979, págs. 821 - 837.
- [4] METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. - "Concreto - Estruturas, Propriedades e Materiais", São Paulo-SP, Ed. Pini, 199
- [5] GAMBALE, E. A. , "Um Algoritmo para o Cálculo da Integral Hereditária da Viscoelasticidade Linear com Envelhecimento do Concreto ", Revista Engenharia, Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Espírito Santo, nº 12, setembro/outubro de 1999.

Hoja de Seguridad

según Directiva 91/155/EEC y Norma ISO 11014-1
(ver Instrucciones en Anexo de 93/112/EC)

construcción

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA

Identificación del producto

Nombre comercial:

Sigunit® L-60 AF

Información del Fabricante / Distribuidor

Fabricante / Distribuidor	Sika Perú S.A.
Dirección	Centro Industrial "Las Praderas de Lurín" S/N Mz. "B" Lote 5 y 6
Código postal y ciudad	Lima 16 – Lurín
País	Perú
Número de teléfono	(51 1) 618 6060
Telefax	(51 1) 618 6070

2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

Descripción Química

Solución de sulfato de aluminio

Componentes Peligrosos

Designación según Directiva 67/548/EEC

Número CAS	Concentración	Símbolo de Peligro	Frases R
2,2-iminodietanol 111-42-2	2.5 – 10%	Xn	22,38,41,48/22

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Ver capítulo 11 y 12

4. PRIMEROS AUXILIOS

Instrucciones Generales

Facilitar siempre al médico la hoja de seguridad.

En caso de Inhalación

- Procurar aire fresco
- Procurar tratamiento médico

En caso de contacto con la Piel

- Lavar la zona afectada inmediatamente con agua y jabón.
- Quitar inmediatamente la ropa empapada o manchada, no deja secar
- Si persisten los síntomas de irritación, acudir al médico.



En caso de contacto con los Ojos

Lavar los ojos afectados inmediatamente con agua abundante durante 15 minutos. Acudir inmediatamente al médico.

En caso de Ingestión

No provocar el vómito. Requerir inmediatamente ayuda médica.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Medios de extinción adecuados

Elegir los medios de extinción según el incendio rodeante.

Medios de extinción que no deben utilizarse por razones de seguridad

No aplicable

Equipo de protección para el personal de lucha contra incendios

Usar equipo respiratorio autónomo.

Indicaciones adicionales

- El producto no arde por si solo
- Los restos del incendio así como el agua de extinción contaminada, deben eliminarse según las normas locales en vigor.

6. MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Precauciones individuales

- Llevar ropa de protección personal.
- En caso de exposición a vapores/polvo/aerosol, usar protección respiratoria

Medidas de protección del medio ambiente

- Evitar que penetre en el alcantarillado o aguas superficiales
- Evitar que penetre en el subsuelo o la tierra
- En caso de penetración en cursos de agua, el suelo o los desagües, avisar a las autoridades competentes.

Métodos de limpieza

- Recoger con materiales absorbentes adecuados.
- Tratar el material recogido según se indica en el apartado "eliminación de residuos".
- Eliminar los residuos con agua.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación

Indicaciones para manipulación sin peligro

- Procurar buena ventilación de los locales, dado el caso, instalar aspiración localizada en el lugar de trabajo.
- Ver capítulo 8 / Equipo de protección personal

Indicaciones para la protección contra incendio y explosión

No aplicable



Almacenamiento

Exigencias técnicas para almacenes y recipientes

- Mantener los recipientes herméticamente cerrados y guardarlos en un sitio fresco y bien ventilado.

Indicaciones para el almacenamiento conjunto

- Mantener alejado de alimentos, bebidas y comida para animales.

Información adicional relativa al almacenamiento

- Proteger de las heladas.
- Proteger de temperaturas elevadas y de los rayos solares directos.

8. LÍMITES DE EXPOSICIÓN Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Protección personal

Medidas generales de protección e higiene

- No respirar los vapores
- Prever una ventilación suficiente o escape de gases en el área de trabajo.
- No fumar, ni comer o beber durante el trabajo.
- Lavarse las manos antes de los descansos y después del trabajo.
- Protección preventiva de la piel con pomada protectora
- Quitarse inmediatamente la ropa manchada o empapada.

Protección respiratoria

- En caso de ventilación insuficiente usar máscara de protección para polvos con filtro para vapor

Protección de las manos

- Guantes de goma natural o sintética.

Protección de los ojos

- Gafas protectoras / careta protectora.

Protección corporal

- Ropa protectora.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto

Estado Físico	Líquido
Color	Beige oscuro
Olor	Característico

Datos significativos para la seguridad

Punto de ebullición	> 100°C
Punto de Inflamación	No aplicable
Presión de Vapor a 20°C	No aplicable
Densidad a 20°C	1.32 – 1.36 g/cm ³
Solubilidad en agua a 20°C	El producto es miscible
pH a 20°C	3.0 – 5.0



10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Condiciones que deben evitarse

No se conocen

Materias que deben evitarse / reacciones peligrosas

Posibles reacciones peligrosas con:

- Alcalis.

Descomposición térmica y productos de descomposición peligrosos

Utilizando el producto adecuadamente, no se descompone.

11. INFORMACIONES TOXICOLÓGICAS

Sensibilización

Pueden observarse reacciones alérgicas en personas sensibles.

Experiencia sobre personas

Contacto con la piel

- Irritación

Contacto con los ojos

- Irritación

Inhalación

- Irritación

Ingestión

- Una pequeña cantidad puede causar perturbaciones considerables en la salud.

12. INFORMACIONES ECOLÓGICAS

Indicaciones adicionales

- No Aplica.

13. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

ADR / RID

Información complementaria

Mercancía no peligrosa

IMO / IMDG

Información complementaria

Mercancía no peligrosa

IATA / ICAO

Información complementaria

Mercancía no peligrosa



15. DISPOSICIONES DE CARÁCTER LEGAL

Etiquetado según 88 / 379 / EEC

Según Directivas CE y la legislación nacional correspondiente, el producto no requiere etiqueta.

Frases S

23	No respirar los gases / humos / vapor / spray
26	En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
38	En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado.

16. OTRAS INFORMACIONES

En caso de emergencia consultar a Aló EsSalud
Teléfono: 472-2300 ó 0801-10200

Advertencia:

La información contenida en esta Hoja de Seguridad corresponde a nuestro nivel de conocimiento en el momento de su publicación. Quedan excluidas todas las garantías. Se aplicarán nuestras Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Por favor, consulte la Hoja Técnica del producto antes de su utilización. Los usuarios deben remitirse a la última edición de las Hojas de Seguridad de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe

Aprobado por: GMS

Construcción



SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL - HOJAS DE SEGURIDAD

CEMENTO ANDINO S.A.	NOMBRE			FORMULA		
MSDS	Cemento Portland Tipos I, II y V			NO APLICA		
	CRITERIOS DE SEGURIDAD	COLOR	VALOR	CARACTERÍSTICA	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS/QUÍMICAS	
	INFLAMABILIDAD	ROJO	0	NO INFLAMABLE	Peso Molecular	No disponible
	TOXICIDAD	AZUL	1	POCO TOXICO	pH	11.9 a 12.4
	REACTIVIDAD	AMARILLO	0	NO REACTIVO	Punto de Fusión	1500 °C
	Q : PRODUCTO QUÍMICO	BLANCO	W	No aplicar agua.	Densidad	3.15 gr/cm3
INFLAMABILIDAD	EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL					
<p>Producto: No inflamable.</p> <p>Peligro de fuego inusual y de explosión: Ninguno.</p> <p>En caso de incendio absorbe calor.</p> <p>Es considerado no combustible.</p>	<p>Protección de la piel: Use guantes protectores de nitrilo o de material resistente a la corrosión para las manos y mameluco para derrames severos.</p> <p>Protección de los ojos: Lentes con protección lateral. Sin ranuras de ventilación.</p> <p>Protección de los Pies: Botas de jebe de caña alta un auto contenido (SCBA) y autorescate (SCSR),</p>					
TOXICIDAD	CONSIDERACIONES ANTE EMERGENCIA					
<p>Por inhalación: A altas concentraciones provoca irritación de las membranas mucosas y garganta.</p> <p>Por contacto con la piel: Puede causar irritación particularmente cuando la piel esta húmeda. Si se repite o se prolonga este contacto puede producir dermatitis.</p> <p>Por contacto con los ojos: Puede causar irritación y conjuntivitis</p> <p>Por ingestión: Puede causar asfixia, irritación de la faringe, traquea y vías respiratorias.</p>	<p>Por contacto con la piel: Lavar con abundante agua y jabón neutro, retire y lave las ropas contaminadas</p> <p>Por contacto con los ojos: Irritación y quemaduras moderadas a severas de acuerdo a exposición, lavra con abundante agua durante 15 minutos, inclusive debajo de los párpados, el polvo es reactivo.</p> <p>Por ingestión: Busque inmediatamente a un doctor, no induzca el vómito.</p> <p>Por inhalación: puede producir irritación de las mucosas y sistema respiratorio, trasladar a la persona afectada a un ambiente ventilados, en casos extremos suministrar oxígeno y de ser necesario RCP.</p>					
REACTIVIDAD	DOCUMENTACIÓN ASOCIADA					
<p>Condiciones que deben evitarse: Humedad.</p> <p>Incompatibilidad: Información no disponible.</p> <p>Reaccione exotérmica: Con agua, debido al calor de hidratación.</p> <p>Estabilidad: En condiciones normales es estable.</p>	<p>Procedimiento de Gestión de Residuos CA-SIG-24131-005-P</p> <p>Disposición de Residuos del Laboratorio CA-SIG-65111-001-P</p> <p>Manejo de Reactivos Químicos CA-SIG-65111-002-P</p> <p>Neutralización y Disposición de Envases de Reactivos Químicos CA-SIG-65111-002-I</p> <p>Re-uso y Disposición de Materiales de Vidrio y Cerámicos CA-SIG-65111-003-I</p> <p>Control y Limpieza de Derrames de Productos Químicos CA-SIG-65111-004-I</p> <p>Seguridad Manual para el Laboratorio Merck KgaA 1998</p>					

SIG-63111-003-01

Hoja de Seguridad

según Directiva 91/155/EEC y Norma ISO 11014-1
(ver Instrucciones en Anexo de 93/112/EC)

Construcción

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA

Identificación del producto

Nombre comercial:

Intraplast® PE

Información del Fabricante / Distribuidor

Fabricante / Distribuidor	Sika Perú S.A.
Dirección	Centro Industrial "Las Praderas de Lurín" S/N Mz. "B" Lote 5 y 6
Código postal y ciudad	Lima 16 - Lurín
País	Perú
Número de teléfono	618 6060
Telefax	618 6070

2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

Descripción Química

Mezcla de áridos finos con expansor metálico

Componentes peligrosos

Designación según Directiva 67/548/EEC

Número CAS	Concentración	Símb. peligro	Frases R
Aluminio en polvo 7429-90-5	0 - 2,5 %	F	15,10

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Identificación de Riesgos de Materiales

HMIS

H : 1

F : 0

R : 0

PPE : B

H : Health : Salud

F : Flammability : Inflamabilidad

R : Reactivity : Reactividad

PPE: Personal Protective Equipment: Equipo de Protección Personal (Ver Cap. 8)

4. PRIMEROS AUXILIOS

Instrucciones Generales

Facilitar siempre al médico la hoja de seguridad.

En caso de inhalación

Si, al respirar el polvo, se presentan irritaciones, exponer al afectado al aire fresco.

Si se sienten molestias, acudir al médico.



En caso de contacto con la piel

Lavar la zona afectada inmediatamente con agua y jabón
Si persisten los síntomas de irritación, acudir al médico

En caso de contacto con los ojos

Lavar los ojos afectados inmediatamente con agua abundante durante 15 minutos.
Acudir inmediatamente al médico

En caso de ingestión

No provocar el vómito
Requerir inmediatamente ayuda médica

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Medios de extinción adecuados

Elegir los medios de extinción según el incendio circundante.

Medios de extinción que no deben utilizarse por razones de seguridad

No aplicable

Riesgos específicos que resultan de la exposición a la sustancia, sus productos de combustión y gases producidos

No aplicable

Equipo de protección para el personal de lucha contra incendios

Usar equipo respiratorio autónomo

Indicaciones adicionales

- El producto no arde por sí mismo
- Los restos de incendio así como el agua de extinción contaminada, deben eliminarse según las normas locales en vigor.

6. MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Precauciones individuales

- Evitar la formación de polvo.

Medidas de protección del medio ambiente

- Evitar que penetre en el alcantarillado o aguas superficiales
- Evitar que penetre en el subsuelo o la tierra.

Métodos de limpieza

- Evitar la formación de polvo
- Recoger con medios mecánicos
- Eliminar los residuos con agua.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación

Indicaciones para manipulación sin peligro

Ver capítulo 8 / Equipo de protección personal

Evitar la formación de polvo

Usar solamente en áreas bien ventiladas.

Indicaciones para la protección contra incendios y explosión

No aplicable.



Almacenamiento

Exigencias técnicas para almacenes y recipientes

- Mantener el producto siempre en los envases originales.
- Mantener secos y herméticamente cerrados los sacos y guardarlos en un sitio protegidos de las inclemencias atmosféricas.

Indicaciones para el almacenamiento conjunto

- Mantener alejado de alimentos, bebidas y comida para animales.

Información adicional relativa al almacenamiento

- Proteger del agua y de la humedad del aire.

8. LÍMITES DE EXPOSICIÓN Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Protección personal

Medidas generales de protección e higiene

- No respirar el polvo.
- Prever una ventilación suficiente o escape de gases en el área de trabajo.
- No fumar, ni comer o beber durante el trabajo.
- Lavarse las manos antes de los descansos y después del trabajo.
- Protección preventiva de la piel con pomada protectora.

Protección respiratoria

- En caso de formación de polvo llevar mascarilla para polvo fino.

Protección de las manos

- Guantes de goma natural o sintética..

Protección de los ojos

- Gafas protectoras.

Protección corporal

- Ropa de trabajo.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto

Estado Físico	Polvo
Color	Beige
Olor	Inodoro

Datos significativos para la seguridad

		Método
Punto de Inflamación	No aplicable	
Inflamabilidad	No aplicable	
Temperatura autoinflamación	No aplicable	
Peligro de explosión	No aplicable	
Densidad Aparente sin compactar	0.98 g/cm ³	
Solubilidad en agua	El producto puede ser dispersado	
pH a 20°C	8 - 9	



10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Condiciones que deben evitarse

No se conocen

Materias que deben evitarse / Reacciones peligrosas

Posibles reacciones peligrosas con:

- Ácidos

Descomposición Térmica y Productos de descomposición peligrosos

Utilizando el producto adecuadamente, no se descompone.

11. INFORMACIONES TOXICOLÓGICAS

Experiencia sobre personas

Contacto con la piel

- Puede causar irritación

Contacto con los ojos

- Irritación

Inhalación

- Puede causar irritación

Ingestión

- Una pequeña cantidad puede causar perturbaciones considerables en la salud

12. INFORMACIONES ECOLÓGICAS

Indicaciones adicionales

Debido al pH puede poner en peligro los organismos acuáticos.

13. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS

No desperdicie el producto. Si ha de eliminar el producto, agregar cemento y agua, y dejar endurecer (el residuo endurecido es inerte), o bien identifique como residuo especial. Para la disposición final, tomar contacto con la autoridad competente y/o empresa autorizada de eliminación de residuos. La eliminación está regulada por la legislación vigente.

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

ADR / RID

Información Complementaria

Mercancía no peligrosa

IMO / IMDG

Información Complementaria

Mercancía no peligrosa

IATA / ICAO

Información Complementaria

Mercancía no peligrosa



15. DISPOSICIONES DE CARÁCTER LEGAL

Etiquetado según 88/379/EEC

Según Directivas CE y la legislación nacional correspondiente, el producto no requiere etiqueta.

Símb. Peligro

F Inflamable

Frases R

15 Reacciona con el agua liberando gases extremadamente inflamables
10 Inflamable.

16. OTRAS INFORMACIONES

Definición de abreviaturas:

CAS: Chemical Abstract Number
NA: No aplica
ND: No disponible
ONU: Organización de Naciones Unidas
ADR: Acuerdo Europeo concerniente a la carga de materiales peligrosos por carretera.
RID: Acuerdo Europeo Concerniente a la carga de materiales peligrosos por ferrocarril.
IMO: Organización Marítima Internacional
IATA: Asociación Internacional de Transporte Aéreo
ICAO: Organización Internacional de Aviación Civil.

En caso de emergencia recomendamos llamar a

EsSalud: 472-2300 ó 0801-10200
Central de Emergencias de los Bomberos: 116 y/o 2220222

Advertencia:

La información contenida en esta Hoja de Seguridad corresponde a nuestro nivel de conocimiento en el momento de su publicación. Quedan excluidas todas las garantías. Se aplicarán nuestras Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Por favor, consulte la Hoja Técnica del producto antes de su utilización. Los usuarios deben remitirse a la última edición de las Hojas de Seguridad de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe

Aprobado por: GMS

