

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE ENCOFRADO METALICO
CON CARRO TRANSPORTADOR HIDRAULICO PARA EL
REVESTIMIENTO DEL TUNEL-PROYECTO OLMOS**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

MILTON VALER LLERENA

PROMOCION 1990-I

LIMA-PERU

2011

INDICE

PROLOGO	1
CAPITULO I INTRODUCCION	
1.1 Antecedentes	3
1.2 Objetivo	4
1.3 Alcances	4
1.4 Limitaciones	4
CAPITULO II DESCRIPCION GENERAL DE LOS COMPONENTES DEL ENCOFRADO METALICO CON CARRO TRANSPORTADOR HIDRAULICO Y SU FUNCIONAMIENTO	
2.1 Forma principales existentes	5
2.2 Partes del encofrado metálico con carro transportador hidráulico	8
2.2.1 Estructura del encofrado metálico con carro transportador hidráulico	8
2.2.2 Botellas mecánicas	8
2.2.3 Soporte carro transportador	9
2.2.4 Sistema hidráulico	9
2.2.5 Sistema de accionamiento	10
2.2.6 Sistema eléctrico y accesorios eléctricos de seguridad	10
2.3 Operación del encofrado metálico con carro transportador hidráulico	10
CAPITULO III DISEÑO DEL ENCOFRADO METALICO	
3.1 Aspectos generales	12
3.1.1 Datos del planeamiento de la construcción	14
3.1.2 Determinación de la presión máxima del concreto sobre el encofrado	15

3.2	Condiciones de obra que influyen en el diseño	16
3.2.1	Cargas asimétricas	16
3.2.2	Vibración del encofrado por consolidación	17
3.3	Criterios de diseño	17
3.4	Hipótesis de diseño	18
3.5	Concepción de la forma del encofrado	19
3.5.1	Descripción del encofrado	19
3.5.2	Características de fabricación del encofrado	20
3.5.3	Procedimiento de desencofrado	23
3.6	Diseño de los elementos importantes del encofrado	24
3.6.1	Diseño de la plancha del manto del encofrado	24
3.6.2	Diseño de la viga de refuerzo del manto	25
3.6.3	Diseño de las cuadernas del encofrado	27
3.6.4	Diseño del perno de anclaje en la losa inferior	28
3.7	Calculo de los elementos importantes del carro transportador	29
3.7.1	Calculo de la velocidad del carro transportador	29
3.7.2	Calculo de la potencia del Motorreductor	29
3.8	Esquemas generales del encofrado	30
3.8.1	Anexo A - Diagrama de cargas, esfuerzos y deformaciones.....	
3.8.2	Anexo B – Gráficos y esquemas del túnel y del encofrado.....	

CAPITULO IV FABRICACION DEL ENCOFRADO METALICO

4.1	Generalidades	31
4.1.1	Materiales de fabricación	31
4.1.2	Soldadura	33
4.1.3	Arenado: preparación de la superficie según norma SPC-SP6	33

4.1.4 Aplicación de pintura	34
4.2 Cronograma de actividades	35
4.3 Metrado de materiales y equipos	35
4.4 Metrado de materiales encofrado metálico y carro transportador	35
4.5 Metrado de consumibles	42
4.6 Requisitos de la mano de obra	44
4.7 Requisitos de maquinas, herramientas y elementos de protección	45
4.8 Tiempo de ejecución de la fabricación	49
4.9 Proceso de fabricación	50
4.9.1 Inspección	50
4.9.2 Trazado, encuadrado y habilitado	51
4.9.3 Construcción, armado y verificado	51
4.9.4 Pruebas, verificación y acabados	52
4.10 Resultados de la fabricación	53
4.11 Sistema de protección	53

CAPITULO V DESARROLLO DEL MONTAJE DEL ENCOFRADO METALICO

5.1 Generalidades	56
5.1.1 Organigrama de la obra	56
5.1.2 Diagrama de flujo	57
5.1.3 Cronograma de actividades	57
5.2 Operación de montaje	58
5.3 Requerimientos para el montaje	59
5.3.1 Materiales	59
5.4 Mano de obra	60
5.5 Personal montajista	60

5.6	Maquinas, herramientas y equipos adicionales	61
5.7	Programa de actividades	62
5.8	Tiempo de ejecución de montaje	63
5.9	Secuencia de montaje	63
5.9.1	Objetivo	63
5.9.2	Alcance	64
5.9.3	Definiciones	64
5.9.4	Documentación aplicable	65
5.9.5	Responsabilidades	66
5.9.6	Desarrollo	67

CAPITULO VI COSTOS

6.1	Generalidades	73
6.1.1	Costos directos	73
6.1.2	Costos Indirectos	74
6.1.3	Gastos	74
6.2	Costos de fabricación del encofrado metálico con carro transportador	
	Hidráulico	74
6.2.1	Mano de obra de fabricación	74
6.2.2	Equipos y maquinarias	75
6.2.3	Equipos de protección personal y seguridad	76
6.2.4	Combustibles varios	77
6.2.5	Materiales y Equipos	78
6.3	Costo de montaje del encofrado metálico con carro transportador	
	Hidráulico	82
6.3.1	Mano de obra	82
6.3.2	Equipos y herramientas	83

6.3.3 Equipos de protección personal	84
6.3.4 Combustible	85
6.3.5 Materiales	86
6.4 Resumen de costo de montaje	86
6.4.1 Resumen total de fabricación y montaje	87
6.5 Costo total del proyecto	87
CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES	88
ANEXOS	91
BIBLIOGRAFIA	108
PLANOS	

PROLOGO

El presente informe Titulado “Diseño, Fabricación y Montaje de Encofrado metálico con carro transportador hidráulico para el revestimiento del Túnel – Proyecto Olmos” se mostrará el proceso general seguido para el diseño y selección de Las partes mecánicas, hidráulicas y eléctricas de cada unos de los componentes a partir de las especificaciones técnicas dadas por el cliente, hasta el punto que permita la fabricación y el montaje y se desarrollara en seis capítulos:

En el capítulo I, se presenta una introducción al tema indicando los antecedentes, el objetivo y las limitaciones, con una descripción de las etapas del proyecto y el alcance del proyecto.

En el capítulo II se hace una breve descripción general de la organización de los componentes del encofrado metálico describiéndose el uso, función y Operación del equipo.

En el capítulo III se desarrolla el diseño de las estructuras que componen tanto el encofrado metálico como el carro transportador hidráulico, estableciéndose las condiciones de obra, criterios de diseño é hipótesis de diseño. Se considerara la concepción de la forma del encofrado, el diseño de los elementos importantes del

encofrado y del carro transportador. Como ilustración del método se presenta el cálculo de 1 modulo de 6 mts. de encofrado metálico con el carro transportador hidráulico.

En el capítulo IV, se describe el proceso de fabricación, señalándose en forma detallada el programa de actividades y tiempo de ejecución programado, así como los procesos y resultados del proceso de fabricación.

En el capítulo V, se describe el desarrollo del montaje de los encofrados metálicos con el carro transportador hidráulico, detallándose las operaciones de montaje, el personal, los equipos, las herramientas, los tiempos y la secuencia de las operaciones de montaje.

En el capítulo VI, se determinan los costos de diseño, fabricación y montaje del encofrado metálico con carro transportador hidráulico, así como el costo total del proyecto.

Se finaliza con las conclusiones del presente trabajo.

Capítulo I

INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

El presente estudio se ha realizado en base al proyecto hidroenergético y de irrigación Olmos que está en la región de Lambayeque, aproximadamente a 900 km de Lima en el extremo noroccidental del Perú. El propósito del proyecto es regular y trasvasar los recursos hídricos del río Huancabamba, de la vertiente del Océano Atlántico hacia el río Olmos de la vertiente del Océano Pacífico, mediante un Túnel Trasandino que tiene una longitud de 19.3 Km y un diámetro de 4.8 mt

Los accesos son muy buenos y en buenas condiciones. El potencial del Proyecto Olmos, identificado en estudios definitivos que fueron realizados en la década del 70, corresponde a la irrigación de 100,000 ha. Incluyendo el uso de los recursos hídricos trasvasados y subterráneos, así como una capacidad de generación anual de 5,000 GWh.

1.2 Objetivo

El objetivo principal es diseñar, fabricar y realizar el montaje del Encofrado metálico con carro transportador hidráulico a fin de poder cumplir con el revestimiento de concreto del túnel trasandino y movilizarlo a lo largo del mismo por medio del carro transportador hidráulico.

1.3 Alcances

En este informe de ingeniería se presenta el diseño del encofrado metálico con carro transportador hidráulico para un túnel de sección 4.80 mts. y con una longitud de encofrado metálico de 60 mts. y un carro transportador hidráulico de 8.75 mts. de longitud. Además muestra la metodología de fabricación, montaje y los costos del encofrado metálico con carro transportador hidráulico para el proyecto transvase túnel trasandino – Olmos.

1.4 Limitaciones

El tema está enfocado en el diseño y construcción del encofrado metálico con carro transportador hidráulico del túnel del proyecto Olmos.

En el caso del diseño, se presentará solo el diseño de un modulo de 6 mts. conformado por 4 cuerpos de 1.5mts. de longitud c/u con el respectivo carro transportador de 8.75 mts. de longitud que es la que soportara el peso del encofrado metálico y el encofrado a su vez soportara la presión del concreto en toda su sección de contacto.

Además se detallan los procedimientos de construcción y montaje, pero se incide en los procedimientos de soldadura y armado por ser también una etapa importante en el proceso de fabricación.

CAPITULO II

DESCRIPCION GENERAL DE LOS COMPONENTES DEL ENCOFRADO METALICO CON CARRO TRANSPORTADOR HIDRAULICO Y SU FUNCIONAMIENTO

2.1 Formas principales existentes

Encofrado metálico de baúl (fig. 2.1)

Encofrado metálico de herradura (fig. 2.2)

Encofrado metálico de sección completa (fig. 2.3)

Encofrado metálico circular (fig. 2.4)

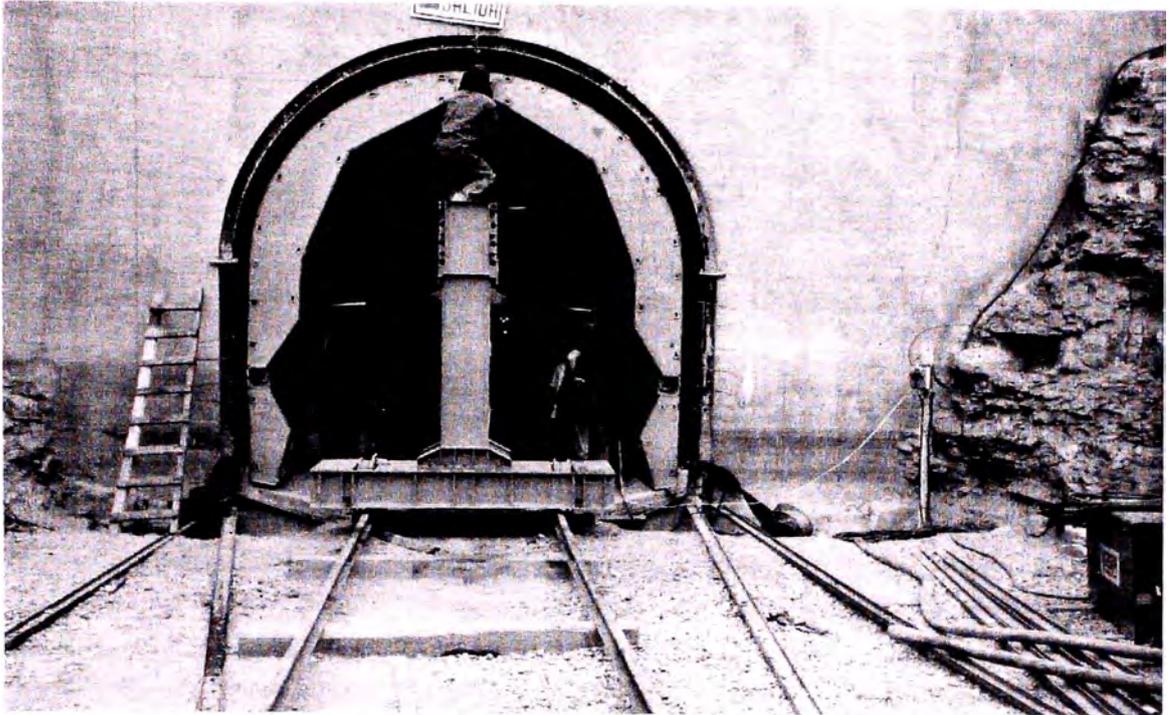


Figura 2.1 Encofrado tipo Baúl

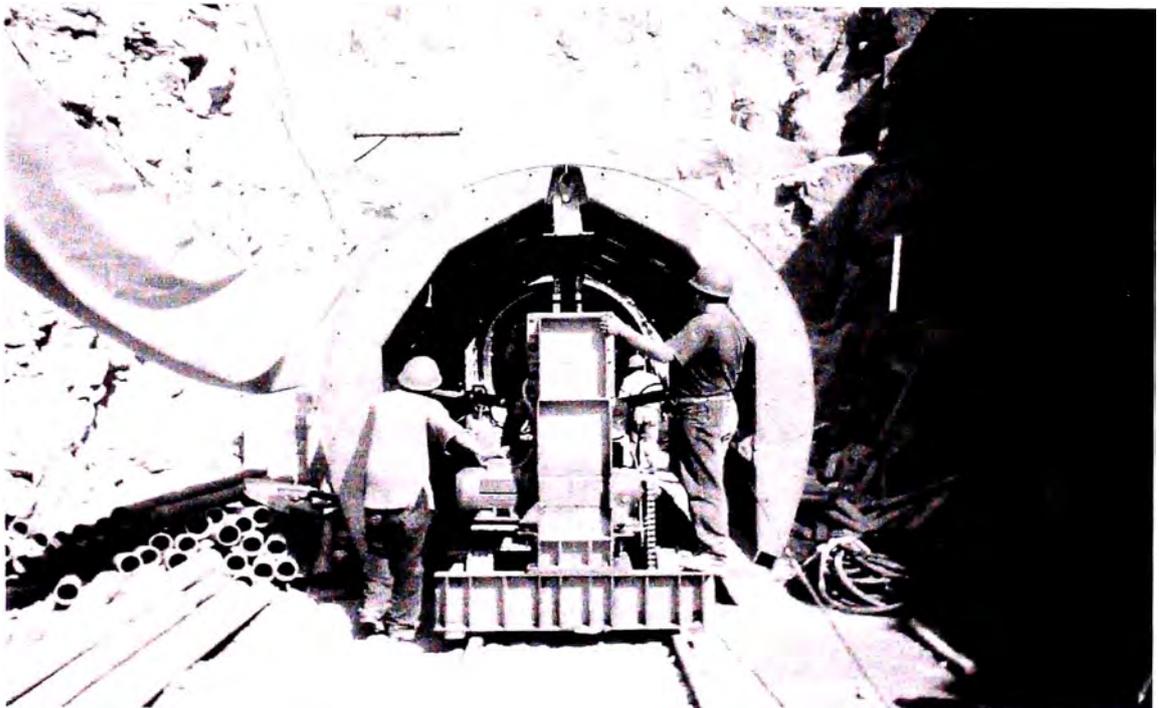


Figura 2.2 Encofrado tipo Herradura



Figura 2.3 Encofrado tipo Sección Completa

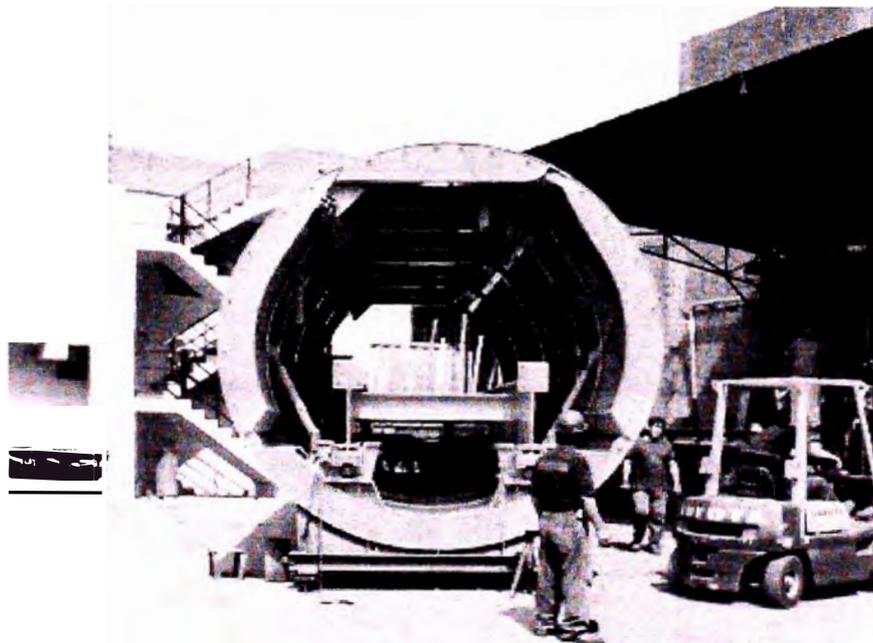


Figura 2.4 Encofrado tipo Circular

2.2 Partes del encofrado metálico con carro transportador hidráulico

De las siguientes características:

2.2.1 Estructura del encofrado metálico con carro transportador hidráulico

formado por:

2.2.1.1 **Bóveda Superior:** Está compuesto por un manto de plancha metálica y reforzada con canales trapezoidales de plancha doblada, además lleva unos cuadernas a ambos extremos de la bóveda que son la parte rígida del encofrado en esta bóveda van los apoyos de levante de los pistones verticales superiores debidamente reforzados.

2.2.1.2 **Astia Lateral Superior :** Está compuesto de un manto de plancha Metálica y reforzada con canales trapezoidales de plancha doblada, además lleva unas cuadernas a ambos extremos como tapa que son la parte rígida del encofrado, en ella van los tiradores de los pistones laterales centrales.

2.2.1.3 **Astia Lateral Inferior :** Está compuesto de un manto de plancha metálica y reforzada con canales trapezoidales de plancha doblada, además lleva unas cuadernas a ambos extremos como tapa que son la parte rígida del encofrado, en ella irán los tiros de los cables de los pistones laterales.

2.2.2 **Botellas mecánicas :** Son elementos distanciadores conformado en la parte central por tubos Sch 40 y en los extremos estarán soldados una barras huecas roscadas de paso derecho como izquierdo por barras

donde pasarán unas barras roscadas formando un elemento que se puede retraer como expandir.

2.2.3 Soporte Carro Transportador: Es una estructura compuesta por 4 columnas, 2 vigas longitudinales, 2 vigas transversales superiores y 2 vigas transversales inferiores que unidas forman la estructura del carro que transportará los módulos de encofrado de 6 mts. las columnas estarán formadas por canales doblados en frio y unidas por medio de platinas y arriostrado por medio de ángulos, las vigas longitudinales y las vigas transversales superiores serán tipo cajón embridados entre ellos, la viga transversal inferior será fabricado de doble canal doblado en frio unido por platinas y la cual servirá como base del tren de ruedas.

2.2.4 Sistema Hidráulico : Es el sistema que permitirá el accionamiento de los pistones para el recogimiento de los encofrado para su posterior traslado, está constituido por una unidad de poder hidráulica de 11 cm/seg de velocidad y comprendido por un motor eléctrico de 12 HP, bomba hidráulica de engranajes de 9 GPM, limitadores de presión, visores de nivel y temperatura de aceite, filtro de succión, filtro de retorno, manómetro de glicerina de 0 a 3,000 PSI y deposito de aceite de 40 GL., también constará de válvulas direccionales, válvulas check pilotadas y de 4 pistones de 3" ϕ x 950 mm, 4 pistones de 3" ϕ x 750 mm y 2 pistones de 3" ϕ x 1,450 mm.

2.2.5 Sistema de Accionamiento: Es un tablero con 10 llaves de mando Hidráulicas que será las que nos permita accionar el recorrido de los diferentes pistones a través de la unidad hidráulica y es la que permitirá direccionar adecuadamente los diferentes tipos de pistones.

2.2.6 Sistema eléctrico y accesorios eléctricos de seguridad : El sistema eléctrico constará de 1 Tablero de Fuerza que convertirá la energía de entrada de 480 V a 220V, además este tablero constará de un sistema de seguridad para Sobretensiones de energía, el sistema también consta de 2 tablero eléctricos de mando tanto para el accionamiento del motorreductor como para el sistema eléctrico, ambos también constaran de su zetas respectivas de seguridad tanto para la velocidad como para las sobrepresiones.

2.3 Operación del encofrado metálico con carro transportador hidráulico: El carro Transportador hidráulico es una estructura móvil autopropulsada por sí misma y se utiliza para transportar módulos de encofrado metálico de 6 mts. De su posición de vaceado de concreto hacia una nueva posición dentro del túnel.

Este carro se autopropulsa por si misma a través de un motorreductor que es la que transmite a los ejes de la rueda una velocidad mínima (20 mts./min) para que pueda transportar los módulos metálicos a través de los rieles del túnel y está diseñada para soportar los pesos de sí misma y del encofrado metálico.

Este carro dispone de un sistema hidráulico que permite el desencofrado de los módulos del encofrado y que por medio de pistones hidráulicos logran retraer toda la sección del encofrado de tal manera que pueda pasar a través de su propia sección instalada dentro del túnel y trasladarse de un lugar a otro sin obstaculizar el continuo vaciado de concreto del túnel.

El carro transportador hidráulico lleva unos accesorios eléctricos de seguridad con parada de emergencias accionadas por los cables que se encuentran a lo largo del transportador en caso hubiera una descarga eléctrica ó una sobre presión en los pistones hidráulicos.

CAPITULO III

DISEÑO DEL ENCOFRADO METALICO

3.1 Aspectos generales

La presión de concreto en su estado plástico, que ejerce sobre el encofrado, debe ser tomado en cuenta como:

$$P = \delta w * h \quad (1.1)$$

P = Presión del concreto en kg/m^2

δw = Densidad del concreto en su estado plástico, se considera igual a
 $2\ 100\ \text{kg/m}^3$

h = Altura total del espacio a vaciar con concreto fresco en metros.

Si el vaciado es lo suficientemente rápido, el concreto en su estado plástico se comportará como un líquido ejerciendo una presión que aumenta en función a la altura. Sin embargo, esta presión puede ser disminuida si se considera el efecto de la temperatura del concreto y de la velocidad de vaciado del concreto.

En el vaciado del revestimiento del túnel, dadas las características de espacio y la forma de llenar el concreto por medio de ventanas en el encofrado metálico, hace que el vaciado no sea continuo y se tenga velocidades de vaciado que influyan en la magnitud de la presión de concreto sobre el encofrado, así la presión de concreto estará dada por:

$$P = 0.073 + 8 * R / (T^{\circ} + 17.8) \quad (1.2)$$

Esquemáticamente:

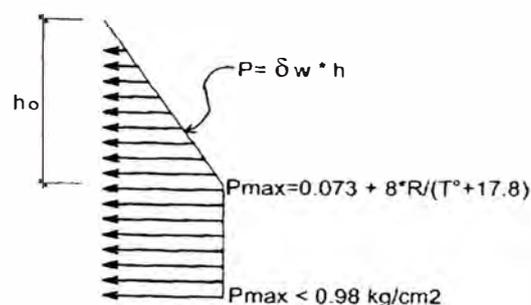


Figura 3.1 Esquema de Presiones

Donde:

P = Presión del concreto en kg/cm². Con una presión máxima dado en la fórmula 1.2 pero siempre menor que 0,98 kg/cm².

R = Velocidad de llenado del encofrado, o Ratio de llenado, dado en metros de altura de vaciado por hora (m/hr).

T = Temperatura del concreto en grado centigrado (°C).

Ho= Altura a partir del cual la presión del concreto en su estado plástico es controlada por la presión máxima dada las condiciones de llenado y temperatura del concreto.

3.1.1 Datos del planeamiento de construcción

Los siguientes datos han sido proporcionados por el cliente y son producto del planeamiento del vaciado de concreto:

Tipo de vaciado del concreto : Concreto bombeable

Capacidad de bombeo : de 40 @ 50 m³/hora

Tiempo de fraguado después de la colocación : 2 horas

Espesor del revestimiento de concreto : 0,30 + 0,10 metros

Pendiente de vaciado del concreto : 1V : 4H

Longitud máxima : 26 metros

Espesor de capas de vaciado : 0,30 metros

Volumen de concreto por capa	: 6,25 m ³
Velocidad de vaciado	: 7 capas / hora
Ratio de vaciado	: 2,1 m/hora
Ratio de vaciado considerado en el diseño	: 2,5 m/hora
Temperatura del concreto estimada	: 14°C

3.1.2 Determinación de la presión máxima del concreto sobre el encofrado

La presión máxima a considerar en el diseño es:

$$P_{\max.} = 0,073 + 8 * 2,5(14 + 17,8) = 0,70 \text{ kg/cm}^2 = 7 \text{ 000 kg/m}^2$$

$$< 0,98 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{ok!}$$

La presión del concreto se comporta como la de un fluido hasta una altura crítica h_0 en la que se alcanza la presión máxima.

Para el cálculo de la presión crítica h_0 se toma en cuenta lo siguiente:

En la altura total h se considera 0,30 m más por el espesor de vaciado de concreto de la bóveda del túnel, tal como se muestra en los esquemas del trazo de la sección del túnel y el esquema de la zona a revestir (ver Anexo B – Gráficos y Esquemas).

$$H_o = P_{max}/\delta w \quad 7\,000/2\,100 = 3,30 \text{ m}$$

La presión indicada en las fórmulas anteriores se aplicará perpendicularmente a la superficie del encofrado, no se considera ningún tipo de sobrecarga de trabajo debido a la imposibilidad de tener personal o carga de material a acarrear sobre el encofrado metálico.

3.2 Condiciones de obra que influyen en el diseño

3.2.1 Cargas Asimétricas

Se produce cuando el vaciado del concreto es sólo a un lado del encofrado.

Es importante tomar en consideración que una simetría de cargas en el momento de llenado significará esfuerzos mayores en los elementos resistentes del encofrado y podrán ocurrir desplazamientos laterales del encofrado no deseados, de modo que, en la etapa de vaciado, se debe minimizar esta situación de cargas aplicadas asimétricas, para ello, se deberá vaciar el concreto de manera alternada, especialmente en las paredes laterales del encofrado.

También es usual el llenado primero de las paredes laterales del túnel y luego al final se procede al vaciado de la bóveda, esta situación de aplicación de cargas ha sido considerado en el diseño de los elementos del encofrado.

3.2.2 Vibración del encofrado por consolidación

Otro factor, no menos importante de tomar en cuenta es la vibración que se producen al momento de consolidar el concreto fresco. Esta puede ser hecha con vibradores portátiles tipo aguja o pueden ser fijas adosadas exteriormente en el mismo encofrado metálico; en este último caso las vibraciones de todo el encofrado pueden ocasionar desplazamientos de la posición final del encofrado o inestabilidades que puedan poner en riesgo la operación de vaciado.

Los sobre esfuerzos productos de esta situación han sido considerados en el diseño de los elementos implicados por este efecto.

3.3 Criterios de diseño

De acuerdo a la práctica usual del diseño, se tomará un factor de seguridad de 2 en los valores de las cargas para todos los diseños de los elementos del

encofrado, este valor considera los sobre esfuerzos producto de impactos generados en la operación de vaciado y/o transporte.

Se analizará las cargas considerando la situación más desfavorable de alternancia de carga.

Se diseñarán los elementos de acuerdo a esfuerzos permisibles indicados en las normas del AISC (American Institute Steel Construcción).

Se controlarán los desplazamientos y deformaciones del encofrado, teniendo en cuenta las deformaciones y desalineamientos indicados en la norma ACI 117 (American Concrete International Committe 117).

El material empleado en la fabricación del encofrado serán planchas ó perfiles metálicos que cumplan la norma ASTM A36 (American Standard Testing of Materials).

3.4 Hipótesis de diseño

En el análisis se considera el caso más desfavorable de tener cargas parciales asimétricas a consecuencia del proceso constructivo, así como

cargas totales cuando se haya terminado el vaciado de toda la sección del túnel. En algunos casos cada hipótesis presentará mayores esfuerzos en ciertos elementos estructurales que constituye el encofrado metálico que se analiza.

En el anexo A se detallan las cargas y se muestran las cargas, los esfuerzos, y los desplazamientos presentados en las cuadernas del encofrado metálico.

3.5 Concepción de la forma del encofrado

3.5.1 Descripción del encofrado

En su totalidad el encofrado tiene una longitud de seis metros, compuesto por cuatro módulos cada uno de 1,5 metros de ancho, unidas a través de las cuadernas mediante pernos de unión.

Cada módulo está compuesto de cinco piezas articuladas entre sí, mediante pines de acero, que permiten que la sección del encofrado pueda retractarse fácilmente en el proceso de desencofrado y ubicarse en una nueva posición. La pieza articulada inferior de los lados laterales del encofrado tiene una longitud aproximada de 1,00 metro y la pieza intermedia lateral mide 3,55 metros aproximadamente y finalmente la pieza para el encofrado de la bóveda mide 2,95 metros.

Una vez retraído el encofrado, el encofrado se apoya en un sistema de transporte que se desliza sobre rieles fijos ubicados en el piso de la galería. Los rieles están distanciados entre sí 1,00 metro y son los mismos utilizados por el TBM en la excavación del túnel.

Luego de trasladado a su nueva posición, las partes del encofrado son posicionados mediante gatas hidráulicas para ocupar finalmente la sección interior del túnel y luego son fijadas a la roca mediante piedines laterales (pernos distanciadores a la roca).

El vaciado de concreto se hace a través de doce ventanas especialmente acondicionadas para tal fin y distribuidas una por cada pieza del encofrado.

Todas las características del encofrado se muestran en el Anexo B del presente documento.

3.5.2 Características de fabricación del encofrado

El manto de cada módulo es de 1/4" de espesor y se apoya en viguetas de arriostre de forma trapezoidal de 80 mm de base inferior, 150 mm de base superior, y 110 mm de peralte de 3/16" de espesor,

adecuadamente espaciadas, estas se fijan soldadas en los extremos de las cuadernas.

Las cuadernas de 5/16" de espesor constituyen las vigas principales soportes del encofrado, y están compuestos principalmente por secciones variables, para la bóveda la cuaderna tiene un peralte mayor en el centro de luz de 300 mm.

Estructuralmente el encofrado soporta en promedio el empuje de 0,30m de concreto fresco del recubrimiento del túnel por encima del nivel superior del encofrado.

En la parte lateral, el encofrado soporta el empuje del concreto fresco mediante puntales telescópicos que mantienen la separación inicial y son tipo tornillo para facilitar la remoción del encofrado (piedines).

Es importante que en estos apoyos laterales se elimine las cargas desbalanceadas pues el empuje lateral del concreto fresco se anula con el empuje lateral del apoyo simétrico.

La cuaderna superior y la inferior del encofrado de la bóveda son de 5/16" de espesor y están unidos mediante conexiones rotuladas, que

permiten un fácil desmontaje de la posición de encofrado mediante retracción de los módulos laterales.

El encofrado metálico tiene un manto metálico que tiene la forma de la sección del túnel, este manto estará en contacto con el concreto y será el que recibirá en primera instancia el empuje que ejerce el concreto sobre el encofrado. El espesor de este manto de 1/4", es el necesario para resistir el empuje y sobre todo para que no se produzcan deformaciones permanentes en el manto por efecto de las cargas que ejerce el concreto fresco sobre el encofrado.

Para evitar lo anterior, adicionalmente, se colocan las viguetas de refuerzo de sección trapezoidal de plancha 3/16" de espesor, a lo largo del encofrado entre dos cuadernas consecutivas, estos están separados de acuerdo al esquema que se adjunta; estas viguetas de refuerzo transmiten la carga a las cuadernas o vigas transversales del encofrado que son finalmente los elementos resistentes principales del encofrado.

Las uniones entre los módulos son a partir de dos planchas laterales de 1/2" y una central de 1 3/8" tipo orejas, unidas con pines de conexión de 1" de diámetro.

3.5.3 Procedimiento del desencofrado

- a) Para iniciar el desencofrado de los módulos, se retirará los piedines con los que el encofrado se apoya en la roca del túnel.
- b) Se retiran los topes inferiores con los que se fija el encofrado mediante pernos de anclaje al piso de concreto previamente vaciado.
- c) Se retrae las laterales inferiores haciéndolo girar en la unión articulada.
- d) Luego se retrae las piezas laterales intermedias mediante los pistones hidráulicos fijados en los parantes verticales del vehículo de transporte.
- e) Finalmente mediante las gatas hidráulicas verticales, el encofrado de la bóveda se retrae verticalmente, de este modo todo el encofrado es desprendido de la superficie en contacto con el concreto que permite el traslado mediante el carro transportador.

La operación de desencofrado antes descrita se muestra en los esquemas del Anexo B.

3.6 Diseño de los elementos importantes del encofrado

En el anexo A, se muestran algunos de los esquemas donde se muestran los esfuerzos generados durante y al final del proceso de vaciado del concreto.

También se detalla los cálculos de la verificación del diseño de los elementos más importantes del encofrado.

3.6.1 Diseño de la plancha del manto del encofrado

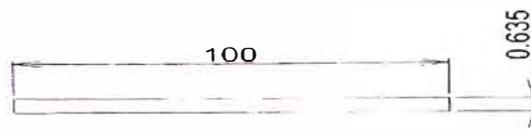


Figura 3.2 Manto del Encofrado

Los máximos esfuerzos obtenidos son los siguientes :

$$\text{Momento Flector :} \quad = M_n = 181,75 \text{ kg.m}$$

$$\text{Cortante :} \quad = V = 1\,940,79 \text{ kg/m}$$

Los esfuerzos máximos de diseño son :

$$M_n = 181,75 \text{ kg.m (máximo)}$$

$$M_n = 108,1 \text{ kg.m (a la cara)}$$

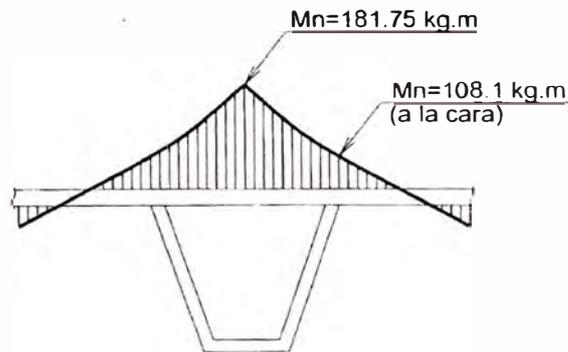


Figura 3.3 Esfuerzos en el Manto

Verificación de esfuerzos:

Momento flector: $= M_n = 101,5 \text{ kg.m/m}$

Cortante: $= V = 1\,532,08 \text{ kg/m}$

Módulo de sección por flexión: $S_{req} = M_n / \sigma_{adm} = 6,70 \text{ cm}^3$

Módulo existente del manto por metro de ancho $= b \cdot h^2 / 6 = 6,72 \text{ cm}^3 \text{ ok!}$

Esfuerzo cortante actuante $= 3 \cdot V_n / 2 \cdot \text{Area} = 36,2 \text{ kg/cm}^2$

Esfuerzo cortante admisible $= 0,4 \times \sigma_y = 1\,008 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok!}$

3.6.2 Diseño de la viga de refuerzo del manto

La mayor carga debido al empuje del concreto fresco se tiene en las paredes laterales y en la parte inferior igual a $w = 7\,000 \text{ kg/m}^2$.

Ancho tributario mayor = $0,35/2+0,16+0,35/2 = 0,51\text{m}$.

Carga sobre la vigueta, $w = 3\,750\text{ kg/m}$.

Luz de apoyo de viguetas, $L = 1,50\text{ m}$.

El máximo momento flector $M_n = 0,125 wL^2 = 1\,004\text{ kg.m}$

Máximo cortante actuante $V_n = 0,5wL = 2\,678\text{ kg}$

Verificación de esfuerzos:

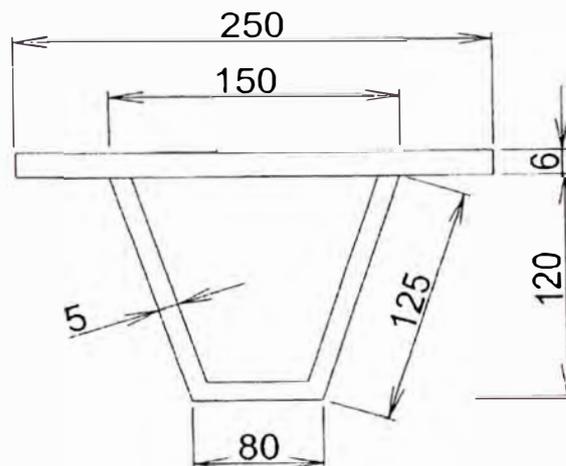


Figura 3.4 Viga de refuerzo del Manto

Módulo de sección requerido por flexión: $S_{req} = M_n/\sigma_{adm} = 66,4\text{ cm}^3$

Módulo existente de la vigueta $= 196,7\text{ cm}^3$ ok!

Esfuerzo cortante actuante $= 3.V_n/2.Area = 132,57\text{ kg/cm}^2$

Esfuerzo cortante admisible $= 0,4 \times \sigma_y = 1\,008\text{ kg/cm}^2$ ok!

3.6.3 Diseño de las cuadernas del encofrado

En el caso de las cuadernas, los esfuerzos mayores son los siguientes (ver diagrama de esfuerzos en pag. 16):

El máximo momento flector $M_n + = 1\,214,10 \text{ kg.m}$

El máximo momento flector $M_n - = 1\,914,88 \text{ kg.m}$

Máximo cortante actuante $V_n = 5\,236,58 \text{ kg}$

Verificación de esfuerzos:

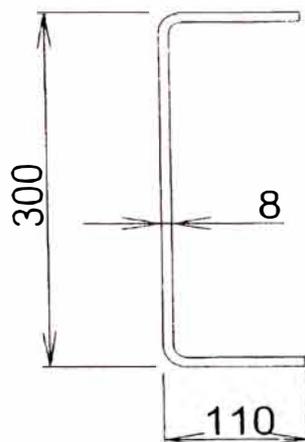


Figura 3.5 Cuaderna del Encofrado

Para el momento positivo:

Módulo de sección requerido por flexión:

$$S_{req} = M_n / \sigma_{adm} = 80,30 \text{ cm}^3.$$

Módulo existente de la cuaderna = 351,9 cm³ ok!

El esfuerzo cortante es nulo cuando el momento positivo es
Máximo.

Para el momento negativo:

Módulo de sección requerido por flexión:

$$S_{req} = m_n / \sigma_{adm} = 126,6 \text{ cm}^3.$$

Módulo existente de la cuaderna = 351.9 cm³ ok!

$$\text{Esfuerzo cortante actuante} = 3 \cdot V_n / 2 \cdot \text{Area} = 194,9 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Esfuerzo cortante admisible} = 0,4 \times \sigma_y = 1\,008 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok!}$$

3.6.4 Diseño del perno de anclaje en la losa inferior

El perno de anclaje será tipo anclaje con resina epóxica tipo Hilti ó similar y será tal que cumpla con desarrollar una fuerza de arranque (tensión) de 4 832 kg y 5 884 kg de corte.

Las características del perno serán las indicadas en los manuales del fabricante del perno.

3.7 Cálculo de los elementos importantes del carro transportador

3.7.1 Cálculo de la velocidad del carro transportador

$$\begin{aligned}
 \text{RPM del motor} &= 1\,750 \text{ RPM} \\
 \text{Ratio del motorreductor} &= 32 \text{ a } 1 \\
 \text{RPM de salida del motorreductor} &= 1\,750 / 32 = 54,6875 \\
 \text{Relación de velocidad de piñones} &= 14 \text{ a } 38 \\
 \text{RPM del eje de las ruedas} &= 54,6875 \times 14/38 = 20,148 \text{ RPM} \\
 \text{Diámetro de la rueda} &= 390 \text{ mm} \\
 \text{Velocidad del carro} &= \pi \times D \times N / 60\,000 \\
 &= 3,1416 \times 390 \times 20,148 / 60,000 \\
 &= 0,41 \text{ m/seg.} \\
 &= 1,48 \text{ km/hr}
 \end{aligned}$$

3.7.2 Cálculo de la potencia del motorreductor

$$\begin{aligned}
 \text{Potencia por cada rueda} &= \tau \times W \\
 \tau &= F \times r = \varphi \times r \\
 &= \varphi \times D/2 \\
 \varphi &= \mu_s \times N \text{ al momento del arranque} \\
 \varphi &= \mu_c \times N \text{ cinético en movimiento.}
 \end{aligned}$$

Los valores de μ_s , μ_c oscilan entre 0,2 a 0,3 tomamos 0,3

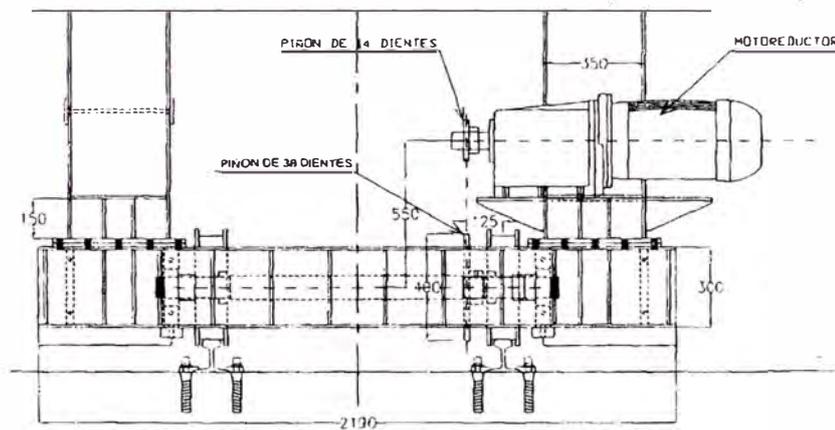
$$\begin{aligned}
 \varphi &= 0,3 \times 15\,000/4 \\
 &= 1\,125 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau &= 1\,125 \times 0,39/2 \\ &= 219,375 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Potencia total por las cuatro ruedas = $4 \times \tau \times W$

$$= 4 \times 219,375 \times 9,8 \times (20,15/60) \times 2\pi$$

$$= 24 \text{ HP (redondeando)}$$



3.8 Esquema general del encofrado

Estos Anexo se visualizarán en la parte final en los Anexos.

CAPITULO IV

FABRICACION DEL ENCOFRADO METALICO

4.1 Generalidades

Luego de haber diseñado, seleccionado y preparado los planos de fabricación se procede a la etapa de fabricación. Se prepara un cronograma de ejecución de obra dividiendo los componentes e indicando las fechas de culminación de la fabricación de cada uno de ellos a fin de poder controlar el avance de la fabricación periódicamente, garantizando de esta manera el cumplimiento en la fecha requerida por el cliente.

4.1.1 Materiales de fabricación:

Los materiales para la fabricación de las estructuras metálicas que se están utilizando son materiales de acuerdo a las normas vigentes del

acero tal como el ASTM A36, las propiedades mínimas de este acero se especifican a continuación:

Esfuerzo de fluencia (kg/mm²): 25

Resistencia de tensión (kg/mm²): 41 – 56

Alargamiento de rotura 23%

Los perfiles estructurales se fabrican a partir de bandas de acero laminado en caliente, que al pasar por una serie de rodillos sufren un proceso de formado en frío dando la geometría de cada perfil.

Todos los materiales utilizados para la fabricación de todos los componentes del encofrado metálico con carro transportador hidráulico,

Deben ser nuevos, de primera calidad, del tipo y grado especificado para cada una de las partes del encofrado metálico con carro transportador hidráulico, como estructuras, ruedas, etc. Como se indican a continuación.

Para el acero estructural ASTM A36, los siguientes perfiles : planchas, ángulos, vigas y canales, las medidas comerciales existentes en nuestro mercado son 4' x 8'; 5' x 10' y 5' x 20' para las planchas, 20' de

longitud para los ángulos, 20' y 30 ' para las vigas y 20' para los canales.

4.1.2 Soldadura

Se utiliza la soldadura según las especificaciones AWS D1.1/94, en donde se utilizará una soldadura serie E60-XX de 62 000 lb/pulg² de alta penetración en la soldadura de raíz, posteriormente una soldadura estructural sobre la soldadura de raíz de serie E70-XX de bajo hidrogeno de 70 000 lb/pulg² de resistencia a la tracción con factores de utilización de 65% y 85% respectivamente.

4.1.3 Arenado : preparación de superficie según norma SPC – SP6

La limpieza de los elementos metálicos se lleva a cabo por el arenado y bajo las normas SSPC - SP6

Esta unión de normas cubre el uso de limpieza por chorro abrasivo hasta dar un grado definido de limpieza de superficies de acero antes de la aplicación de un recubrimiento protector ó un sistema de recubrimiento interior.

Esta norma esta determinado para el uso de especificaciones aplicadas, inspectores ú otros cuyas responsabilidad podría ser definir un grado estándar de limpieza de superficie.

4.1.4 Aplicación de pintura

La pintura que se aplico es de la empresa UNIVERSAL COLORS que es una alternativa competitiva y de comprobada calidad para el abastecimiento de pinturas especializadas para la construcción y mantenimiento industrial. Se aplico pintura base 3 mils y pintura de acabado 3 mils en total la película seca fue de 6 mils comprobada el espesor de película seca aplicada con el instrumento electrónico ELCOMETER.

La empresa cuenta con un laboratorio de investigación, desarrollo y de control de calidad, con lo cual se mantiene a la vanguardia del lanzamiento de productos nuevos y del aseguramiento de la calidad de los mismos.

Adicionalmente sus productos cuentan con certificaciones y homologaciones de laboratorios oficiales independientes, de acuerdo a las normas internacionales de calidad ASTM y SSPC.

Un completo equipo de ingenieros y profesionales del rubro brindan una asesoría técnica permanente a través del **Sito – Servicio de Inspección Técnica de Obras**, con lo cual se garantiza la correcta aplicación de sus

productos y el aseguramiento del rendimiento y durabilidad de los mismos, los requerimientos de diversos sectores industriales entre los que podemos resaltar : Industria minera, Industria naval, Industria química, Industria petroquímica, Industria agroexportadora, Industria alimenticia y de bebidas, **Industria Metal Mecánica**, Industria de construcción civil, Autoservicios y tiendas de mejoramiento del hogar.

4.2 Cronograma de actividades

El departamento de obras dispone de un cronograma de actividades en donde se indica la secuencia a seguir y el tiempo que va a durar este proceso de fabricación, el cual se espera cumplir (Ver Anexos).

4.3 Metrado de materiales y equipos

El metrado de materiales es de importancia para determinar la mano de obra, el tiempo de ejecución de la obra y el costo total. Entre los materiales a metrar tenemos, las planchas, canales, perfiles redondos, etc. El metrado considera también la depreciación de maquinas y herramientas, los alquileres de equipos, los servicios de terceros y los servicios de mano de obra.

4.4 Metrado de materiales encofrado metálico y carro transportador

Los materiales que se utilizan en la fabricación del encofrado metálico y el carro transportador se enumeran en el siguiente cuadro :

TABLA 4.1 METRADO ESTRUCTURA: ENCOFRADO METALICO Y CARRO TRANSPORTADOR

ITEM	DESCRIPCION	CANT	UNIDAD	PESO UNIT. (KG)	AREA PARCIAL (m ²)	PESO TOTAL (KG)	AREA TOTAL (m ²)
1.1	Plancha de 1/8" x 1,500 x 3,000 mm	1	Pl.	112,20	4,5	112,20	9,00
1.2	Plancha de 3/16" x 1,500 x 6,000 mm	47,5	Pl.	336,50	9	15983.75	855,00
1.3	Plancha de 1/4" x 1,500 x 6,000 mm	103	Pl.	448,60	9	46205,80	1854,00
1.4	Plancha de 5/16" x 1,500 x 6,000 mm	50	Pl.	560,80	9	28040,00	900,00
1.5	Plancha de 5/16" x 1,500 x 3,000 mm	1	Pl.	280,40	4.5	280,40	9,00
1.6	Plancha de 3/8" x 1,500 x 6,000 mm	2	Pl.	672,90	9	1345,80	36,00
1.7	Plancha de 1/2" x 1,500 x 6,000 mm	20	Pl.	897,30	9	17946,00	360,00
1.8	Plancha de 3/4" x 1,500 x 6,000 mm	2	Pl.	1345,90	9	2691,80	36,00
1.9	Plancha de 1" x 1,500 x 6,000 mm	1,5	Pl.	1794,50	9	2691,75	27,00
1.10	Plancha de 1 1/2" x 1,200 x 2,400 mm	2	Pl.	861,40	2,9	1722,80	11,60
1.11	Plancha de 2" x 600 x 1,200 mm	1	Pl.	287,10	0,7	287,10	1,40
1.12	Plancha de 3" x 450 x 1,700 mm	1	Pl.	457.60	0,77	457,60	1,54
1.13	Angulo de 1/2" x 6" x 6,000 mm	16	Pza.	167,86	1,83	2685,76	58,56

TABLA 4.1 METRADO ESTRUCTURA: ENCOFRADO METALICO Y CARRO TRANSPORTADOR

ITEM	DESCRIPCION	CANT	UNIDAD	PESO UNIT. (KG)	AREA PARCIAL (m ²)	PESO TOTAL (KG)	AREA TOTAL (m ²)
1.14	Angulo de 1/2" x 4" x 6,000 mm	4	Pza.	111.90	1.83	447.60	14.64
1.15	Platina de 1/2" x 2 1/2" x 6,000 mm	44	Pza.	35.34	0.38	1,554.96	33.44
1.16	Canal de 6" x 8.2 lbs/pie x 6,000 mm	43	Pza.	73.20	1.5	3,147.60	129.00
1.17	Tubo sch 80 de 3" ¢ x 6,000 mm	4	Pza.	91.60	1.68	366.40	13.44
1.18	Barra redonda de 5/8" ¢ x 6,000 mm	10	Pza.	9.30	0.15	93.00	3.00
1.19	Barra redonda de 1 1/4" ¢ x 6,000 mm	1	Pza.	37.32	0.3	37.32	0.60
1.20	Barra redonda de 1 1/2" ¢ x 6,000 mm	4	Pza.	53.70	0.36	214.80	2.88
1.21	Barra redonda de 1 3/4" ¢ x 6,000 mm	4	Pza.	73.08	0.42	292.32	3.36
1.22	Barra redonda de 2" ¢ x 6,000 mm	8	Pza.	95.46	0.48	763.68	7.68
1.23	Barra redonda de 2 1/2" ¢ x 6,000 mm	8	Pza.	149.16	0.6	1,193.28	9.60
1.24	Barra redonda de 3" ¢ x 6,000 mm	6	Pza.	214.62	0.72	1,287.72	8.64
1.25	Barra redonda 1045 de 90 mm ¢ x 1,400 mm	2	Pza.	69.90	0.2	139.80	0.80
1.26	Plancha de 5/8" x 1,200 x 2,400 mm	1	Pl.	358.90	2.88	358.90	5.76

TABLA 4.2 METRADO SISTEMAS: HIDRAULICO, MECANICO Y ELECTRICO

ITEM	DESCRIPCION	CANT	UNIDAD	PESO UNIT. (KG)	PESO TOTAL (KG)
2.1	Pistón con vástago de 2" \varnothing , cilindro 3" \varnothing x 950 mm	4	Unid.	60.00	240.00
2.2	Pistón con vástago de 1 1/2" \varnothing , cilindro 3" \varnothing x 750 mm	4	Unid.	40.00	160.00
2.3	Pistón con vástago de 1 1/2" \varnothing , cilindro 3" \varnothing x 1,450 mm	2	Unid.	70.00	140.00
2.4	Unidad de poder hidráulica para 11cm/seg de velocidad	1	Unid.	250.00	250.00
2.5	Valvula direccional de 4/3 de 8 cuerpos con conexión de 1/2" \varnothing	1	Unid.	3.00	3.00
2.6	Valvula check pilotada	1	Unid.	6.00	6.00
2.7	Conectores tipo JIC de 1/2" NPT	100	Unid.	0.20	20.00
2.8	Manguera hidráulica tipo 100 R2 x mt.	50	Mt.	1.20	60.00
2.9	Tuberia sch 80 de 3/8" \varnothing x 6,000 mm	9	Unid.	6.60	59.40
2.10	Motorreductor de velocidad de engranajes helicoidales tipo coaxial	1	Unid.	90.00	90.00
2.11	Motor eléctrico trifasico de 10 HP 1,800 RPM 220/440 V	1	Unid.	40.00	40.00
2.12	Piñon simple de 12T paso 1 1/4" ASA	1	Unid.	4.00	4.00
2.13	Piñon simple de 38T paso 1 1/4" ASA	1	Unid.	9.00	9.00

TABLA 4.2 METRADO SISTEMAS: HIDRAULICO, MECANICO Y ELECTRICO

ITEM	DESCRIPCION	CANT	UNIDAD	PESO UNIT. (KG)	PESO TOTAL (KG)
2.14	Candado ASA 100-1	1	Unid.	1.50	1.50
2.15	Cadena ASA 100 -1 simple de 1 1/4" de paso	2.5	Mt.	8.00	20.00
2.16	Cable de acero de 1/2" ¢	25	Mt.	0.90	22.50
2.17	Grapa para cable de 1/2" ¢ std.	28	Unid.	1.50	42.00
2.18	Rodajes coaxiales de 80 mm ¢ int.	4	Unid.	3.20	12.80
2.19	Ruedas de acero fundido de 80 mm de ¢ int x 390 ¢ ext y 100 mm de ancho	4	Unid.	95.00	380.00
2.20	Tablero Electrico de 220/440 V	1	Unid.	25.00	25.00

TABLA 4.3 METRADO ACCESORIOS: PERNERIA

ITEM	DESCRIPCION	CANT	UNIDAD	PESO UNIT. (KG)	PESO TOTAL (KG)
3.1	Perno de 3/4" c x 2"	72	Unid.	0.16	11.52
3.2	Perno de 3/4" c x 2 1/2"	40	Unid.	0.19	7.60
3.3	Perno de 3/4" c x 3"	8	Unid.	0.22	1.73
3.4	Perno de 5/8" c x 2 1/2"	16	Unid.	0.12	1.97
3.5	Perno de 1/2" c x 2 1/2"	16	Unid.	0.01	0.12
3.6	Perno de 7/8" c x 8" c/tuerca	160	Unid.	0.90	144.00
3.7	Perno de 3/4" c x 1 1/2" c/tuerca y arandela	1,480.00	Unid.	0.18	266.40

TABLA 4.4 RESUMEN METRADO DE LAS TRES PARTIDAS

DESCRIPCION	CANT	UNIDAD	PESO UNIT. (KG)	PESO TOTAL (KG)
ESTRUCTURA	1	Glb.	130,346.16	130,346.16
SISTEMA HIDRAULICO MECANICO Y ELECTRICO	1	Glb.	1,585.20	1,585.20
PERNERIA	1	Glb.	433.34	433.34
			PESO TOTAL (KG.)	132,364.70

4.5 Metrado de Consumibles

TABLA 4.5 CONSUMIBLES

DESCRIPCION	CANT	UNIDAD	PRECIO UNIT. (US\$)	PRECIO PARCIAL (KG)
Oxigeno	1,544	m ³	1.50	2,316.00
Gas Propano	772	Kg.	0.80	617.60
Soldadura E6011 de 1/8"	840	Kg.	2.60	2,184.00
Soldadura E6011 de 5/32"	160	Kg.	2.70	432.00
Soldadura E7018 de 1/8"	950	Kg.	3.00	2,850.00
Soldadura E7018 de 5/32"	590	Kg.	3.20	1,888.00
Discos de corte de 4" ø	30	Unid.	2.80	84.00
Discos de corte de 15" ø	20	Unid.	6.80	136.00
Disco de desbaste de 4" ø	200	Unid.	3.00	600.00

Escobilla de fierro	25	Unid.	2.80	70.00
Lija de fierro	80	Unid.	0.70	56.00
Thinner estándar	75	Gl.	3.20	240.00
Trapo Industrial	50	Kg.	0.60	30.00
Pintura anticorrosive	150	Gl.	7.00	1,050.00
Pintura Esmalte sintetico	150	Gl.	8.00	1,200.00
			TOTAL US\$	13,753.60

4.6 Requisito de la mano de obra

El personal requerido deberá ser calificado y con experiencia debiendo afrontar las tareas encomendadas. Se exige buenos rendimientos en fabricación y calidad en los trabajos. El personal técnico en general se evaluará mediante prueba de campo por la actividad que está postulando.

Se estima que la fabricación de las estructuras del encofrado metálico y el carro transportador concluirá en el periodo de 90 días de acuerdo a lo planteado por el cliente, para ello se formarán varios grupos de trabajo.

TABLA 4.6 RELACION DE PERSONAL DE FAMECT

A	EMPLEADOS	CANTIDAD
	Administrador	1
	Ingeniero de Operaciones	1
	Ingeniero de Planta	1
	Ingeniero de Control de Calidad	1
	Técnico Mecánico-Electrohidráulico	2
B	TRABAJADORES	CANTIDAD
	Maestro de Obra	1
	Calderero	6
	Soldador	6
	Oxigenista	3
	Ayudante	15

4.7 Requisitos de maquinas, herramientas y elementos de protección

Es conformado por todos los elementos de trabajo del personal técnico y obreros que a su vez utilizarán para la fabricación y montaje de las estructuras a fabricar.

TABLA 4.7 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA OBRA DEL TUNEL OLMOS			
ITEM	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD
1	Guillotina Hidráulica Casanova de 3 mts. corta hasta 3/8"	Unid.	1
2	Plegadora Hidráulica Casanova de 3 mts. plega hasta 3/8"	Unid.	1
3	Roladora Hidráulica de 3 mts. rola hasta 3/4" de 35 Amp.	Unid.	1
4	Roladora Mecánica de 2.6 mts rola hasta 5/8" de 24 Amp	Unid.	1
5	Roladora Mecánica de 2 mts. Rola hasta 3/8" de 7 Amp.	Unid.	1
6	Prensa Hidráulica de 20 Tn de 36 Amp.	Unid.	1
7	Prensa Hidráulica de 15 Tn de 28 Amp.	Unid.	1
8	Taladro de Pedestal 220V para broca de 1 1/4"	Unid.	1
9	Torno de 500 mm de volteo	Unid.	1
10	Taladro c/base magnetica Black Decker	Unid.	3
11	Sierra Vaiven Hidráulica	Unid.	1
12	Sierra Mecánica de cinta	Unid.	1
13	Compresora de Alta capacidad de 35 Amp.	Unid.	1
14	Maquina de Soldar Trifásica Multifuncional Lincoln 25 Amp.	Unid.	5
15	Maquina de Soldar Trifásica Solandinas 70 Amp.	Unid.	4
16	Maquina de Soldar Monofásica Solandinas 45 Amp.	Unid.	4
17	Carrito de Oxicorte Victor c/rieles de 3 mts.	Unid.	3
18	Equipo de Oxicorte con manómetro, caña y 20 mts de mang.	Unid.	10

TABLA 4.7 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA OBRA DEL TUNEL OLMOS			
ITEM	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD
19	Esmeril de 7" ζ c/ extensión de 15 mts.	Unid.	12
20	Esmeril de 4 1/2" ζ c/ extensión de 10 mts.	Unid.	6
21	Tronzadora de 14" ζ	Unid.	3
22	Teclé de cadena de 5 Ton.	Unid.	1
23	Teclé de cadena de 3 Ton.	Unid.	2
24	Teclé ratchet de 1 Ton	Unid.	3
25	Teclé ratchet de 3/4 Ton	Unid.	4
26	Tirford de 3 Ton.	Unid.	2
27	Polipastos de 1/2 Ton.	Unid.	4
28	Pistola para pintado c/ boquillas	Unid.	5
29	Tenazas porta electrodo	Unid.	12
30	Llave Francesa de 10"	Unid.	4
31	Llave Francesa de 12"	Unid.	3
32	Llave Stilson de 8"	Unid.	2
33	Llave Stilson de 6"	Unid.	3
34	Chispero para oxicorte	Unid.	12
35	Comba de 4 lbs.	Unid.	5
36	Comba de 3 lbs	Unid.	8

TABLA 4.7 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA OBRA DEL TUNEL OLMOS			
ITEM	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD
37	Llave Mixta de 1/2" - 5/8" - 3/4" - 1" 5 de c/u	Unid.	20
38	Llave ratchet para boca de 1/2" - 5/8" - 3/4" - 1"	Unid.	5
39	Escuadra de tope de 10"	Unid.	15
40	Escuadra de tope de 24"	Unid.	6
41	Nivel de mano de aluminio Stanley 12"	Unid.	6
42	Nivel de Aluminio Stanley de 48"	Unid.	2
43	Extintor PQS	Unid.	10
44	Extensión trifasica de 30 mts.	Unid.	3
45	Extensión Monofásica de 50 mts.	Unid.	8
46	Estrobos de cable 1/2" ϕ x 5 mts.	Unid.	5
47	Grilletes de 5/8" ϕ	Unid.	12
48	Grilletes de 3/4" ϕ	Unid.	4
49	Grilletes de 1" ϕ	Unid.	3
50	Plomada de bronce	Unid.	6
51	Prensas de 4"	Unid.	20
52	Soga de nylon de 3/4" ϕ x 60 mts.	Unid.	3
53	Soga de nylon de 1/2" ϕ x 50 mts.	Unid.	5
54	Llaves para esmeriles	Unid.	15

TABLA 4.8 ELEMENTOS DE PROTECCION Y SEGURIDAD

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA OBRA DEL TUNEL OLMOS			
ITEM	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD
1	Uniformes de trabajo	Unid.	36
2	Cascos de seguridad	Unid.	50
3	Cinta de señalización color rojo y amarillo	Kg.	5
4	Arnes de 3 argollas c/doble linea de vida y LV	Unid.	16
5	Botas de trabajo	Unid.	30
6	Escarpines	pares	20
7	Mandil de soldador	Unid.	12
8	Manga de soldador	pares	12
9	Careta de Soldador	Unid.	15
10	Careta de protección para esmeril	Unid.	20
11	Barbiquejos	Unid.	35
12	Lentes de seguridad claros	Unid.	50
13	Lentes de seguridad negros	Unid.	20
14	Lentes de oxicorte	Unid.	10
15	Casco Blanco 3M	Unid.	4
16	Guantes de soldador	pares	15
17	Guantes de montajista	pares	15
18	Guantes de seguridad	pares	25

TABLA 4.8 ELEMENTOS DE PROTECCION Y SEGURIDAD

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA OBRA DEL TUNEL OLMOS			
ITEM	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD
19	Lunas para soldar negras	Unid.	20
20	Lunas para soldar blancas	Unid.	100
21	Tapones de oído	pares	40
22	Respiradores para pintar c/ doble filtro	Unid.	8
23	Guantes de jebe para pintar	pares	8
24	Casco tipo Jockey con barbiquejo	Unid.	12

4.8 Tiempo de ejecución de obra

El proceso de fabricación se llevo a cabo en 90 días, empezando del 15 de Mayo del 2,006 al 15 de Agosto del 2,006, se trabajo en forma paralela la estructura del encofrado metálico, el carro transportador los accesorios mecánicos (torno) del encofrado y el sistema hidráulico (fabricación de los pistones). En la fabricación se ejecutaron labores de corte, armado, soldado, arenado y finalmente el pintado, para luego realizar una simulación del funcionamiento del sistema para no tener inconvenientes a la hora de realizar el montaje. Se puede apreciar en un cronograma en Excel los tiempos que duraron los trabajos respectivos antes indicado la cual adjuntamos en el presente informe.

4.9 Proceso de fabricación

Todos los trabajos se inician con la orden de trabajo, en donde los procesos de fabricación estructural tienen una secuencia a seguir en cada trabajo y de forma correlativa.

Requerimientos

- 1.- Orden de Trabajo.
- 2.- Planos de fabricación.
- 3.- Materiales, equipos y maquinaria para fabricación.
- 4.- Normas técnicas y acabados de fabricación.
- 5.- Control de calidad y pruebas.

4.9.1 Inspección

Inspeccionar si en el almacén existen todos los elementos de seguridad EPP.

Se inspecciona todas las maquinarias, herramientas y accesorios respectivos el estado en que se encuentra, los porta-electrodos, los cables de conexión, el estado de los equipos, los arneses tienen que estar en perfectas condiciones no se acepta cola de arneses con salpicaduras de soldadura. Para esta obra se emplea arneses de doble cola de cables de acero.

4.9.2 Trazado, encuadrado y habilitado

El piso de fabricación debe estar nivelado y limpio Verificación de las medidas habilitadas. Se verifica en presencia del supervisor para que se registre en su hoja de seguimiento.

Rectificado de medidas, limpieza y biselado de piezas, se rectifica cuando esta fuera de tolerancias, luego se procede a la limpieza del material de escorias, óxidos y se bisela según indicaciones del plano ó normas técnicas.

4.9.3 Construcción, armado y verificado

Alineamiento del material antes de usarse.

Apuntalado, nivelado, acordelado y encuadrado de elementos a unir según plano.

Para unir planchas y perfiles de regular espesor, la unión a tope se apuntala en la garganta a una distancia aconsejable, así apuntalado se verifica el alineamiento y encuadrado. El encuadrado se hace con electrodo E6011, que es una soldadura de baja resistencia a la rotura.

El armado de los componentes de la estructura del encofrado metálico tales como la bóveda superior, el astial lateral superior y el astial lateral inferior y la estructura soporte (Doble viga cajón con columnas) del carro transportador, etc.

La fabricación en serie y en forma paralela de todas estas quedan apuntaladas y fijadas a la machina de trabajo preparada previamente para poder armar todos los elementos comunes y para que tengan todas la misma disposición.

Una vez apuntalada en la machina se verifica por el supervisor y se realiza las correcciones del caso si las hubiese. En general toda nuestra estructura se suelda con E7018 de 1/8" y 5/32" de diámetro. Las vigas cajón y las columnas soporte del carro transportador se fabricarán de tal manera que se unan con bridas, teniendo en cuenta su fácil transporte y montaje.

4.9.4 Pruebas, verificación y acabados

Pruebas de soldadura de todas las estructuras. Se verifica el diámetro del cordón, porosidades, cristalización, socavaciones, soldadura empleada, acumulación de soldadura. Para el caso de vigas y columnas se emplea la prueba de líquidos penetrantes. Si hay defectos se subsanará. Pero teniendo en cuenta que estos trabajos ocasionan trabajos de no calidad.

Verificación de medidas, alineamiento y encuadrado, etc.

Limpieza, acabado y protección de elementos aprobados. Se realiza limpieza por arenado semi-blanco ó arenado comercial.

Verificación de acabados. Se verifica el espesor de la capa de la pintura en mils.

Marcado de elementos terminados y pintados para poder identificarlos en el montaje.

4.10 Resultados de fabricación

Los resultados de fabricación serán presentados a la gerencia en un informe detallado, considerando tiempo de trabajo, deficiencias encontradas ó elementos de protección que no se tomo en cuenta ó si hubo ó no incidentes ó accidentes durante el proceso de fabricación.

4.11 Sistema de protección

La recomendación técnica impartida para proteger la superficie está compuesta por un sistema de pintado que abarca:

La preparación de superficie a pintar.

El número de capas a pintar.

El orden de aplicación de cada una de las capas.

El espesor necesario que garantice la suficiente protección.

El tiempo de secado entre cada capa.

Sus componentes básicos son:

Imprimante, es la primera capa que se aplica a la superficie.

Capa intermedia.

Capa final ó acabado con las siguientes características:

Aumenta la resistencia química de la protección, brinda resistencia a la abrasión y al desgaste y además proporciona color y brillo.

Aplicación de la pintura:

Para la aplicación de la pintura se debe cumplir ó tener presente las siguientes recomendaciones:

Realizado el arenado al metal semi-blanco ó comercial SSPC SP6, antes de aplicar la primera mano de pintura debe limpiarse la superficie con trapo limpio y seco ó aire comprimido.

Evitar que transcurra más de cuatro horas después del arenado de la superficie y sin que se aplique la primera mano de pintura.

La pintura se aplico con pintura convencional.

Se deben de evitar la formación de palomas, que son pequeñas áreas sin pintura ó de huecos de agua, que son áreas aun más pequeñas sin pintura y que al reventar forman pequeñas burbujas, generalmente originadas por el solvente propio de la pintura.



Figura 4.1 Procesos de fabricación

CAPITULO V

DESARROLLO DEL MONTAJE DEL ENCOFRADO METALICO

5.1 Generalidades

En el montaje de las estructuras metálicas del encofrado metálico y del carro transportador hidráulico se considera de mucha importancia el lugar donde se realizará el montaje previo antes de trasladar los 10 módulos que compone el encofrado y en donde cada módulo está compuesto de 4 cuerpos y que cada cuerpo a la vez lo componen 5 elementos (1 boveda, 2 astiales superiores y 2 astiales inferiores) y además el carro transportador que está compuesto de 2 vigas cajón, 2 columnas de soporte y la base del tren de ruedas, esto último deberá estar bien armado ya que será la que soportará los esfuerzos producidos por la estructura de cada módulo a trasladar.

5.1.1 Organigrama de la obra

Se indica los niveles de mando y jerarquía del personal que va a participar en la ejecución de los trabajos de montaje en el túnel de Olmos lado Occidente de la zona de Lajas – Lambayeque.

5.1.2 Diagrama de flujo

La secuencia para el montaje de las estructuras metálicas del encofrado metálico y el carro transportador hidráulico será el siguiente:

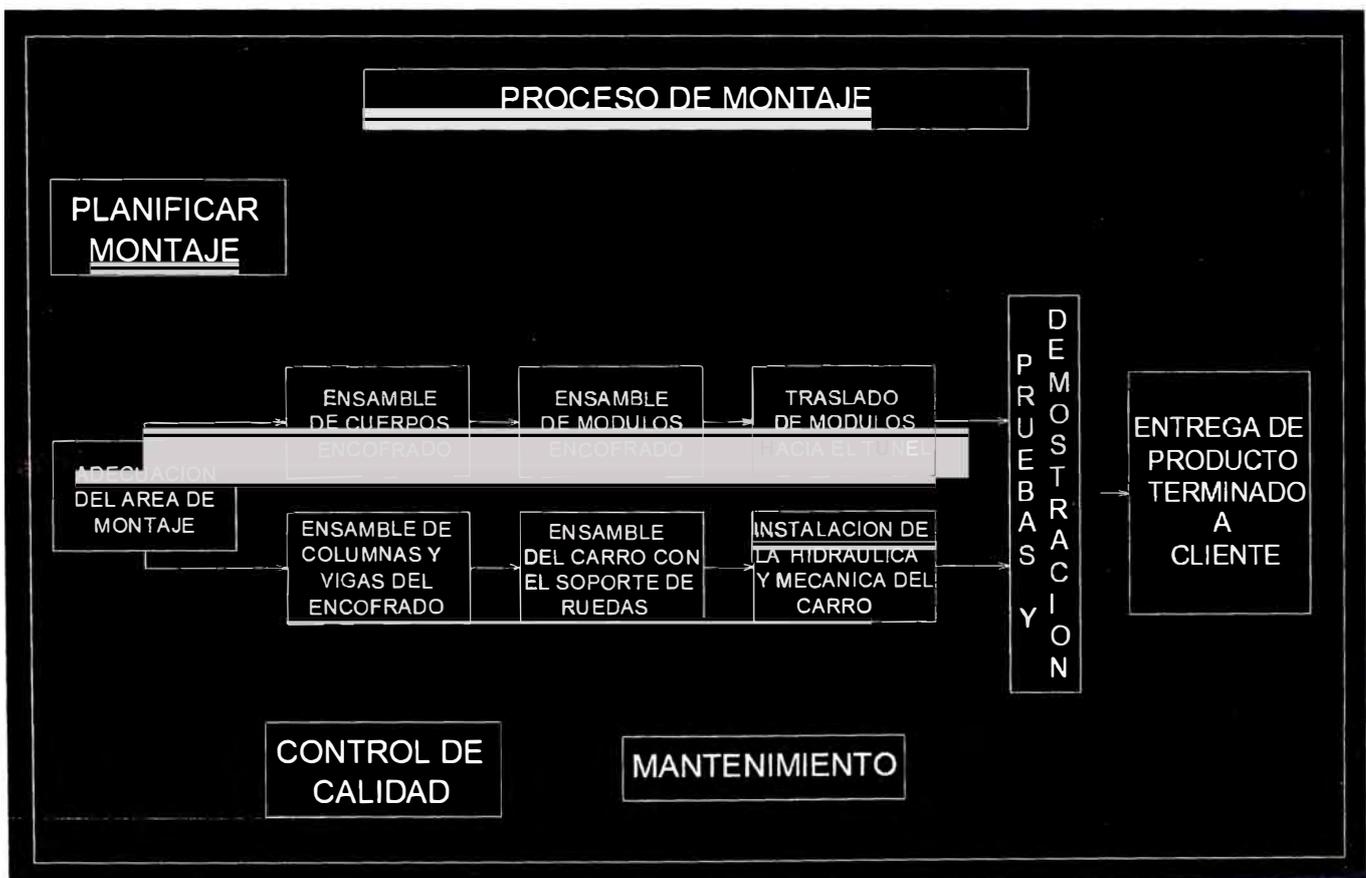


Fig. 5.2 Proceso de montaje

5.1.3 Cronograma de actividades

El departamento de obras dispone de un cronograma de actividades en donde se indica la secuencia a seguir y el tiempo que va a tomar este proceso de montaje. El montaje está programado para un mes en túnel Olmos lado occidente zona de Lajas – Lambayeque tiempo que incluye también 2 corridas

dentro del túnel del encofrado metálico con el carro transportador hidráulico (Estas 2 corridas serán como pruebas del perfecto funcionamiento del equipo y del adiestramiento respectivo del personal del cliente para que ellos de ahí en adelante puedan utilizar el equipo sin ningún problema). Todo trabajador tiene que cumplir con los requisitos de buena salud y tener las vacunas exigidas por Odebrect Perú Ingeniería y Construcción y haber asistido a la inducción de seguridad respectiva que lo dicta el personal de seguridad de Odebrecht.

5.2 Operación de montaje

Las operaciones de montaje se dividen en grupos de trabajo tales como:

Montaje de cuerpos del módulo

Montaje de módulos del encofrado

Montaje de Estructura del carro transportador

Montaje del sistema hidráulico – mecánico – eléctrico

Traslado de módulos hacia el túnel mediante el carro transportador hidráulico

Colocación de módulos en su posición de vaceado dentro del túnel

Recogimiento de módulos del encofrado metálico y su traslado a su nueva posición

El montaje se realizará con el personal que estuvo en la fabricación y con alta experiencia en la ejecución de montaje de encofrados metálicos y con el apoyo técnico de un maestro de montaje, un técnico especialista en sistema hidráulico – mecánico y la supervisión de un ingeniero mecánico especialista en la materia. En el campamento de Odebrecht existe una grúa con una pluma de alcance vertical de 50 mts. y con una capacidad de 50 Ton. de carga.

El montaje de los elementos del encofrado metálico y carro transportador hidráulico se hace fácil y en poco tiempo cuando las piezas fabricadas coinciden con el armado, cuando hay el apoyo de equipos especiales para el montaje y se cuenta con un personal experto en la ejecución de dicha actividad.

Se busca optimizar el trabajo haciendo que las estructuras no queden forzadas por defecto de fabricación, alineamiento, plomada, encuadrado y que las juntas de dilatación se mantengan dentro de las tolerancias permisibles para el montaje.

5.3 Requerimiento para el montaje

5.3.1 Materiales

Los materiales para el montaje son todos los elementos fabricados y adquiridos para el montaje. Sin embargo en el ensamblaje se requiere elementos consumibles, soldadura, pintura de retoque, oxígeno, gas propano, discos de desbaste, discos de corte, etc.

5.4 Mano de obra

Es importante destacar que todo el personal tendrá la suficiente experiencia en el trabajo de montaje, soldadura y en trabajos de altura y que además tengan el conocimiento de seguridad que requiere este tipo de trabajos, además deberá estar vacunados dando fiel cumplimiento a las normas de salud y seguridad que solicita el cliente.

El traslado del personal del campamento a la entrada del túnel se realizará a través de unidades de transporte de Odebrecht.

5.5 Personal Montajista

01 Ingeniero residente de obra

01 Maestro montajista

01 Técnico especialista hidráulico – mecánico

01 Soldador homologado

02 Operarios montajistas

02 Ayudantes de montaje

5.6 Maquinas, herramientas y equipos adicionales

Equipos y herramientas

07 Arnese con doble línea de vida (que serán de cable de acero)

05 Kg. Cinta de señalización color rojo y amarillo

01 Taladro magnético.

200 mts. De sog de 3/4" (para maniobra)

02 Alicata de electricista

150 mts. De cable monofásico vulcanizado

04 estrobos de cable de 1/2" ø x 5 mts.

08 Grilletes de 5/8" ø

04 Grilletes de 3/4" ø

02 Plomada de metal

02 Tecles de 3 ton.

03 Tecla ratchet de 3/4³/₄ de ton.

01 Maquina de soldar trifásica

01 Tablero eléctrico par tomas de corriente

02 Esmeriles de 7" ø

02 Esmeriles de 4" ø

01 Equipo de oxicorte completo

02 Juegos de llaves mixtas

04 Llaves ratchet c/extensión

01 Extintor de 12 kg.

02 Poleas de metal

03 Llaves francesas de 10"

01 Cajón de herramientas

EPP de acuerdo a la tarea específica

5.7 Programa de actividades

Se formaran 02 grupos de trabajo para poder cumplir con el programa de ejecución de obra, tal como se indica.

TABLA 5.1 PERSONAL DE MONTAJE

GRUPO N° 1	GRUPO N° 2
Maestro Montajista	Técnico hidráulico - mecánico
Soldador	Montajista
Montajista	Ayudante
Ayudante	

ACTIVIDAD	ACTIVIDAD
Ensamble de cuerpos de encofrado	Ensamble de columnas y vigas carro trans.
Ensamble de módulos de encofrado	Ensamble del soporte de ruedas del carro
Traslado de módulos entrada túnel	Instalación del sistema hidráulico y mecánico
Instalación de encofrado metálico en túnel	Pruebas del carro con encofrado dentro del túnel

5.8 Tiempo de ejecución de montaje

El tiempo de ejecución de montaje es de 30 días hábiles pero teniendo en cuenta que la zona donde se hará el montaje hay mucha lluvia y calor, motivo por el cual se asume que se excederá 2 días más de los programado.

5.9 Secuencia de montaje

5.9.1 Objeto

El objeto de este procedimiento es describir la secuencia de tareas que se deben cumplir para ejecutar los trabajos del montaje de las estructuras del encofrado metálico y el carro transportador hidráulico para el revestimiento de concreto del túnel de Olmos, tomando en cuenta las medidas de seguridad pertinentes a manera de evitar accidentes leves ó graves.

5.9.2 Alcance

Este procedimiento será aplicable al montaje de estructuras del encofrado metálico y carro transportador hidráulico y será cumplido y avalado por el gerente de proyecto, el jefe de proyecto, el residente de obra, el supervisor de seguridad y el personal técnico involucrado en la ejecución de los trabajos.

5.9.3 Definiciones

Bóveda encofrado: Es el elemento estructural del techo del encofrado y está conformado por la unión soldada de varios elementos como son el manto que es plancha de 1/4" de espesor que define una parte curva, además llevará en sus extremos laterales cuadernas en plancha de 5/16" de espesor y en la parte interior de la parte curva unos refuerzos trapezoidales en plancha de 3/16" de espesor y en la parte inferior unos ángulos de 1/2" x 6".

Astiales encofrado: Son los elementos estructurales de la parte lateral del encofrado y son superiores é inferiores al igual que la bóveda están conformados de varios elementos como el manto, las cuadernas, los refuerzos trapezoidales y perfiles de unión con los demás elementos del encofrado. En estos elementos irán base de vibradores, ventanas de inspección, distanciadores a la roca y conexiones a los pistones hidráulicos.

Carro transportador hidráulico : Está estructura está compuesto por 2 vigas cajón conformada por el soldado de planchas de 1/4" y 3/8" de espesor bridada en sus extremos con plancha de 1/2", 2 columnas extremas conformada por planchas plegadas de 3/8" de espesor y platinas de 3/8" la cual llevará bridas en la parte superior en plancha de 1/2" y en la inferior bridas de 5/8" de espesor y 2 soporte de tren de ruedas conformada por plancha plegada de 3/8" y refuerzo en plancha de 3/8" y con una brida superior en plancha de 5/8" de espesor.

5.9.4 Documentación aplicable

Son de Aplicación para la ejecución de los trabajos, el uso de especificaciones técnicas del proyecto, normas aplicables y planos aprobados para construcción en su última revisión.

Plano de losa inferior del túnel	Rev. 0
Plano de estructuras (fabricación y montaje)	Rev. 0

5.9.5 Responsabilidades

Jefe de proyecto

Mantendrá una coordinación permanente con Odebrecht para la correcta y oportuna ejecución de las actividades correspondientes, así como de facilitar los recursos tanto materiales como humanos para que se cumplan con los trabajos del presente procedimiento.

Residente de obra

Dirigirá y supervisará las actividades en campo, de acuerdo al procedimiento establecido.

Responsable de cumplir y hacer cumplir las normas de salud, seguridad y calidad establecidas.

Responsable de tener permisos aplicables a este procedimiento en forma oportuna.

Maestro montajista

Inspeccionará que las actividades propias del montaje se cumplan de acuerdo al procedimiento establecido.

Coordinará las actividades en campo conjuntamente con el ingeniero residente de obra.

Verificará que los trabajos se realicen respetando los procedimientos establecidos y controlando la calidad, la salud y seguridad.

Instruir al personal mediante el desarrollo diario del ATS y cumplir el procedimiento propuesto.

6.9.6 Desarrollo

El ingeniero residente de obra se hará cargo de gestionar los correspondientes permisos de trabajo, permiso general de trabajo seguro, permiso de trabajo en altura, permiso de trabajos en caliente, etc. Es decir los permisos de trabajo que sean convenientes solicitar a Odebrecht para la ejecución autorizada de los trabajos.

Para este punto, la coordinación con el personal de Odebrecht ha de ser constante y precisa.

Antes de iniciar la actividad diaria el ingeniero residente de obra, así como el maestro montajista desarrollarán junto con el personal involucrado los ATR, realizarán la charla diaria de seguridad (5 min.), supervisarán el área de trabajo, equipos, EPP según formato de check list.

Trabajos previos

Revisión de planos.

Verificación de terreno, trazo y replanteo si así fuera el caso.

Habilitado y traslado de todos los materiales, equipos y herramientas requeridos para la ejecución de los trabajos. Este traslado puede realizarse mediante un camión Hiab proporcionado por Odebrecht, contemplando las condiciones del terreno y tomando las consideraciones necesarias en el transporte de materiales.

Habilitación de zona de acceso que comunique el área de montaje y el área de pre-ensamble.

Demarcación del área de trabajo tanto de montaje como de pre-ensamble y del lugar donde se almacenan las estructuras, señalizando la zona con cinta roja en el nivel, con carteles de peligro, con conos de seguridad, para el inicio de la actividad.

Habilitación de un punto de energía para corriente de 220 voltios (por parte de Odebrecht), la que se utilizará para conexión de herramientas eléctricas de mano y máquina de soldar trifásica.

Verificación de todas las herramientas, para luego proceder al encintado con el color del mes.

Montaje de estructura del encofrado metálico y carro transportador hidráulico

Se procederá primero a seleccionar los elementos que se empezará a ensamblar, como tenemos 10 módulos y cada modulo tiene 4 cuerpos tendremos 40 cuerpos los cuales tendrán una bóveda superior y 2 astiales laterales uno superior y otro inferior para ello se ha designado los cuerpos del 1 al 40 y los elementos de cada cuerpo por el lado derecho la letra "A" y para el lado izquierdo la letra "B" de esta manera tendremos que empezar a seleccionar e identificar todos los elementos del cuerpo 1, 2 3 y 4 para formar un modulo y llevarlo a la zona de pre-ensamble.

Luego de identificar y separar todos los elementos que componen los 10 módulos del encofrado se irán transportándola hacia el lugar de pre-ensamble para ir armando los módulos de 4 cuerpos, primero se armarán los cuerpos de forma echada por medio de pines y botellas mecánicas para luego levantarlas con la ayuda de un camión Hiab de 10 Ton. ; a medida que se levanta cada cuerpo estas se irán uniendo por medio de pernos entre los cuerpos hasta formar el módulo de 4 cuerpos. A medida que se va armando c/módulo se irán izando por medio de una grúa telescópica de 50 ton hacia un camión tipo pantografo de 30 ton de capacidad y de esta manera ir trasladando los módulos más cerca de la entrada del túnel para su posterior traslado al interior del túnel.

En forma paralela al armado de los módulos del encofrado se irá armando el carro transportador con todos sus elementos mecánico, hidráulicos y eléctricos;

primero se armará las columnas con las vigas cajón por medio de pernos de amarre con las bridas, luego de esto se conectará tanto la columnas como la vigas del carro transportador a la estructura del tren de ruedas estas estructuras se apoyará sobre unos cuartones de madera para que las ruedas no tengan contacto con el piso. Luego de efectuara el armado de todo el carro transportador en su totalidad, se instalara el motorreductor con sus respectiva catalina y piñón, luego se instalara la parte hidráulica compuesta por la unidad hidráulica, las mangueras y tuberías de conexión y los pistones hidráulicos. Luego de terminar de armar todo el carro transportador hidráulico se izará por medio de la grúa telescópica y se le transportara hacia la entrada del túnel sobre los rieles del túnel quedando ya listo para su utilización.

Luego de armado los módulos del encofrado metálico y el carro transportador hidráulico y colocado en la entrada del túnel se comenzarán al traslado de todos los módulos al interior del túnel a una distancia de 2.5 Km. Para ello por medio de la grúa telescópica se izará y se pondrá cada módulo encima de tacos de madera delante del carro transportador que ya está instalado encima de los rieles el carro transportador se desplazará hacia el módulo ya colocado delante de él y por medio de los pistones verticales, los laterales y los horizontales lo cogerá y procederá a su recogimiento para poder trasladarlo dentro del túnel con mucha comodidad y en forma lenta con una velocidad de 15 mts./min. para que no se descarrile, el carro tendrá que recorrer 2.5 km. Y Colocar cada módulo encima de tacos de madera; todo este procedimiento se realizará con los 9 módulos restantes.

Luego de haber colocado todos los módulos dentro del túnel se procederá al armado de todo el encofrado en forma conjunta es decir se unirá todos los módulos mediante pernos de amarre, pero previamente a la unión de los módulos estos se colocarán traslapados a la losa inferior del túnel por medio de pernos de anclaje que son los que soportarán el peso del encofrado durante el vaciado de concreto, estos se unirán a través del carro transportador que mediante sus pistones y movimiento del carro lograra unir los módulos aproximando unos detrás de otro para poder colocar los pernos respectivos y los anclajes respectivos. Todo esto se realizará en forma consecutiva hasta tener listo los 60 metros de longitud de encofrado para su vaciado.

Luego de tener armado el encofrado dentro del túnel se procederá a su vaciado de concreto para revestir el túnel cuando el concreto ya fraguó al día siguiente se procederá a su desencofrado para ello se empezará a movilizar el módulo que se vació de concreto primero y se recogerá en su totalidad mediante los pistones del carro transportador hidráulico que tiene una particularidad muy especial que luego de recogida puede pasar a través de su propia sección sin tocarla así de esta manera se puede realizar un vaciado continuo sin tener que obstaculizar el llenado de concreto de las paredes del túnel.

La operación de traslado de los módulos del encofrado se ejecutara en 2 tramos de 60 mts. De que consta el encofrado, luego de ello se dejara a disposición de los operarios del cliente el manejo y uso del encofrado metálico con carro transportador hidráulico para que ellos puedan continuar con el revestimiento del túnel.

Trabajos posteriores al Montaje

Limpiar el terreno utilizado para el ensamble y dejarlo en buenas condiciones.

Retiro de equipos y herramientas del área de trabajo.

CAPITULO VI

COSTOS

6.1 Generalidades

Los costos operativos directos por la construcción, fabricación y montaje comprenden, los costos directos siendo necesario mencionar los elementos que conforman las operaciones a seguir.

6.1.1 Costos directos

Es aquella inversión que se puede identificarse directamente con construcción.

Adquisición de materiales y consumibles.

Sueldo de trabajadores.

Alquiler de equipos y herramientas a terceras personas

Servicios de fabricación a terceras personas.

6.1.2 Costo indirecto

Es aquel que no está atribuido a la construcción directamente.

Ejemplo pago de alquiler de oficina, teléfono, luz, etc.

Pago de seguros é impuestos.

6.1.3 Gastos

Son los recursos consumidos en la obtención de los ingresos y que generan beneficios futuros. Ejemplo gastos de ejecución de la obra, caja chica é imprevistos.

6.2 Costos de fabricación del encofrado metálico con carro transportador hidráulico

Los componentes directos son los siguientes:

6.2.1 Mano de obra de fabricación

Está conformado por los trabajadores de taller de la fabricación de las estructuras metálicas.

TABLA 6.1 MANO DE OBRA EN FABRICACION

FABRICACION	N° TRAB	SUELDO (S/.)	DIAS	COSTO (S/.)	COSTO (US\$.)
Administrador	1	50.00	60	3,000.00	925.93
Ingeniero de operaciones	1	130.00	90	11,700.00	3,611.11
Ingeniero de planta	1	100.00	90	9,000.00	2,777.78
Ingeniero de control de calidad	1	70.00	90	6,300.00	1,944.44
Técnico mecánico electrohidráulico	2	60.00	45	5,400.00	1,666.67
Maestro de obra	1	80.00	90	7,200.00	2,222.22
Calderero	6	50.00	80	24,000.00	7,407.41
Soldador	6	50.00	90	27,000.00	8,333.33
Oxigenista	3	40.00	60	7,200.00	2,222.22
Ayudante calificado	6	30.00	80	14,400.00	4,444.44
Pintor	2	30.00	30	1,800.00	555.56
Ayudante	9	25.00	90	20,250.00	6,250.00
	39			137,250.00	42,361.11

6.2.2 Mano de obra de fabricación

Los equipos y maquinas que se emplearon para la fabricación son los siguientes:

TABLA 6.2 EQUIPOS Y MAQUINAS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TIEMPO	SOLES/DIA	COSTO (S/.)	COSTO (US\$.)
Guillotina Hidráulica Casanova	1	13	300	3900.00	1203.70
Plegadora Hidráulica Casanova	1	13	300	3900.00	1203.70
Roladora Hidráulica	1	6	200	1200.00	370.37
Roladora Mecánica	1	5	150	750.00	231.48
Roladora Mecánica de 2 mts.	1	5	100	500.00	154.32
Prensa Hidráulica	2	8	75	1200.00	370.37
Taladro de Pedestal	1	5	75	375.00	115.74
Torno	2	45	150	13500.00	4166.67
Taladro c/base magnetica	3	3	50	450.00	138.89
Sierra Vaiven Hidráulica	1	8	50	400.00	123.46
Sierra Mecánica de cinta	1	5	40	200.00	61.73
Compresora de Alta capacidad	1	15	100	1500.00	462.96
Maquina de Soldar Trifásica Lincoln	5	75	50	18750.00	5787.04
Maquina de Soldar Trifásica Solandinas	4	60	40	9600.00	2962.96
Maquina de Soldar Monofásica Solandinas	4	60	30	7200.00	2222.22
Carrito de Oxicorte Victor	3	25	35	2625.00	810.19
Esmeril de mano	18	32	20	11520.00	3555.56
Tronzadora	3	10	40	1200.00	370.37
Equipo de Oxicorte	10	35	30	10500.00	3240.74
	63		COSTO TOTAL	89,270.00	27,552.47

6.2.3 Equipos de protección personal y seguridad

Los equipos de protección personal que se emplearon para la fabricación son los siguientes:

TABLA 6.3 ELEMENTOS DE PROTECCION Y SEGURIDAD

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. (S/.)	COSTO (S/.)	COSTO (US\$.)
Uniformes	36	Unid.	40.00	1,440.00	444.44
Cascos	54	Unid.	35.00	1,890.00	583.33
Botas	30	Pares	40.00	1,200.00	370.37
Careta de Soldar	15	Unid.	50.00	750.00	231.48
Careta de esmeril	20	Unid.	40.00	800.00	246.91
Lentes	50	Unid.	40.00	2,000.00	617.28
Lentes de oxicorte	10	Unid.	40.00	400.00	123.46
Guantes de soldador	15	Pares	40.00	600.00	185.19
Tapones de oído	40	Unid.	40.00	1,600.00	493.83
Guantes	40	Pares	40.00	1,600.00	493.83
			COSTO TOTAL	12,280.00	3,790.12

6.2.4 Consumibles, varios

Se pone en consideración todos los costos de los consumibles que se utilizaron para la fabricación de las estructuras del encofrado metálico con carro transportador hidráulico y se muestran a continuación:

TABLA 6.4 CONSUMIBLES

DESCRIPCION	CANT	UNIDAD	PRECIO UNIT. (US\$)	PRECIO PARCIAL (US\$.)
Oxigeno	1,544	m ³	1.50	2,316.00
Gas Propano	772	Kg.	0.80	617.60
Soldadura E6011 de 1/8"	840	Kg.	2.60	2,184.00
Soldadura E6011 de 5/32"	160	Kg.	2.70	432.00
Soldadura E7018 de 1/8"	950	Kg.	3.00	2,850.00
Soldadura E7018 de 5/32"	590	Kg.	3.20	1,888.00
Discos de corte de 4" ø	30	Unid.	2.80	84.00
Discos de corte de 15" ø	20	Unid.	6.80	136.00
Disco de desbaste de 4" ø	200	Unid.	3.00	600.00
Escobilla de fierro	25	Unid.	2.80	70.00
Lija de fierro	80	Unid.	0.70	56.00
Thinner estándar	75	Gl.	3.20	240.00
Trapo Industrial	50	Kg.	0.60	30.00
Pintura anticorrosiva	150	Gl.	7.00	1,050.00
Pintura Esmalte sintetico	150	Gl.	8.00	1,200.00
			TOTAL US\$	13,753.60

6.2.5 Materiales y equipos

Se pone en consideración todos los costos de los materiales que se utilizaron para la fabricación de las estructuras del encofrado metálico con carro transportador hidráulico y se muestran a continuación:

TABLA 6.5 COSTO MATERIALES

DESCRIPCION	CANT	UNID.	PESO UNIT. (KG)	PESO TOTAL (KG)	P. UNIT. (US\$.)	P. TOTAL (US\$.)
Plancha de 1/8" x 1,500 x 3,000 mm	1	Pl.	112.20	112.20	103.20	103.20
Plancha de 3/16" x 1,500 x 6,000 mm	47.5	Pl.	336.50	15,983.75	309.60	14,706.00
Plancha de 1/4" x 1,500 x 6,000 mm	103	Pl.	448.60	46,205.80	413.00	42,539.00
Plancha de 5/16" x 1,500 x 6,000 mm	50	Pl.	560.80	28,040.00	515.90	25,795.00
Plancha de 5/16" x 1,500 x 3,000 mm	1	Pl.	280.40	280.40	258.00	258.00
Plancha de 3/8" x 1,500 x 6,000 mm	2	Pl.	672.90	1,345.80	619.10	1,238.20
Plancha de 1/2" x 1,500 x 6,000 mm	20	Pl.	897.30	17,946.00	825.50	16,510.00
Plancha de 3/4" x 1,500 x 6,000 mm	2	Pl.	1,345.90	2,691.80	1,238.20	2,476.40
Plancha de 1" x 1,500 x 6,000 mm	1.5	Pl.	1,794.50	2,691.75	1,704.80	2,557.20
Plancha de 1 1/2" x 1,200 x 2,400 mm	2	Pl.	861.40	1,722.80	818.30	1,636.60
Plancha de 2" x 600 x 1,200 mm	1	Pl.	287.10	287.10	344.40	344.40
Plancha de 3" x 450 x 1,700 mm	1	Pl.	457.60	457.60	686.40	686.40
Angulo de 1/2" x 6" x 6,000 mm	16	Pza.	167.86	2,685.76	160.40	2,566.40
Angulo de 1/2" x 4" x 6,000 mm	4	Pza.	111.90	447.60	104.70	418.80
Platina de 1/2" x 2 1/2" x 6,000 mm	44	Pza.	35.34	1,554.96	32.10	1,412.40

TABLA 6.5 COSTO MATERIALES

DESCRIPCION	CANT	UNID.	PESO UNIT. (KG)	PESO TOTAL (KG)	P. UNIT. (US\$.)	P. TOTAL (US\$.)
Canal de 6" x 8.2 lbs/pie x 6,000 mm	43	Pza.	73.20	3,147.60	70.80	3,044.40
Tubo sch 80 de 3" ϕ x 6,000 mm	4	Pza.	91.60	366.40	91.60	366.40
Barra redonda de 5/8" ϕ x 6,000 mm	10	Pza.	9.30	93.00	8.40	84.00
Barra redonda de 1 1/4" ϕ x 6,000 mm	1	Pza.	37.32	37.32	33.50	33.50
Barra redonda de 1 1/2" ϕ x 6,000 mm	4	Pza.	53.70	214.80	48.20	192.80
Barra redonda de 1 3/4" ϕ x 6,000 mm	4	Pza.	73.08	292.32	65.70	262.80
Barra redonda de 2" ϕ x 6,000 mm	8	Pza.	95.46	763.68	85.80	686.40
Barra redonda de 2 1/2" ϕ x 6,000 mm	8	Pza.	149.16	1,193.28	134.20	1,073.60
Barra redonda de 3" ϕ x 6,000 mm	6	Pza.	214.62	1,287.72	193.00	1,158.00
Barra redonda 1045 de 90 mm ϕ x 1,400 mm	2	Pza.	69.90	139.80	140.00	280.00
Plancha de 5/8" x 1,200 x 2,400 mm	1	Pl.	358.90	358.90	341.00	341.00
Perno de 3/4" ϕ x 2"	72	Unid.	0.16	11.52	0.60	43.20
Perno de 3/4" ϕ x 2 1/2"	40	Unid.	0.19	7.60	0.80	32.00
Perno de 3/4" ϕ x 3"	8	Unid.	0.22	1.73	1.10	8.80
Perno de 5/8" ϕ x 2 1/2"	16	Unid.	0.12	1.97	0.60	9.60
Perno de 1/2" ϕ x 2 1/2"	16	Unid.	0.01	0.12	0.40	6.40
Perno de 7/8" ϕ x 8" c/tuerca	160	Unid.	0.90	144.00	2.20	352.00
Perno de 3/4" ϕ x 1 1/2" c/tuerca y arandela	1,480	Unid.	0.18	266.40	0.70	1,036.00
					COSTO TOTAL	122,258.90

TABLA 6.6 COSTO EQUIPOS ESTRUCTURA

DESCRIPCION	CANT	UNIDAD	P. UNIT. (US\$.)	P. TOTAL (US\$.)
Pistón con vástago de 2" \varnothing , cilindro 3" \varnothing x 950 mm	4	Unid.	950.00	3,800.00
Pistón con vástago de 1 1/2" \varnothing , cilindro 3" \varnothing x 750 mm	4	Unid.	700.00	2,800.00
Pistón con vástago de 1 1/2" \varnothing , cilindro 3" \varnothing x 1,450 mm	2	Unid.	1,300.00	2,600.00
Unidad de poder hidráulica para 11cm/seg de velocidad	1	Unid.	2,350.00	2,350.00
Valvula direccional de 4/3 de 8 cuerpos con conexión de 1/2"	1	Unid.	950.00	950.00
Valvula check pilotada	10	Unid.	150.00	1,500.00
Conectores tipo JIC de 1/2" NPT	100	Unid.	3.00	300.00
Manguera hidráulica tipo 100 R2 x mt.	50	Mt.	35.00	1,750.00
Tuberia sch 80 de 3/8" \varnothing x 6,000 mm	9	Unid.	30.00	270.00
Motorreductor de velocidad de engranajes helicoidales	1	Unid.	2,856.00	2,856.00
Motor eléctrico trifasico de 10 HP 1,800 RPM 220/440 V	1	Unid.	350.00	350.00
Piñon simple de 12T paso 1 1/4" ASA	1	Unid.	25.00	25.00
Piñon simple de 38T paso 1 1/4" ASA	1	Unid.	50.00	50.00
Candado ASA 100-1	1	Unid.	5.00	5.00
Cadena ASA 100 -1 simple de 1 1/4" de paso	2.5	Mt.	15.00	37.50
Cable de acero de 1/2" \varnothing	25	Mt.	5.00	125.00
Grapa para cable de 1/2" \varnothing std.	28	Unid.	1.50	42.00
Rodajes coaxiales de 80 mm \varnothing int.	4	Unid.	180.00	720.00
Ruedas de acero fundido de 80 mm de \varnothing int x 390 \varnothing ext	4	Unid.	237.50	950.00
Tablero Electrico de 220/440 V	1	Unid.	120.00	120.00
			COSTO TOTAL	21,600.50

TABLA 6.7 RESUMEN COSTO DE FABRICACION

RESUMEN DE COSTOS DE FABRICACION	COSTO (US\$.)
Costo de mano de obra	42,361.11
Costo de equipos y maquinaria	27,552.47
Costo de EPP y seguridad	3,790.12
Costo de materiales consumibles	13,753.60
Costo de materiales de estructuras	122,258.90
Costo de equipos estructura	21,600.50
COSTO TOTAL	231,316.70

6.3 Costo de montaje del encofrado metálico con carro transportador hidráulico

Para el montaje intervienen varios factores que a continuación mencionamos:

6.3.1 Mano de obra

Está conformada por parte de los trabajadores que participaron en la fabricación de las estructuras del encofrado metálico con carro transportador hidráulico y que logro pasar el examen médico.

TABLA 6.8 MANO DE OBRA EN MONTAJE

FABRICACION	N° TRAB	SUELDO (S/.)	DIAS	COSTO (S/.)	COSTO (US\$.)
Ingeniero mecánico	1	100.00	30	3,000.00	925.93
Técnico mecánico electrohidráulico	1	60.00	30	1,800.00	555.56
Maestro de obra	1	80.00	30	2,400.00	740.74
Operario Montajista	2	50.00	30	3,000.00	925.93
Soldador	1	50.00	30	1,500.00	462.96
Ayudante	2	25.00	30	1,500.00	462.96
	8	COSTO TOTAL		13,200.00	4,074.07

6.3.2 Equipos y herramientas

Los equipos y herramientas principales empleadas son:

TABLA 6.9 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS MONTAJE

DESCRIPCION	CANTIDAD	TIEMPO	SOLES/DIA	COSTO (S/.)	COSTO (US\$.)
Taladro c/base magnética	1	2	50	100.00	30.86
Maquina de Soldar Trifásica Lincoln	2	7	50	700.00	216.05
Esmeril de mano	3	10	20	600.00	185.19
Tecles	4	10	20	800.00	246.91
Equipo de Oxicorte	1	2	30	60.00	18.52
	11	COSTO TOTAL		2,260.00	697.53

6.3.3 Equipos de protección personal

Los principales son:

TABLA 6.10 ELEMENTOS DE PROTECCION Y SEGURIDAD MONTAJE

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. (S/.)	COSTO (S/.)	COSTO (US\$.)
Uniformes	7	Unid.	40.00	280.00	86.42
Cascos	8	Unid.	35.00	280.00	86.42
Botas	8	Pares	40.00	320.00	98.77
Careta de Soldar	2	Unid.	50.00	100.00	30.86
Careta de esmeril	2	Unid.	40.00	80.00	24.69
Mandil de soldar	2	Unid.	32.40	64.80	20.00
Escarpines y mangas de soldar	2	Pares	29.16	58.32	18.00
Arneses de 3 argollas	4	Unid.	486.00	1,944.00	600.00
Lentes	8	Unid.	40.00	320.00	98.77
Lentes de oxicorte	2	Unid.	40.00	80.00	24.69
Guantes de soldador	2	Pares	40.00	80.00	24.69
Tapones de oído	8	Unid.	40.00	320.00	98.77
Guantes de montaje	8	Pares	40.00	320.00	98.77
			COSTO TOTAL	4,247.12	1,310.84

6.3.4 Consumibles

Los principales consumibles usados en el montaje de las estructuras del encofrado metálico con carro transportador hidráulico son las siguientes:

TABLA 6.11 CONSUMIBLES MONTAJE

DESCRIPCION	CANT	UNIDAD	PRECIO UNIT. (US\$)	PRECIO PARCIAL (US\$.)
Oxigeno	20	m ³	1.50	30.00
Gas Propano	10	Kg.	0.80	8.00
Soldadura E6011 de 1/8"	5	Kg.	2.60	13.00
Soldadura E7018 de 1/8"	10	Kg.	3.00	30.00
Soldadura E7018 de 5/32"	5	Kg.	3.20	16.00
Discos de corte de 4" ø	4	Unid.	2.80	11.20
Disco de desbaste de 4" ø	6	Unid.	3.00	18.00
Escobilla de fierro	2	Unid.	2.80	5.60
Trapo industrial	10	Kg.	0.80	8.00
			TOTAL US\$	139.80

6.3.5 Materiales

Los principales materiales usados en montaje son los siguientes: Pernos de expansión de 5/8" \varnothing , tubería de acero de 1/2" \varnothing para el aire de los vibradores, todo este material fue comprado por Odebrecht.

6.4 Resumen de costos de montaje

TABLA 6.12 RESUMEN COSTO DE MONTAJE

RESUMEN DE COSTOS DE FABRICACION	COSTO (US\$.)
Costo de mano de obra	4,074.07
Costo de equipos y maquinaria	697.53
Costo de EPP y seguridad	1,310.84
Costo de materiales consumibles	139.80
Costo de materiales y otros	350.00
COSTO TOTAL	6,572.24

6.4.1 Resumen total de fabricación y montaje

TABLA 6.13 RESUMEN TOTAL DE FABRICACION MONTAJE

ITEM	CONCEPTO	COSTO (US\$.)
01	Costo de fabricación	231,316.70
02	Costo de montaje	6,572.24
	SUB TOTAL	237,888.94
	GASTOS ADMINISTRATIVOS (10%)	23,788.89
	UTILIDAD (28%)	66,608.90
	TOTAL	328,286.74

6.5 Costo total del proyecto

El costo total de la obra es:

US\$. 328,286.74 DOLARES AMERICANOS + IGV

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

- 1.- Es muy importante considerar en el proceso de fabricación un taller adecuado, que brinde todas las facilidades a los trabajadores en cuanto a superficies planas niveladas para hacer trazos correctos y los espacios necesarios para su mejor desenvolvimiento, también contar con las herramientas y maquinarias en perfecto estado de funcionamiento. Tener áreas para hacer seguimiento a los procesos de fabricación con lo cual se lograra un control adecuado del avance del personal, y poder detectar probables fallas y corregirlas a tiempo.
- 2.- Durante el proceso de fabricación las cuales se llevaron a cabo en San Martin de Porras - Lima y no hubo problemas de consideración, se fabricó un promedio de 1,500 Kg/día.
- 3.- El transporte de las estructuras del encofrado metálico con carro transportador hidráulico fabricadas en el taller fueron asumidas por la empresa Odebrecht como estipulaba el contrato.
- 4.- En cuanto al montaje hubo problemas en cuanto al lugar donde se realizo el ensamble de los elementos del encofrado metálico y carro transportador ya que era una zona de mucha circulación hacia el túnel y las continuas paradas por la voladuras que se registraban en el túnel anexo al que teníamos que realizar la instalación, pero se pudo recuperar los tiempos muertos trabajando más horas de

noche. En futuras cotizaciones se debe considerar un margen adicional para salvar estas contingencias que ocurren.

- 5.- Hubo problemas en el momento de la descarga del material en obra ya que como el transporte corrió por cuenta de ellos al momento de la descarga en obra mezclaron todos los elementos del encofrado metálico y fue muy tedioso identificar y seleccionar estos elementos.

- 6.- Las comunicaciones es un factor importante que no se valoro mucho pero que fue un factor que afecto a los trabajadores, recuérdese que no funcionan los celulares, la empresa Odebrecht habilito una cabina telefónica pero por la gran cantidad de personal que se encontraban en el campamento no se abastecía para todos los trabajadores de las diferentes empresas de otros rubros. Además la movilidad del campamento hacia la entrada del túnel era muy escasa y cuando se nos presentaban inconvenientes teníamos que estar solicitando por radio y demoraba mucho. Por ello es necesario considerar estos factores para realizar una mejor propuesta en las cotizaciones, para cubrir estas diferencias y preparar a nuestros trabajadores para que se puedan desenvolver normalmente en sus labores manteniendo la debida motivación en ese tipo de zonas. Sin embargo creemos haber ganado cierta experiencia al respecto y damos cuenta lo extenso y variado que es nuestra geografía nacional.

- 7.- La selección adecuada de soldadura es importante en la optimización por que economiza el proceso de fabricación y el tiempo invertido en ella es menor (esto se logra cuando se utiliza el sistema Mig en las fabricaciones de la estructura.

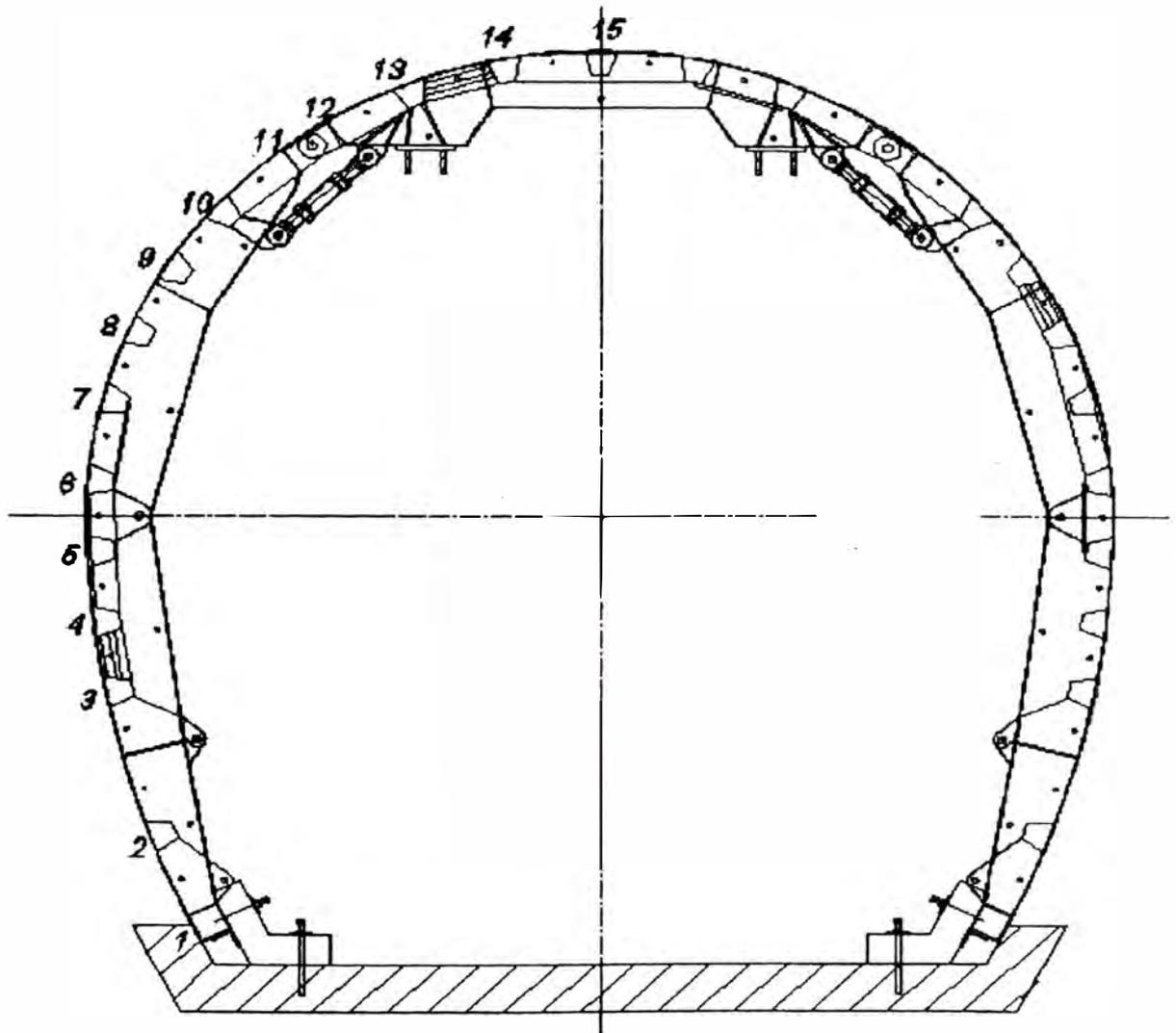
- 8.- Actualmente trabajar con normas, códigos y especificaciones es muy importante porque son publicaciones con el debido sustento técnico realizado en base a estudios científicos y experimentación, complementando con la experiencia de muchos científicos é ingenieros especialistas. Y el conocimiento de estas normas internacionales posibilita que proyectos realizados en el Perú puedan participar y ser aplicados en diferentes países.

- 9.- El encofrado metálico con carro transportador hidráulico a sido diseñado por el método de elementos finitos, cualquier estructura es un todo continuo pero para fines de análisis se puede dividir en distintos miembros como serían la bóveda y astiales del encofrado así como las columnas, vigas y tren de ruedas del encofrado metálico, etc. La determinación de las cargas en cada miembro se lleva a cabo calculando las reacciones producidas en cada punto por esas cargas ó sea de las fuerzas axiales, cortantes y sus respectivos momentos.

Nuestro encofrado metálico y el carro transportador cumplen con la función de soportar las presiones ejercidas por el concreto contra la cara del encofrado metálico y su costo es económico para el trabajo que van a realizar ya que es mucho más rápido que otro tipo de sistema de encofrado.

ANEXO A

DIAGRAMAS DE CARGAS, ESFUERZOS Y DEFORMACIONES

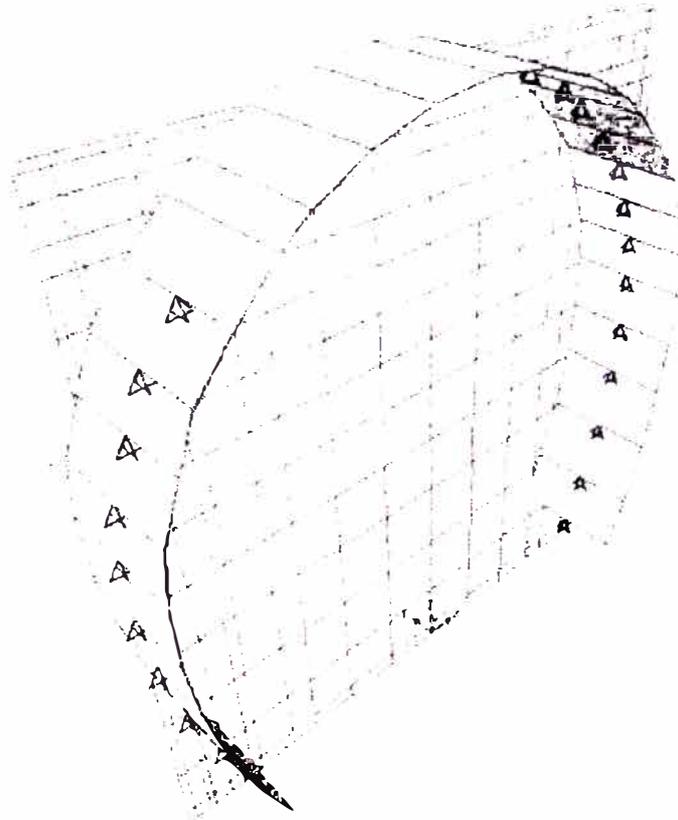


MODELACION ELEMENTOS

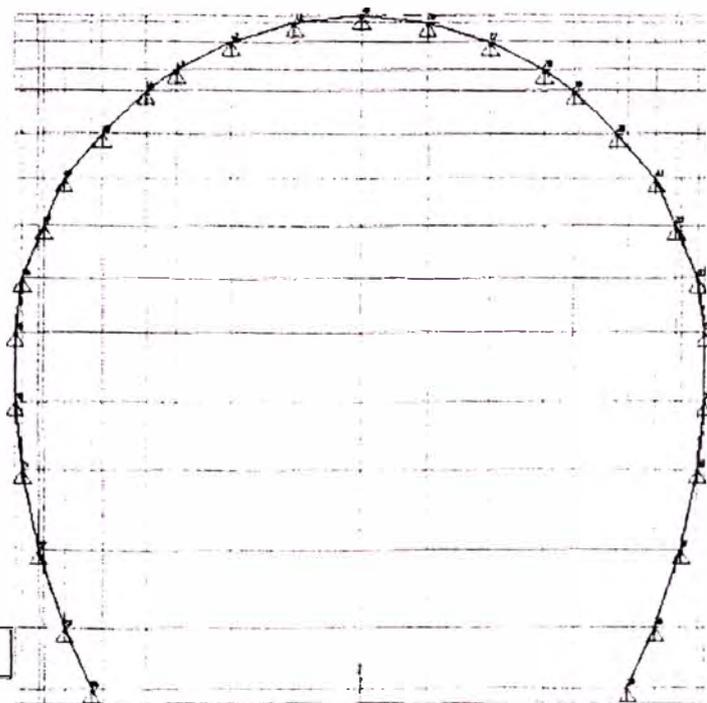
Vertice	x	y	z	Peralte cuaderna (m)	Sección	Sección Variable	h/ medido desde arriba(m)	Carga /m2 sobre el manto k/m2	Carga /m sobre cuaderna k/m
	0	0	0						
1	-1.87	0	0.11	0.15	V1				
						VAR1	4.92	7,000	5,250
2	-2.06	0	0.53	0.22	V2				
						VAR2	4.50	7,000	5,250
3	-2.24	0	1.06	0.30	V3				
						VAR3	3.97	7,000	5,250
4	-2.35	0	1.61	0.34	V4				
						VAR4	3.41	7,000	5,250
5	-2.4	0	2.07	0.30	V3				
						V3	2.96	6,216	4,662
6	-2.4	0	2.54	0.30	V3				
						VAR5	2.49	5,229	3,922
7	-2.35	0	2.91	0.37	V5				
						VAR6	2.12	4,452	3,339
8	-2.2	0	3.27	0.35	V6				
						VAR7	1.76	3,696	2,772
9	-2.06	0	3.6	0.30	V3				
						VAR8	1.43	3,003	2,252
10	-1.79	0	3.9	0.28	V7				
						VAR9	1.13	2,373	1,780
11	-1.49	0	4.19	0.15	V1				
12	-1.28	0	4.34	0.15	V1		0.84	1,764	1,323
						VAR10	0.69	1,449	1,087
13	-0.9	0	4.53	0.35	V6				
						VAR11	0.50	1,050	788
14	-0.46	0	4.66	0.24	V8				
						VAR12	0.37	777	583
15	0	0	4.71	0.30	V3				
16	0.46	0	4.66	0.24					
17	0.9	0	4.53	0.35					
18	1.28	0	4.34	0.15					
19	1.49	0	4.19	0.15					
20	1.79	0	3.9	0.28					
21	2.06	0	3.6	0.30					
22	2.2	0	3.27	0.35					
23	2.35	0	2.91	0.37					
24	2.4	0	2.54	0.30					
25	2.4	0	2.07	0.30					
26	2.35	0	1.61	0.34					
27	2.24	0	1.06	0.30					
28	2.06	0	0.53	0.22					
29	1.87	0	0.11	0.15					

Simétrico

Ancho tributario = 0.75 m
 Presión máxima concreto = 7000 kg/m²
 Altura presión
 const. concreto = 3.3 m
 Peso concreto fresco = 2100 kg/m³

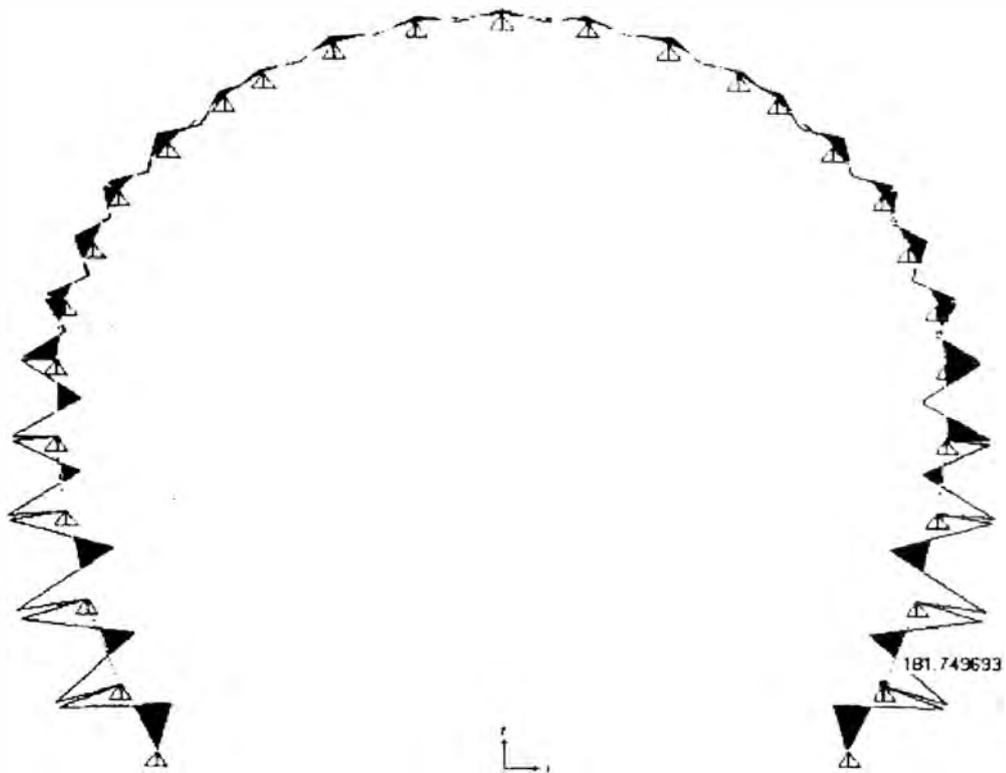


Geometría del Manto

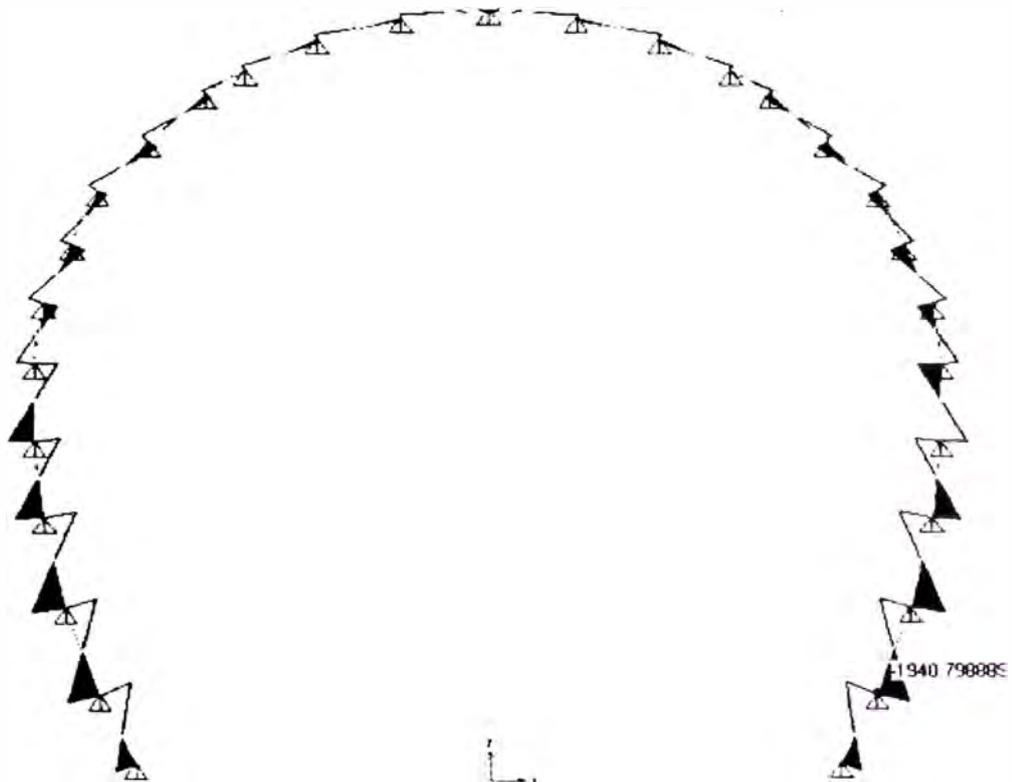


7,000 kg/m²

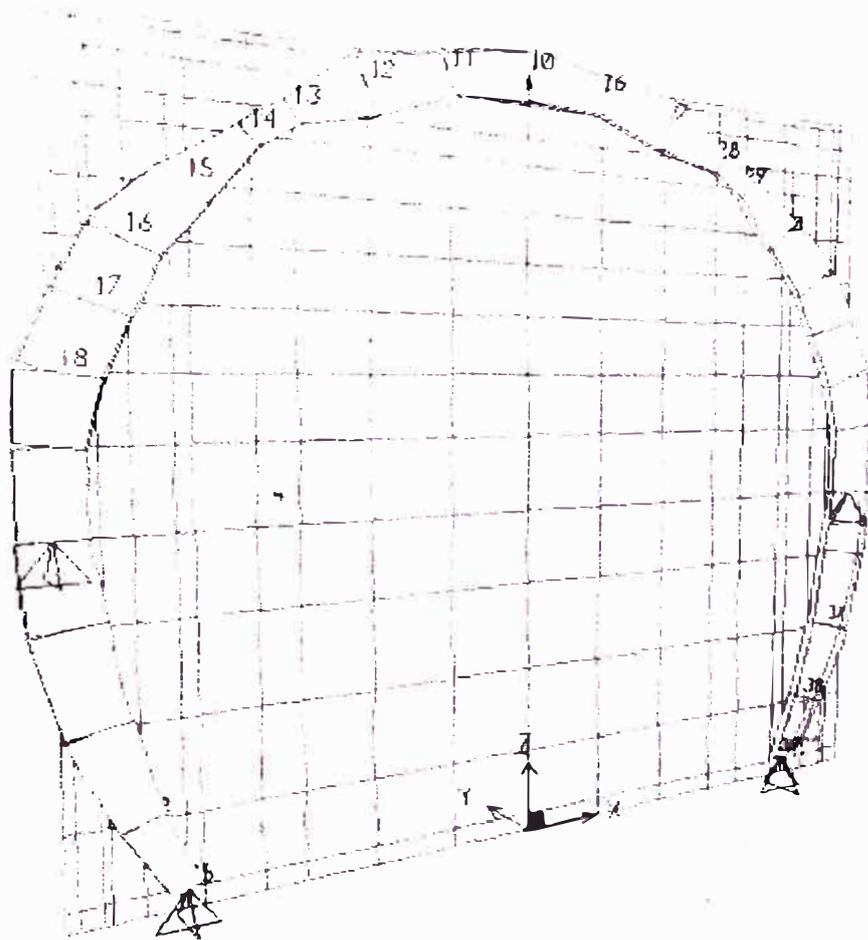
Cargas sobre el Manto



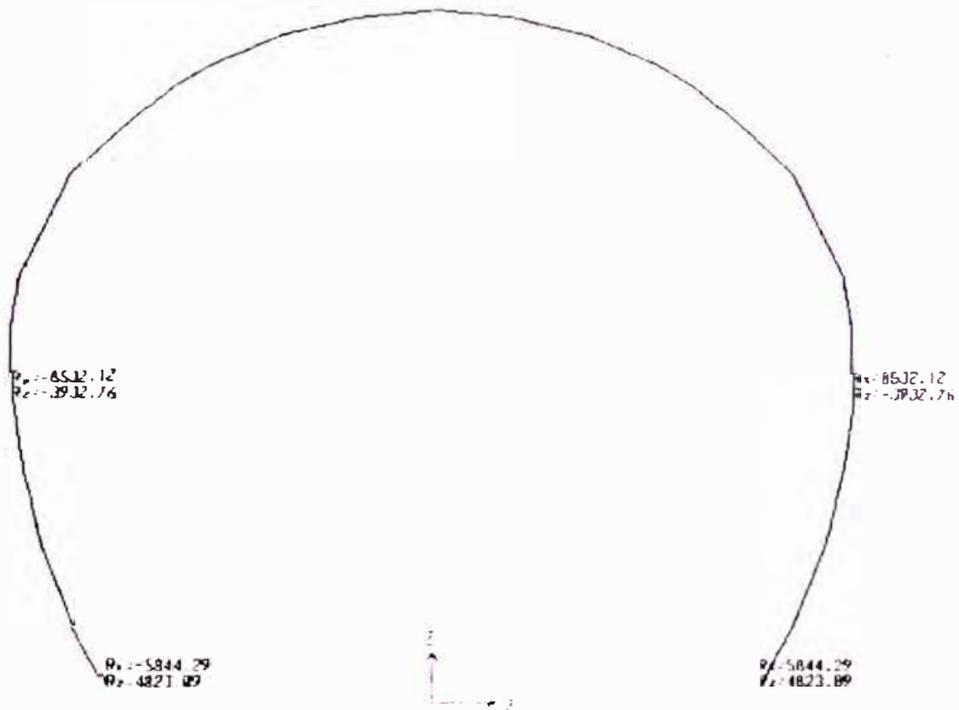
Esfuerzo de Flexión en el Manto, $M_{max}=181.75 \text{ kg.m}$



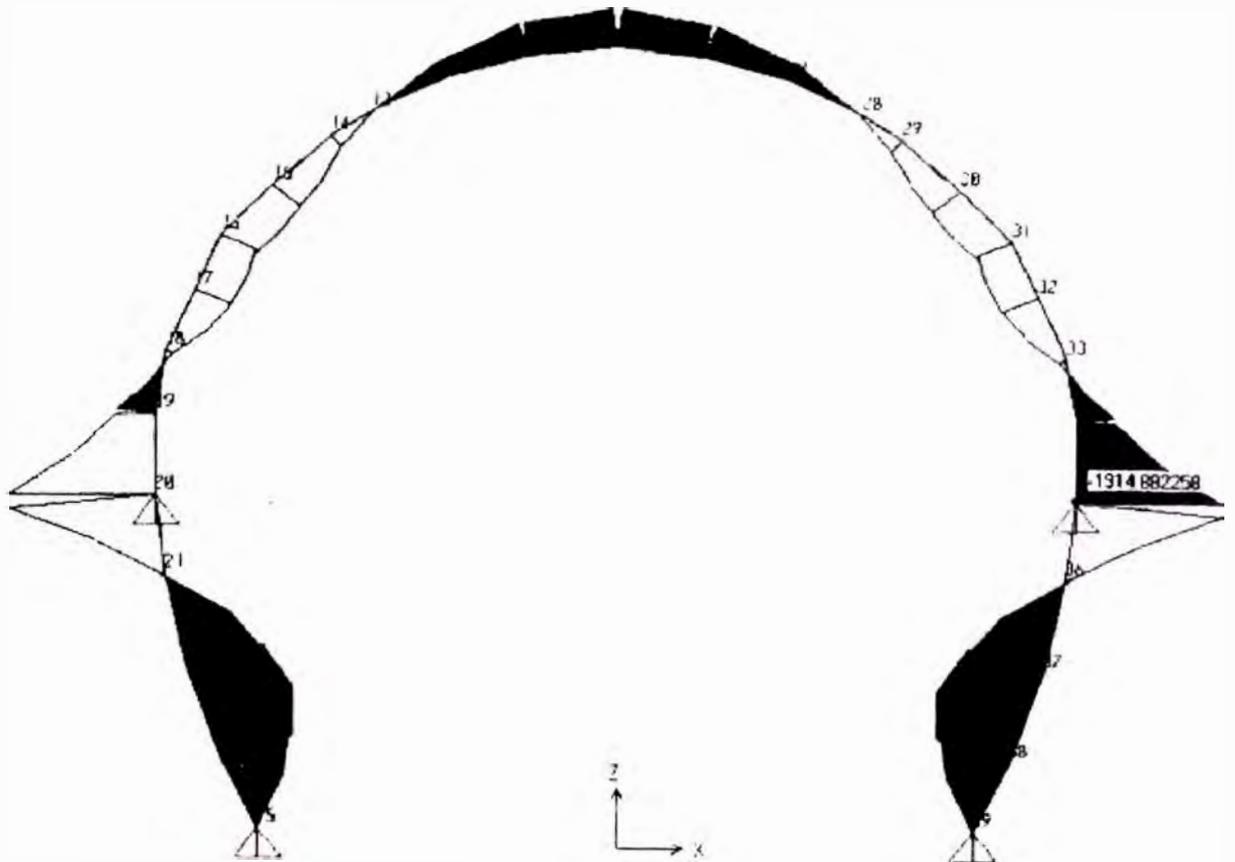
Esfuerzo Cortante en el Manto, $V_{max}=1,940.79 \text{ kg}$



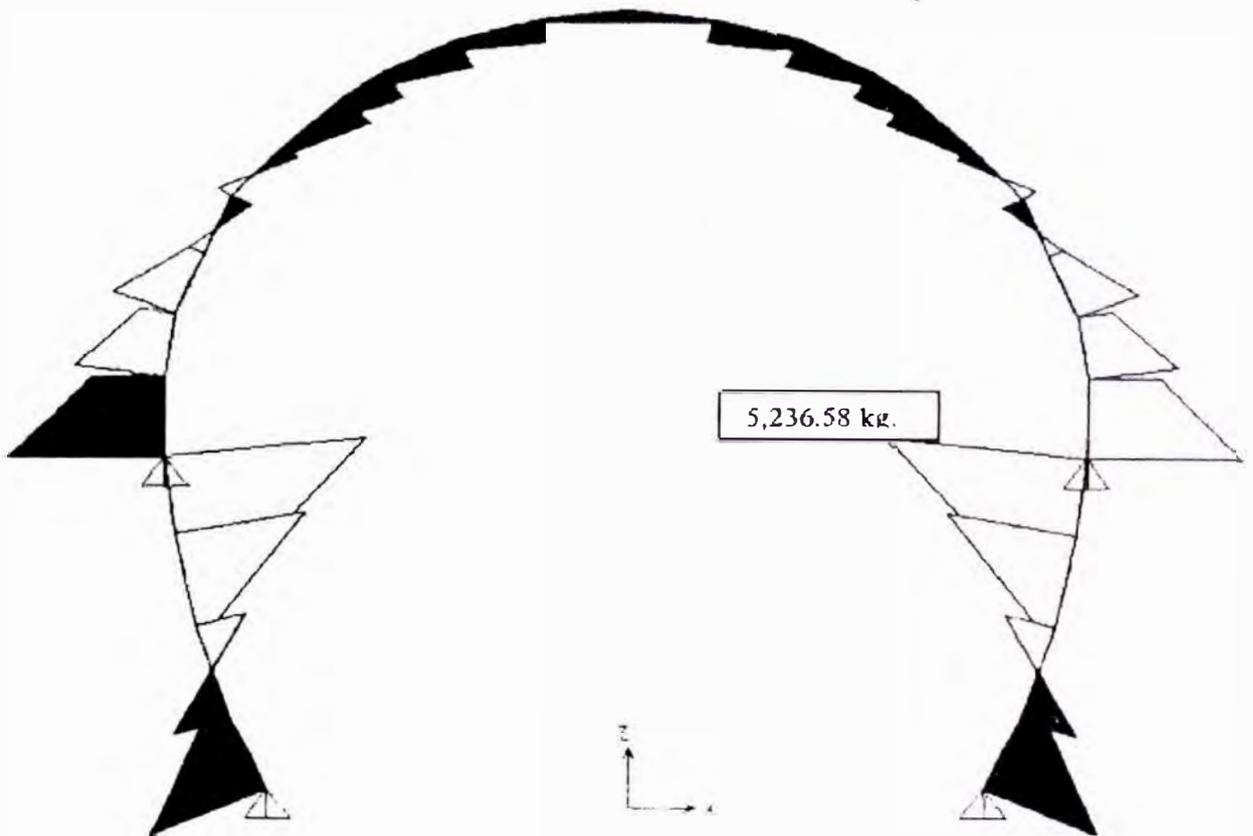
Cuadernas de Sección Variable – Vista 3D



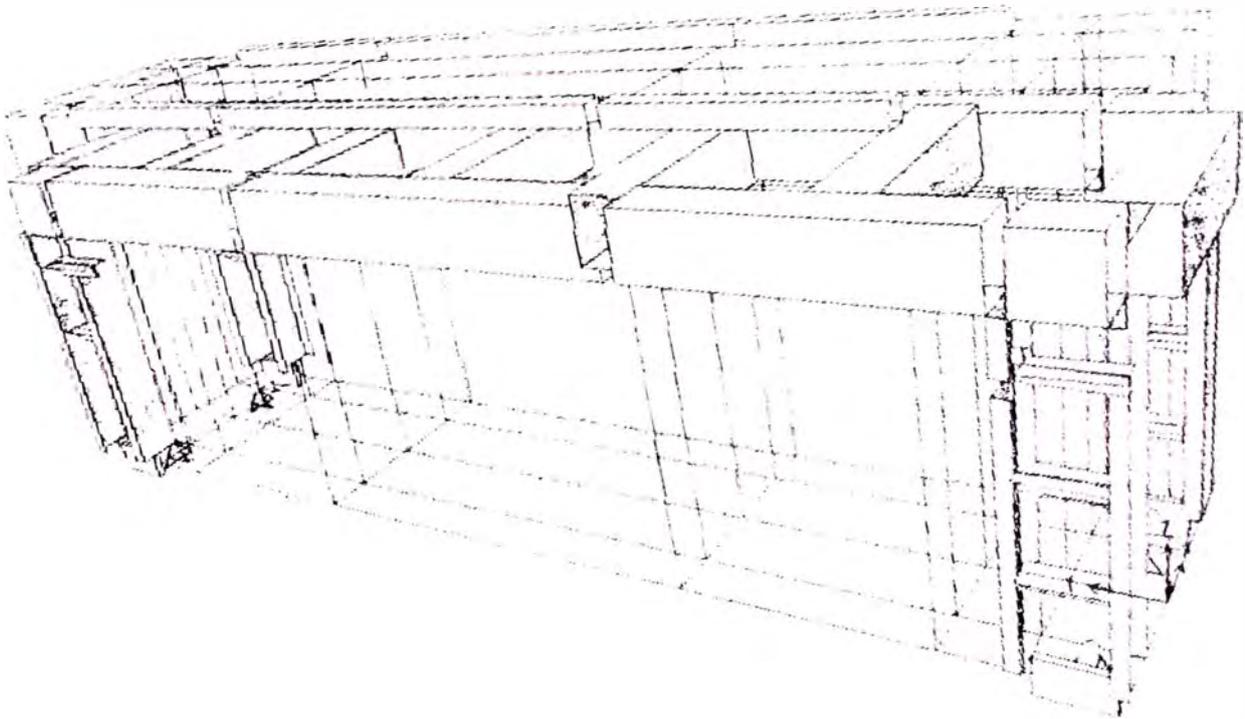
Reacción en los apoyos (kg)



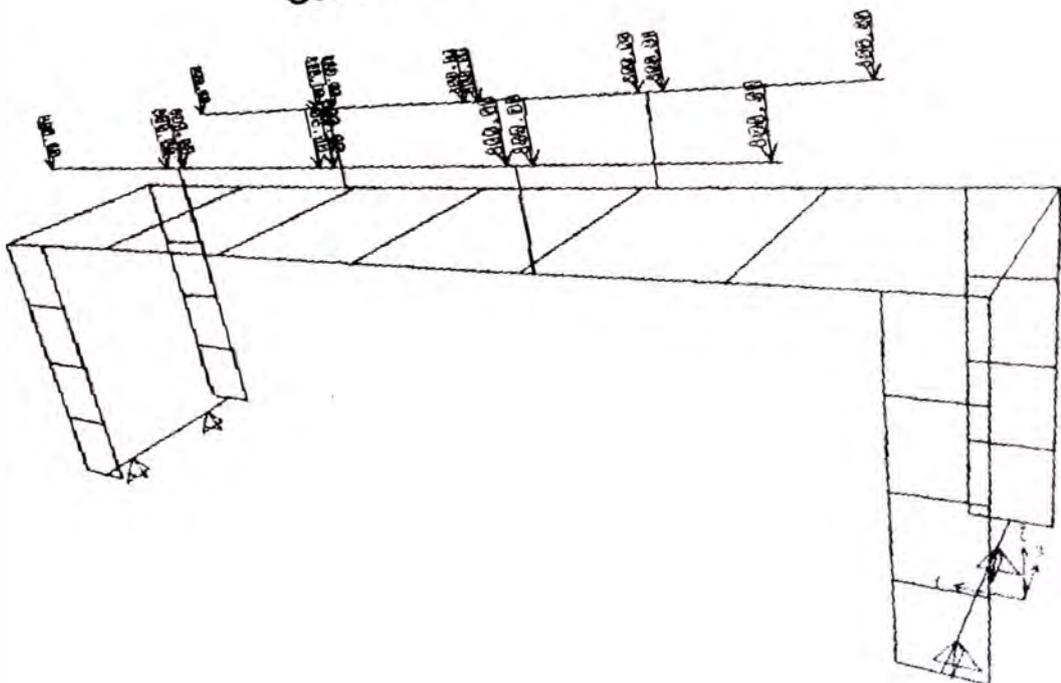
Esfuerzo de Flexión $M_{\max(-)}=1,914.88$ kg.m, $M_{\max(+)}=1,214.10$ kg.m



Esfuerzo Cortante $V_{\max}=5,236.58$ kg.



Carro Transporte de Encofrado



Cargas del Encofrado

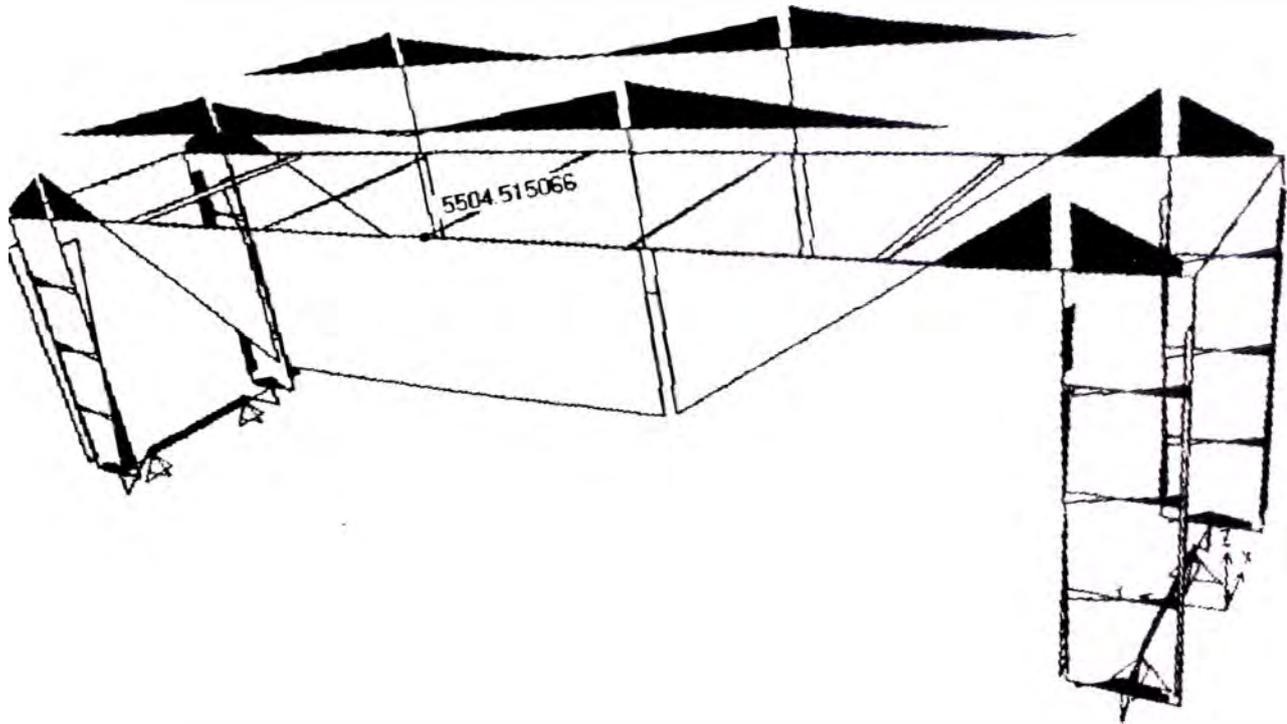


Diagrama de Momento Flector, $M_{\text{max}}=5,504 \text{ kg.m}$

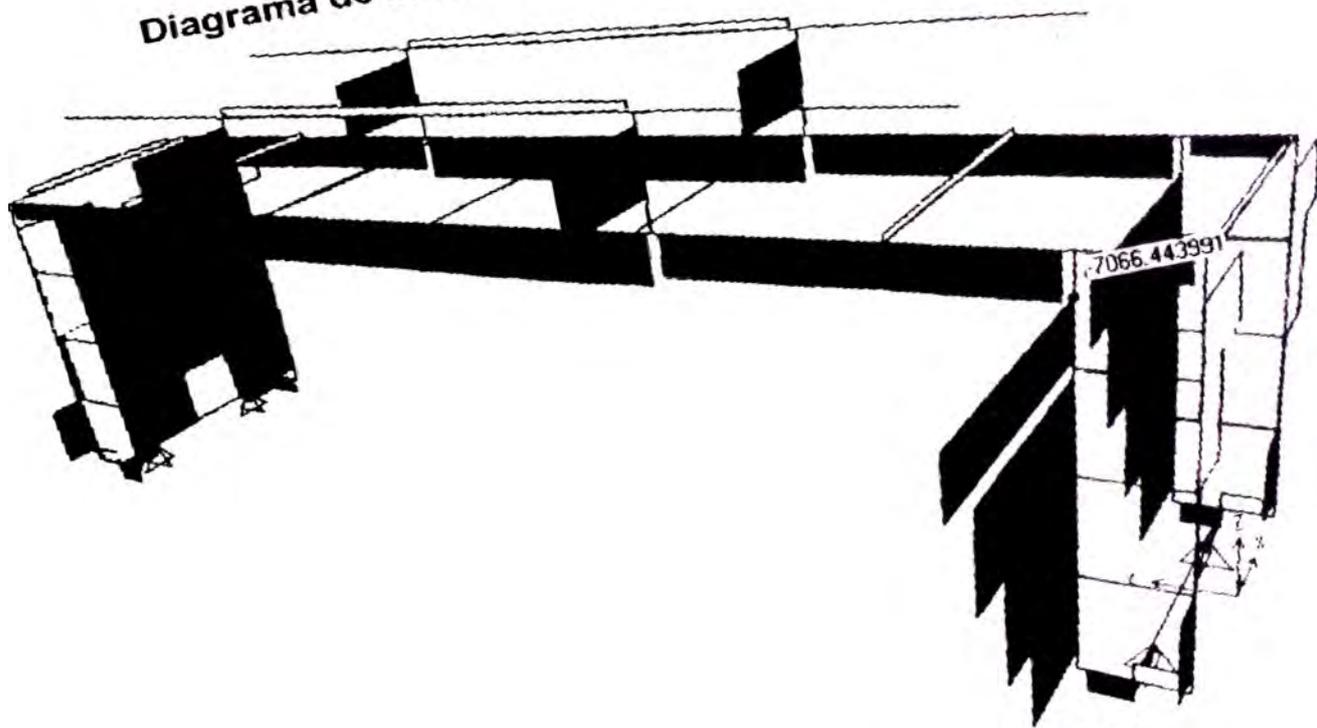
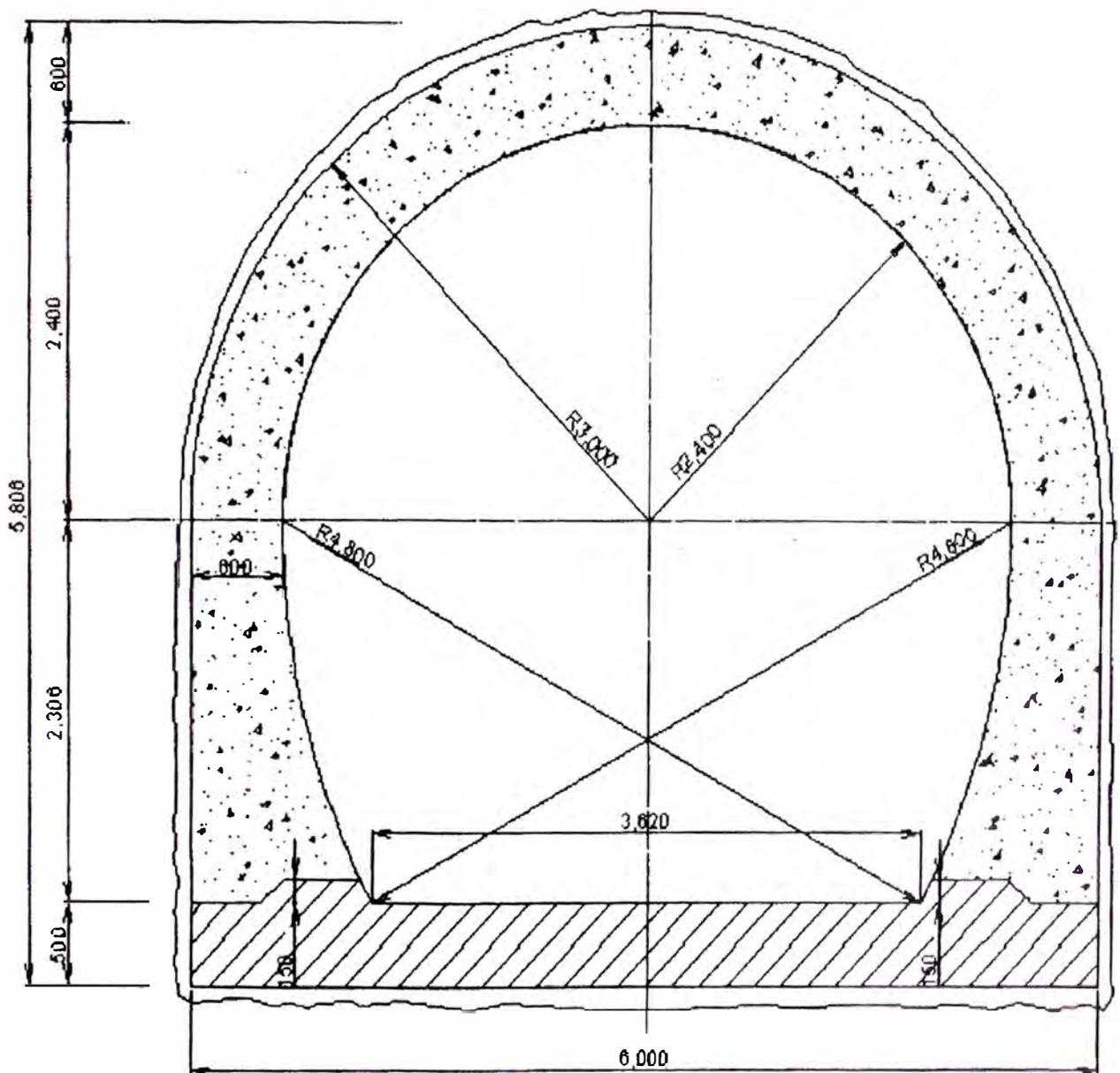


Diagrama de Fuerza Axial, $T_{\text{max}}=7,066 \text{ kg.}$

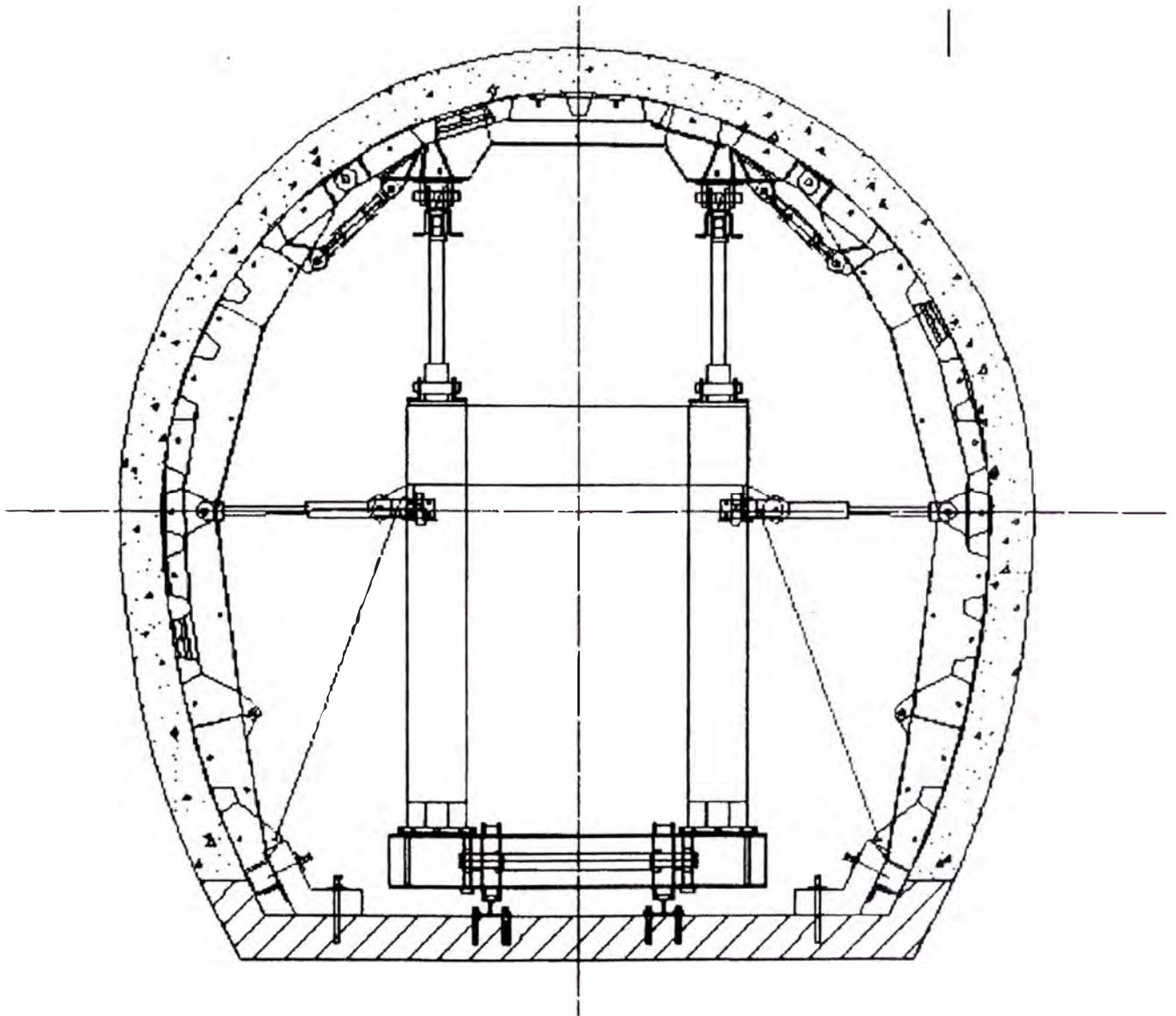
ANEXO B

GRAFICOS Y ESQUEMAS DEL TUNEL Y DEL ENCOFRADO



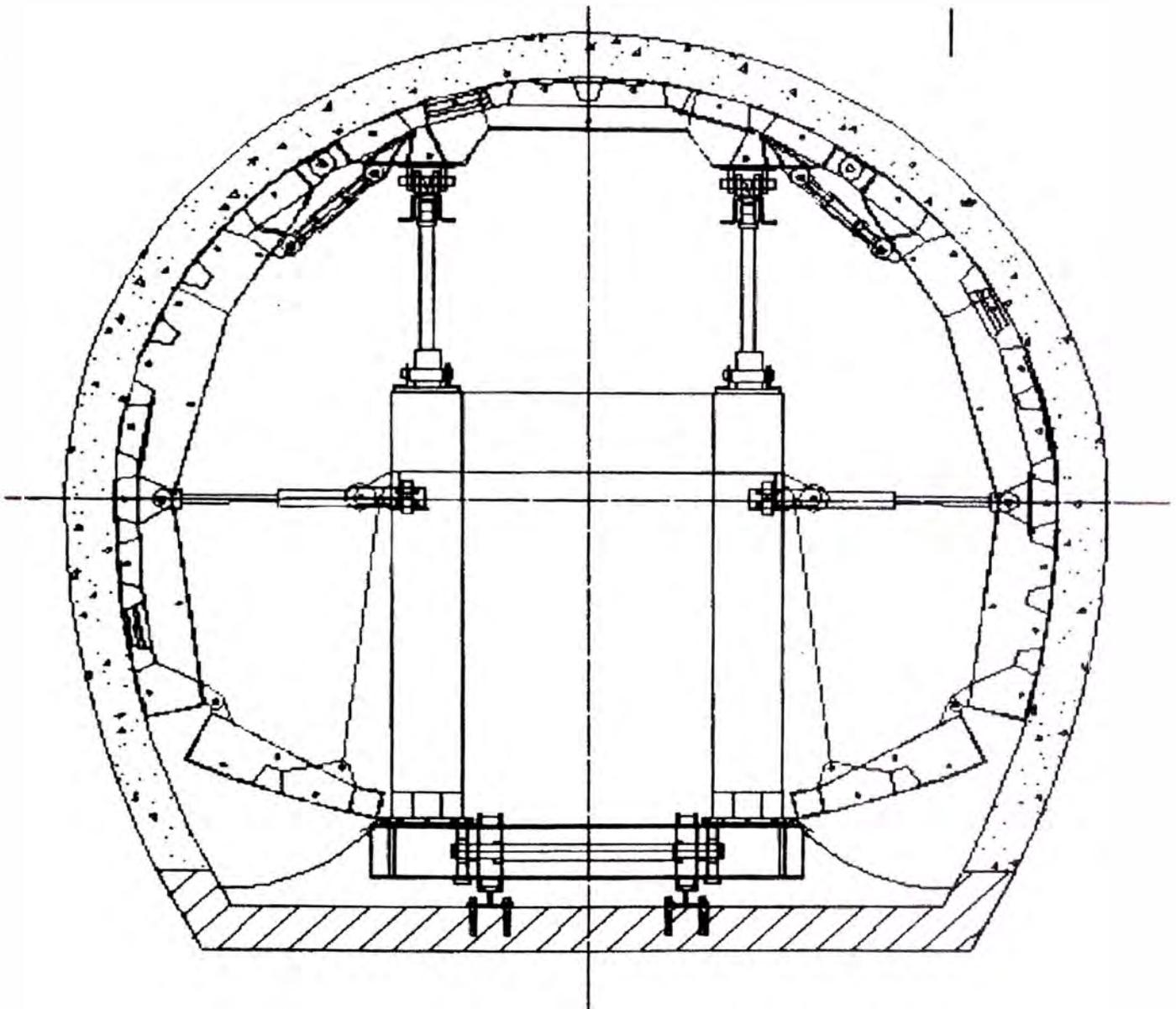
SECCION BAUL

ESCALA 1/20



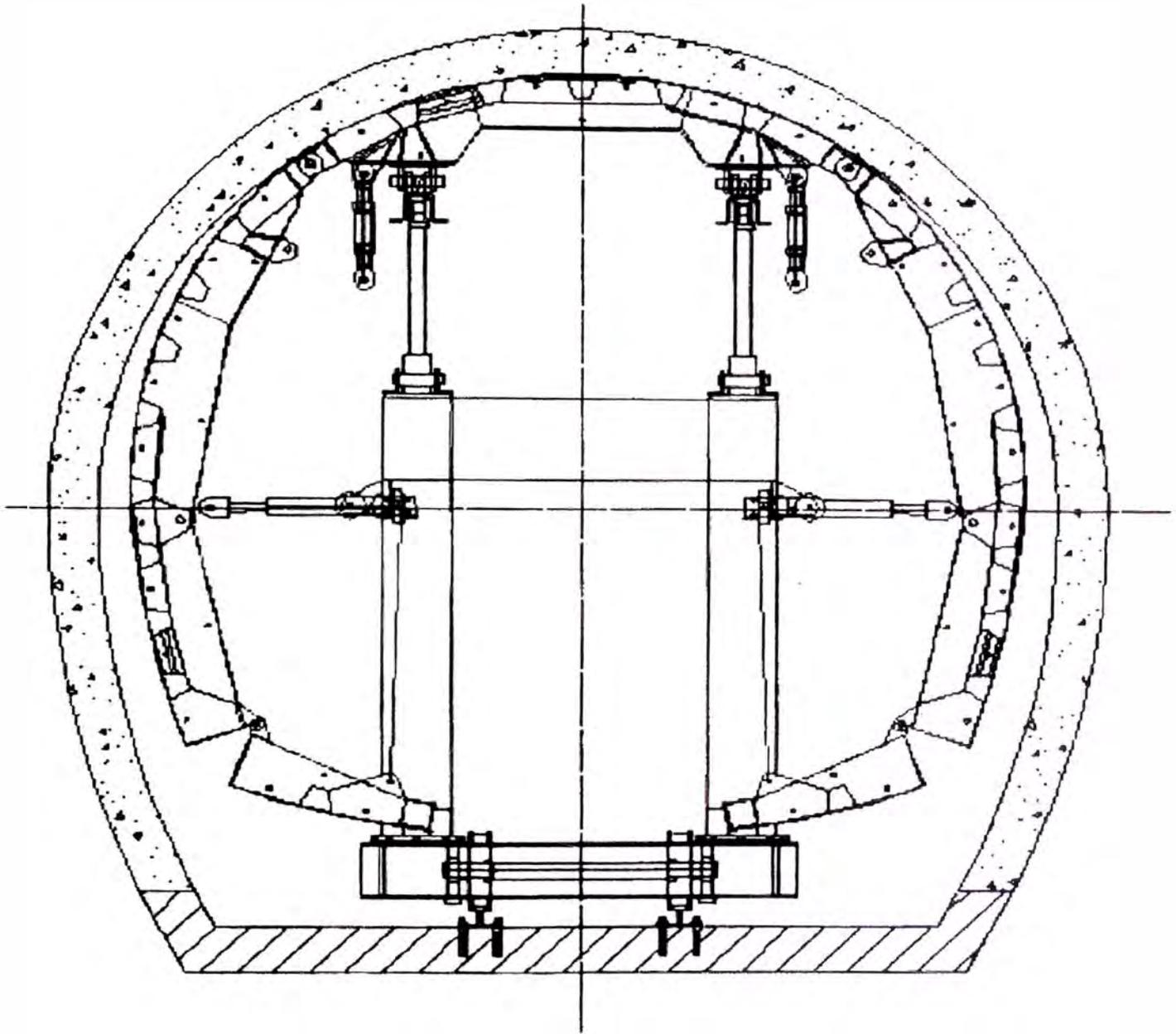
POSICION FINAL ENCOFRADO

ESCALA 1/20



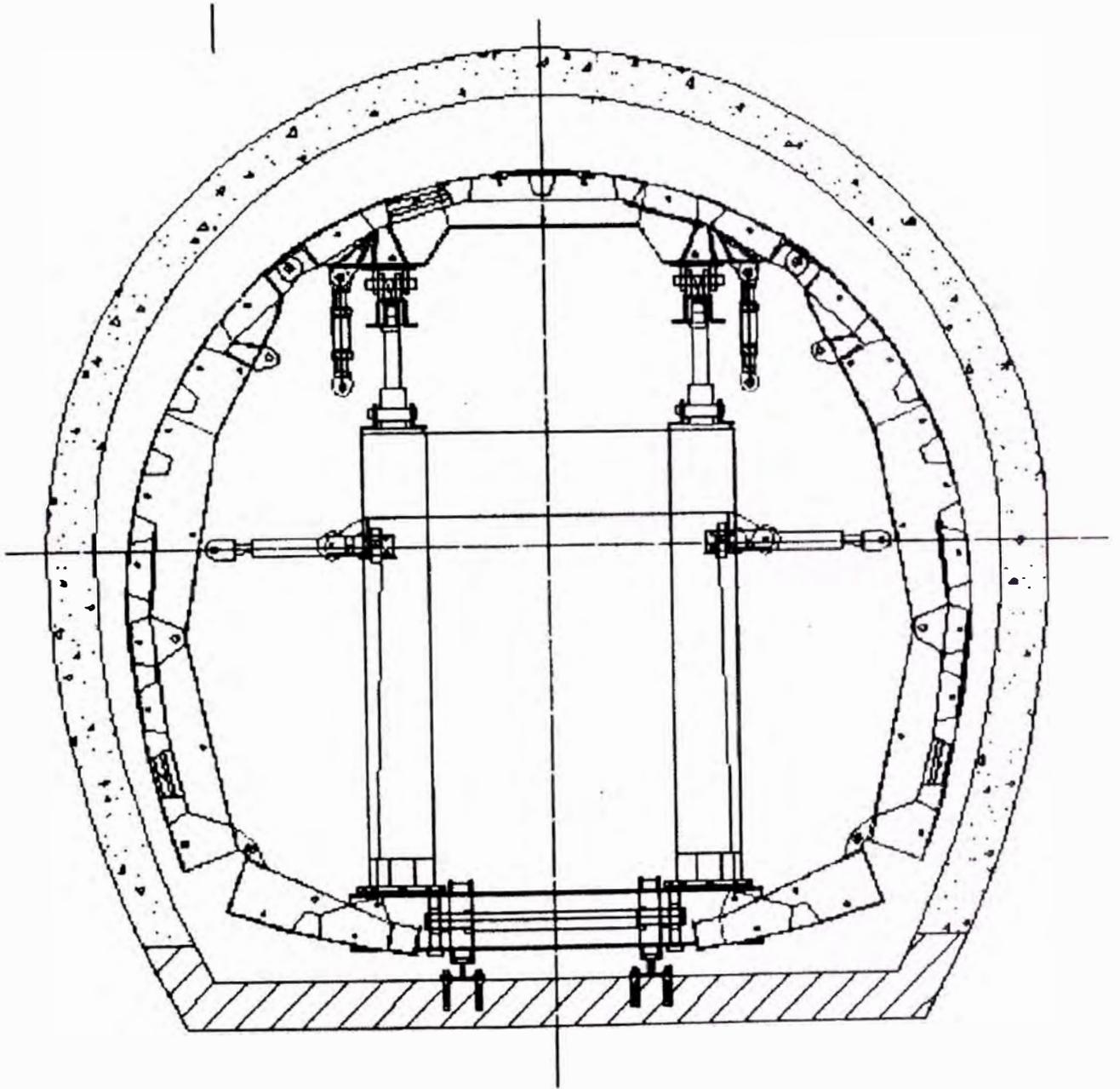
POSICION INTERMEDIA 1

ESCALA 1/20



POSICION INTERMEDIA 2

ESCALA 1/20



POSICION DE TRANSPORTE

ESCALA 1/20

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- 1.- Formwork for concrete
M. K. Hurd Sixth Edition

- 2.- American Concrete Institute (ACI) 117-90
Estandar Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials

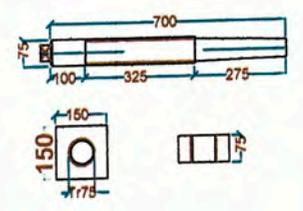
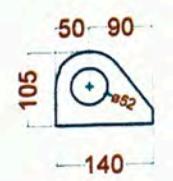
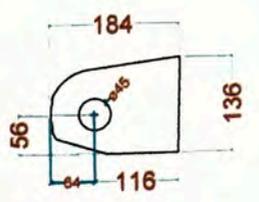
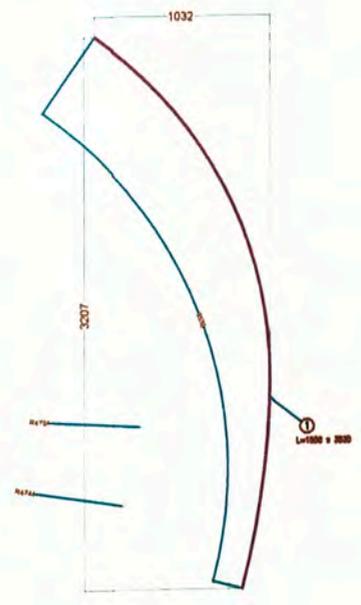
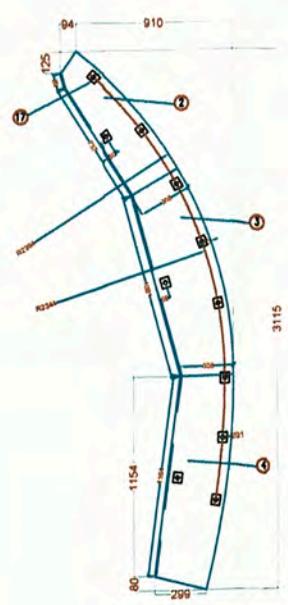
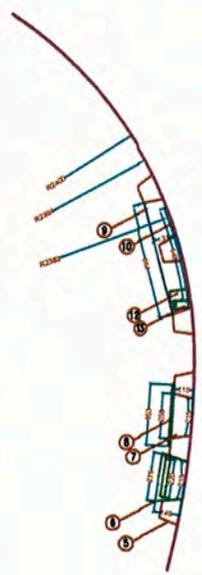
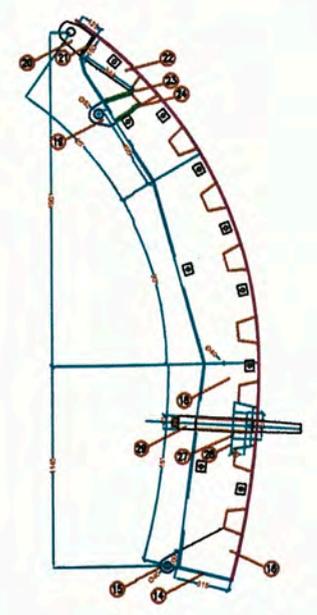
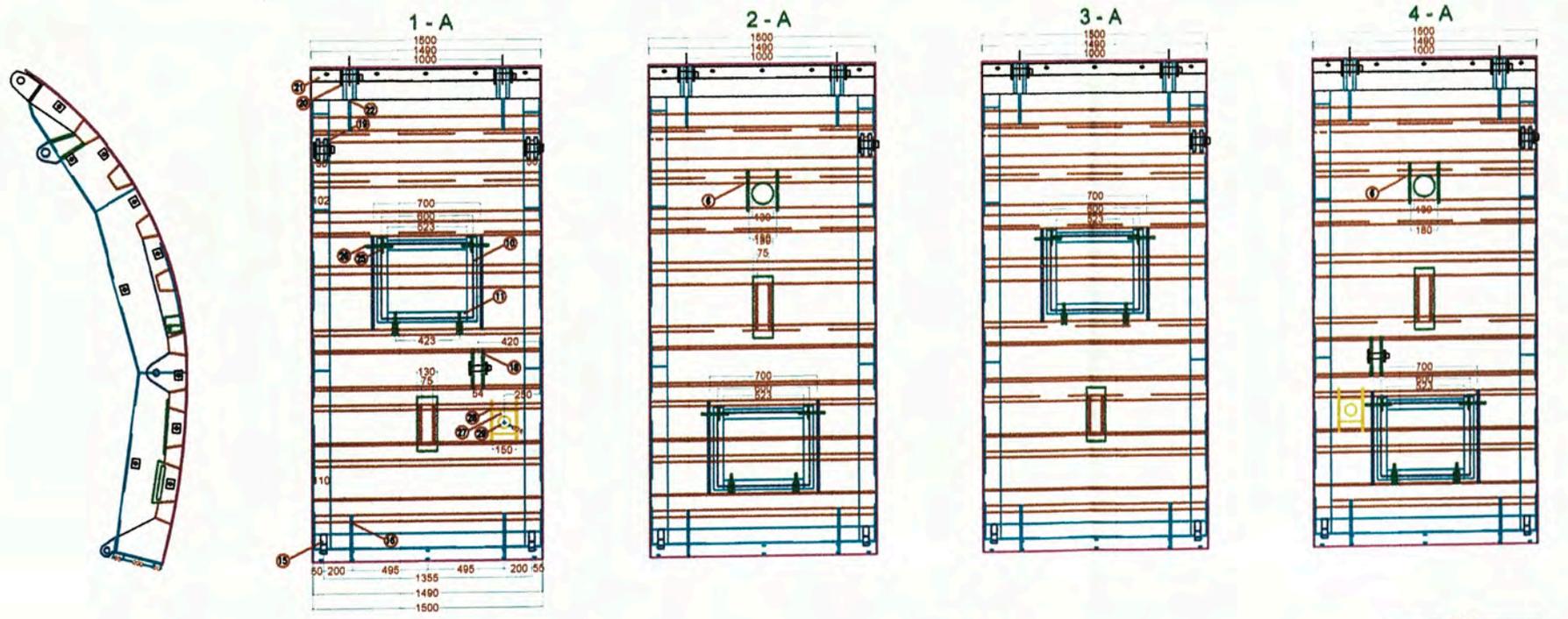
- 3.- American Concrete Institute (ACI) 347R-04
Guide to Formwork for Concrete

- 4.- Diseño de Estructuras de Acero
Jack C. McCormac, 2da. Edición - 2 002

- 5.- Manual of Steel Construction
Load and Resistance Factor Design
AISC Second Edition - 1 994

- 6.- Manual del Soldador
German Hernandez Riesco 6ta Edition

- 7.- Steel Designers' Manual
Buick Davidson and Graham W. Owens 6ta. Edition - 2 003



Nº.	Material	Kg.			
2	Berro Tornado Tipo Gato de 75 x mm x 700 mm	60.90			
4	Plancha Cortada de 10 x 188 x 283 mm	13.10			
2	Plancha Cortada con agujero 75 x 150 x 180 mm	28.50			
8	Plancha Cortada de 10 x 115 x 174 mm	12.60			
8	Plancha Cortada de 10 x 108 x 178 mm	11.90			
8	Plancha Cortada de 12.5 x 100 x 172 mm	13.50			
8	Plancha Cortada de 12.5 x 100 x 161 mm	12.70			
8	Plancha Cortada de 12.5 x 100 x 344 mm	36.10			
4	Angulo de 12.5 x 125 x 150 x 1490 mm	99.20			
16	Plancha Cortada con agujero 19 x 128 x 182 mm	48.20			
10	Plancha Cortada con agujero 19 x 111 x 142 mm	16.30			
4	Plancha Cortada con agujero 12.5 x 254 x 256 mm	19.20			
88	Plancha Perforada de 6 x 50 x 80 mm	12.50			
8	Plancha Cortada de 12.5 x 261 x 314 mm	51.90			
8	Plancha Cortada con agujero 38 x 94 x 148 mm	18.80			
4	Plancha Doblada de 8 x 400 x 1490 mm	64.90			
16	Plancha Cortada de 10 x 72 x 115 mm	10.40			
8	Plancha Cortada de 10 x 102 x 105 mm	6.70			
8	Platina Cortada de 12.5 x 63.5 x 523 mm	26.10			
8	Platina Cortada de 12.5 x 63.5 x 548 mm	27.30			
8	Plancha cortada de 12.5 x 131 x 864 mm	63.40			
4	Plancha cortada de 12.5 x 130 x 353 mm	18.00			
8	Plancha Cortada de 12.5 x 110 x 258 mm	7.00			
4	Plancha Cortada de 19 x 275 x 1470 mm	21.10			
32	Plancha Doblada de 4.5 x 300 x 1470 mm	498.60			
8	Plancha Cortada Doblada de 8 x 400 x 908 mm	253.90			
8	Plancha Cortada Doblada de 8 x 440 x 1247 mm	254.10			
8	Plancha Cortada Doblada de 8 x 400 x 908 mm	152.10			
4	Plancha Rotada de 6 x 1500 x 3530 mm	997.60			
Rev. Cont.	Descripción	Nro.	Material	Kg.	2886.60

FAMECT S.R.L. INGENIERIA Y FABRICACION

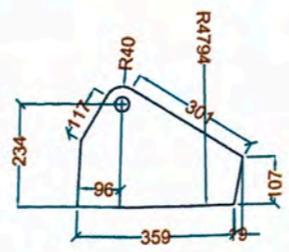
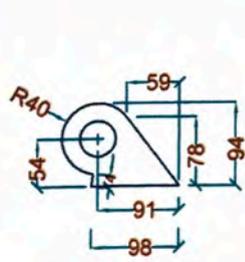
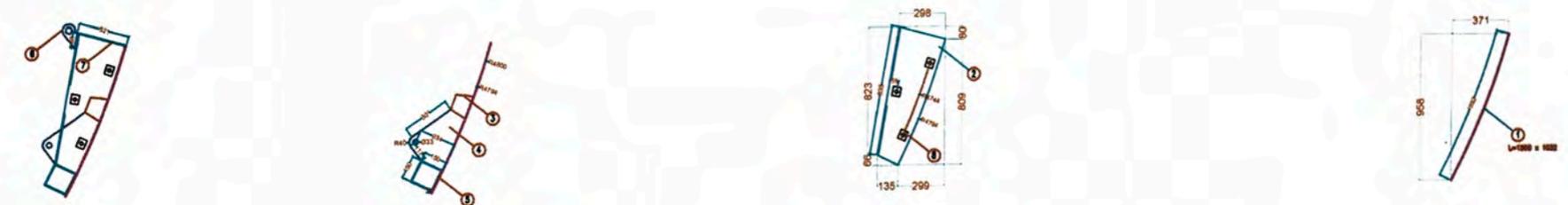
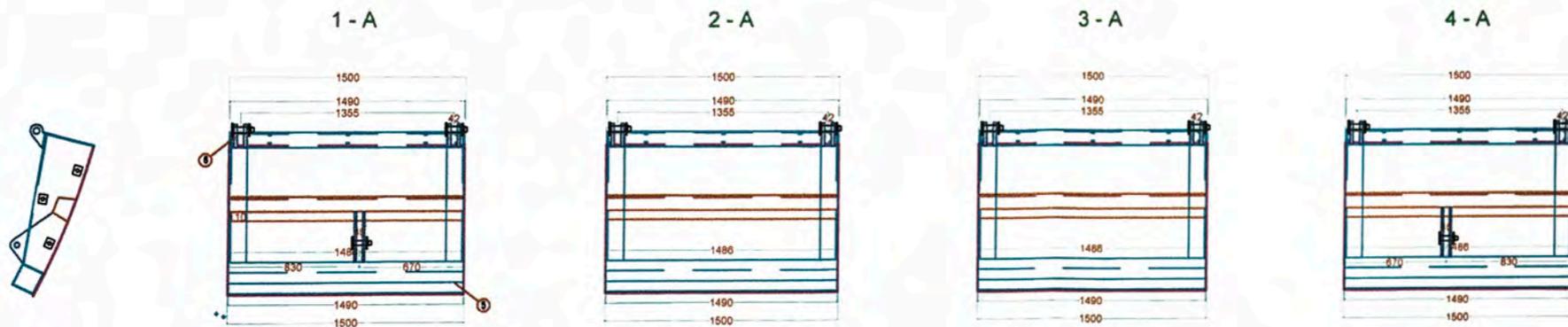
PROYECTO ENCOFRADO METALICO HIDRAULICO

PROYECTO TRASVASE OLMOS

ING. NILTON VALER LLERENA ING. MILTON VALER

ING. M. V. LL. IND. AGOSTO 2006

PO-002



24	Plancha Perforada de 6 x 50 x 60 mm	8	ASTM A-36	3.40		
4	Plancha Doblada de 6 x 400 x 1490 mm	7	ASTM A-36	112.30		
16	Plancha Cortada con agujero 19 x 94 x 146 mm	6	ASTM A-36	18.50		
4	Tubo cuadrado doblado 6 x 150 x 150 x 1490 mm	5	ASTM A-36	155.00		
4	Plancha Cortada con agujero 12.5 x 273 x 373 mm	4	ASTM A-36	29.10		
4	Plancha Cortada Doblada de 6 x 300 x 1470 mm	3	ASTM A-36	62.30		
8	Plancha Cortada Doblada de 6 x 418 x 863 mm	2	ASTM A-36	140.90	KG. : 283.30	
4	Plancha Rolada de 6 x 1500 x 1032 mm	1	ASTM A-36	291.70	Cont. : 4	
					Tot. KG.: 813.20	
Rev	Cont.	Descripción	Nro.	Material	Kg.	813.20

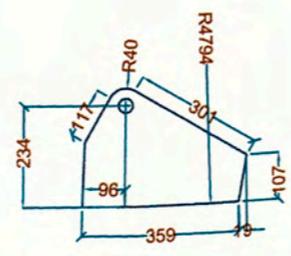
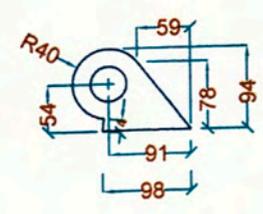
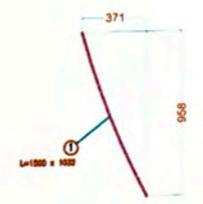
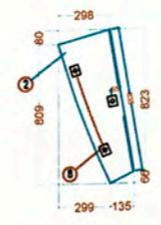
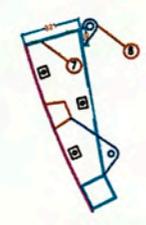
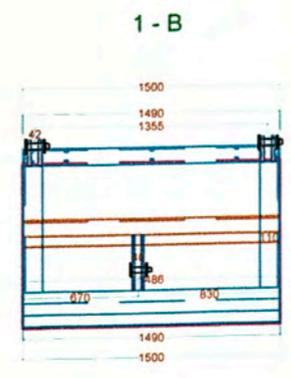
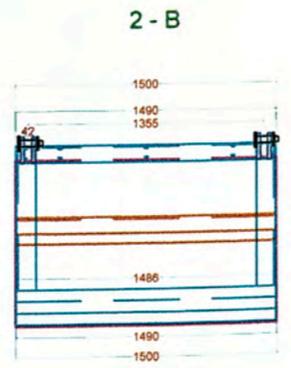
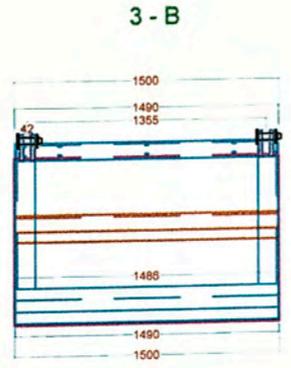
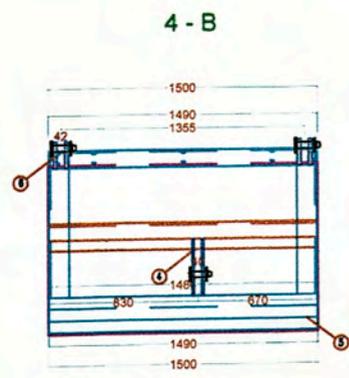
FAMECT S.R.L. INGENIERIA Y FABRICACION

PROYECTO ENCOFRADO METALICO HIDRAULICO

PROYECTO TRASVASE OLMOS

ING. MILTON VALER LLERENA ING. MILTON VALER PO-004

ING. M. V. LL. IND. AGOSTO 2006



Rev.	Cant.	Descripción	Nro.	Material	Kg.
	24	Plancha Perforada de 6 x 50 x 60 mm	8	ASTM A-36	3.40
	4	Plancha Doblada de 6 x 400 x 1490 mm	7	ASTM A-36	112.30
	16	Plancha Cortada con agujero 19 x 94 x 146 mm	6	ASTM A-36	18.50
	4	Tubo cuadrado doblado 6 x 150 x 150 x 1490 mm	5	ASTM A-36	155.00
	4	Plancha Cortada con agujero 12.5 x 273 x 373 mm	4	ASTM A-36	29.10
	4	Plancha Doblada de 4.5 x 300 x 1470 mm	3	ASTM A-36	62.30
	8	Plancha Cortada Doblada de 6 x 418 x 863 mm	2	ASTM A-36	140.90
	4	Plancha Rolada de 6 x 1500 x 1032 mm	1	ASTM A-36	291.70
					813.20

FAMECT S.R.L. INGENIERIA Y FABRICACION

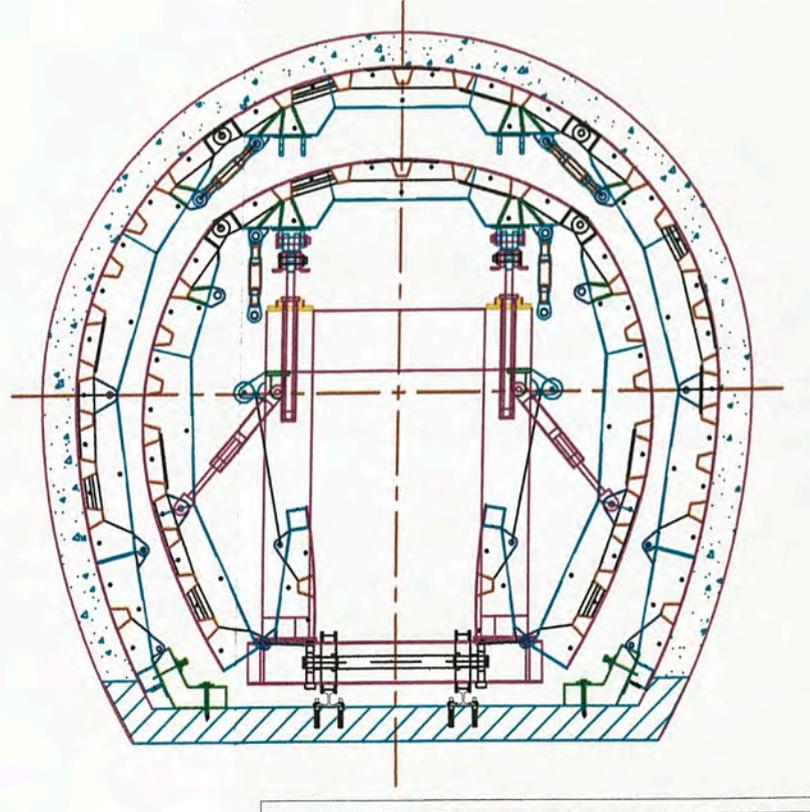
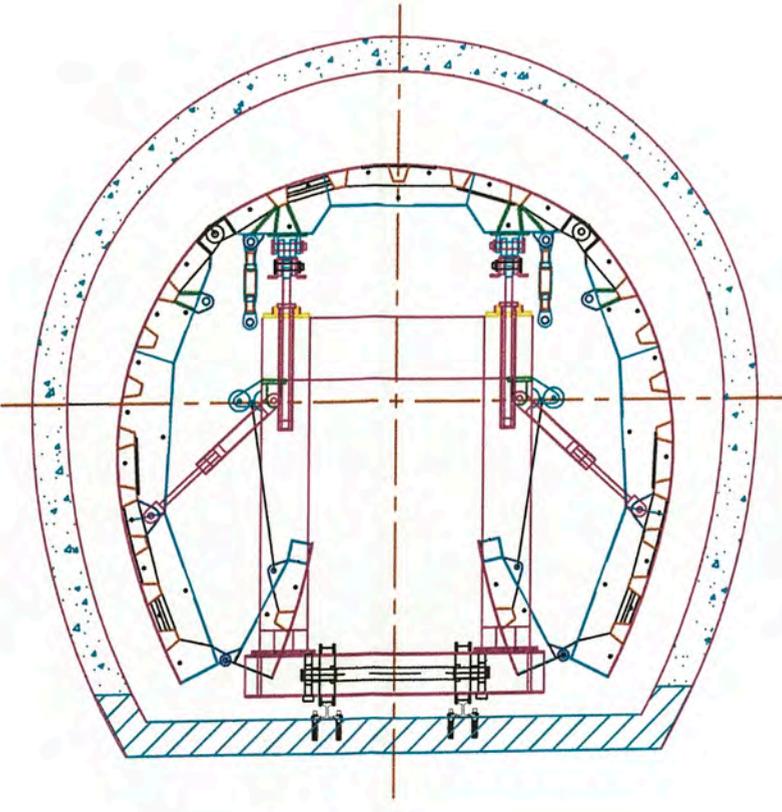
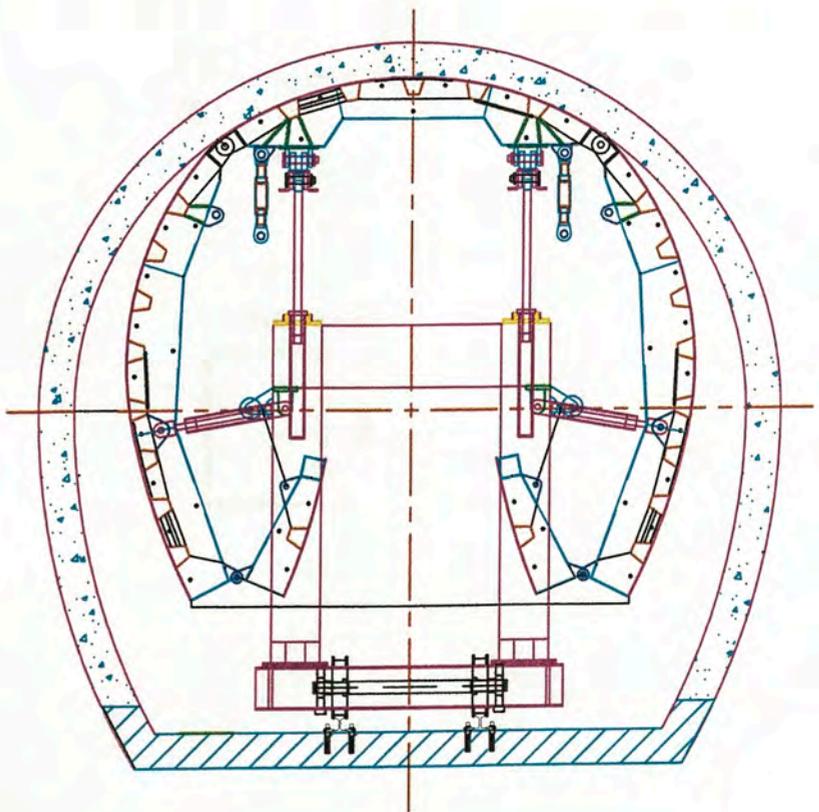
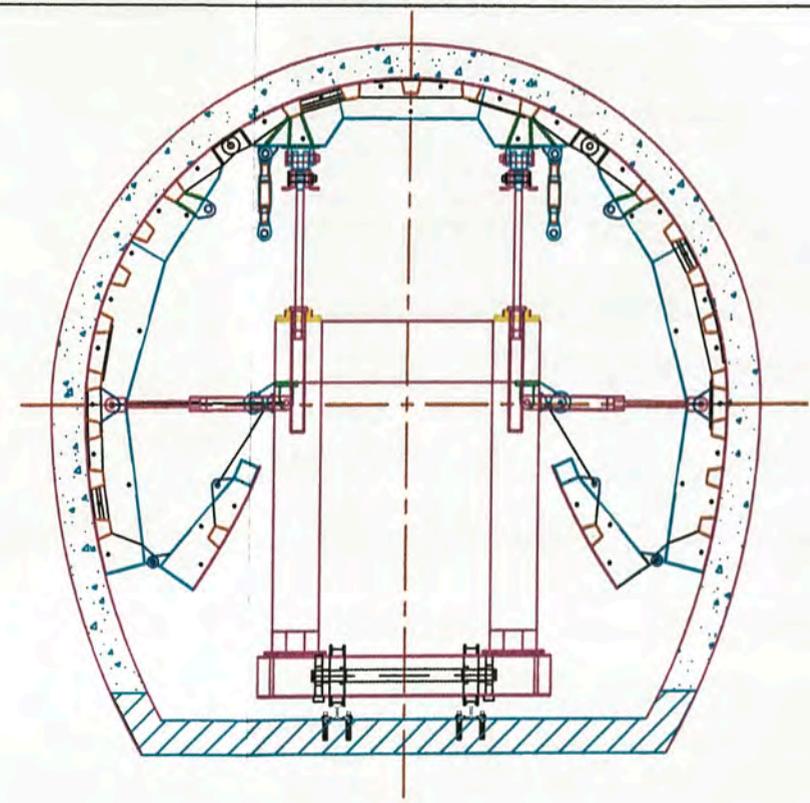
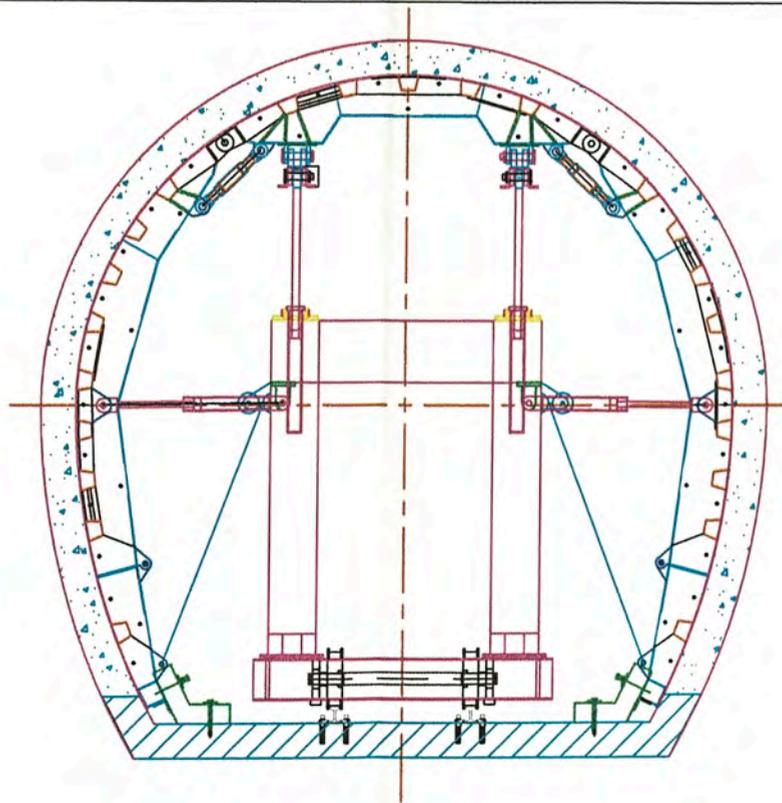
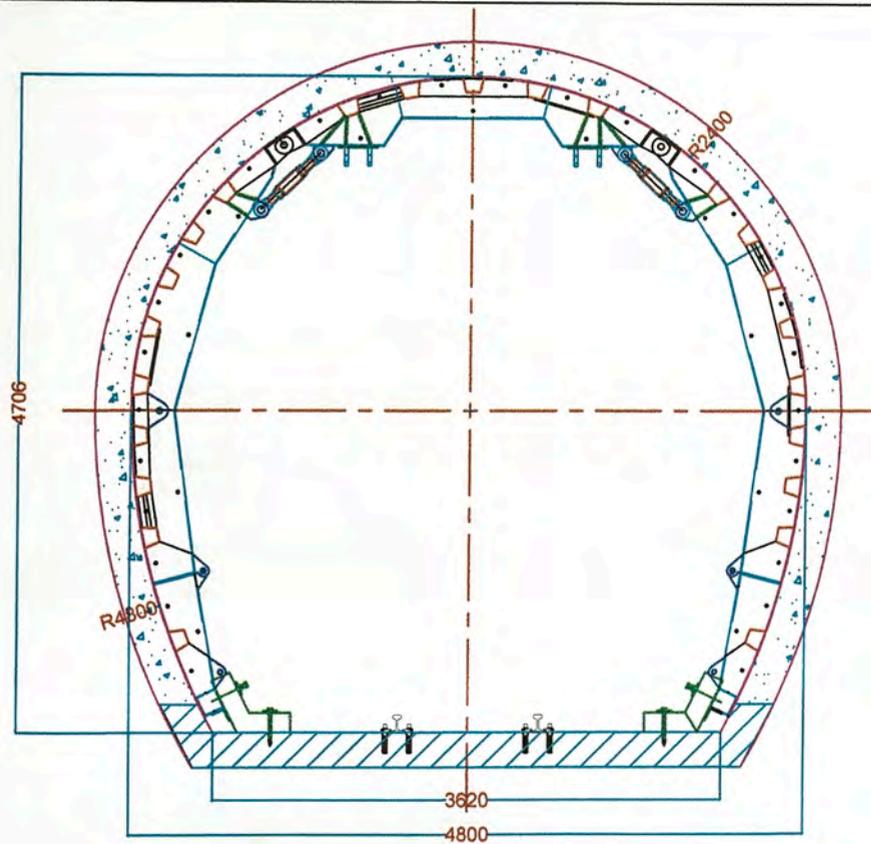
ENCOFRADO METALICO HIDRAULICO

PROYECTO TRASVASE OLMOS

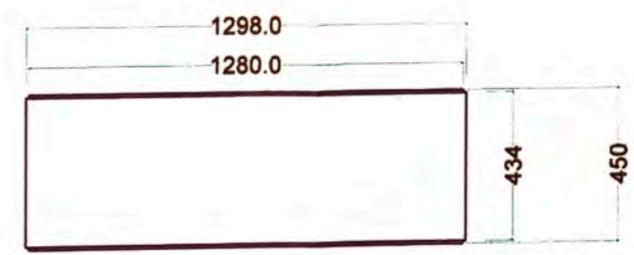
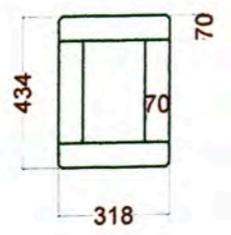
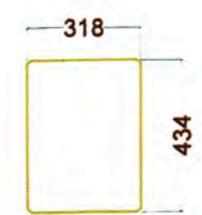
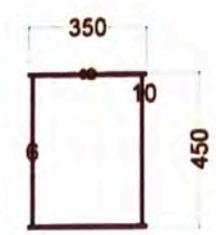
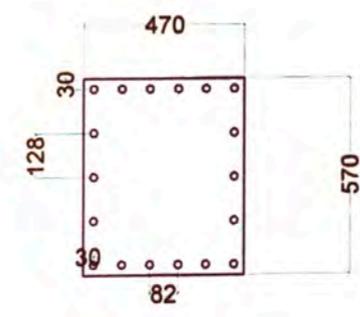
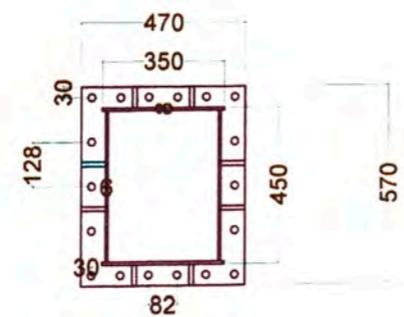
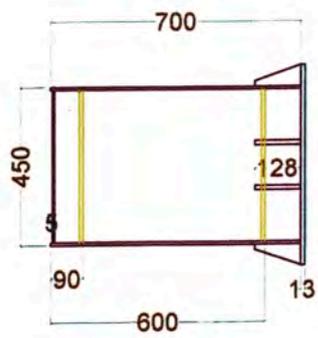
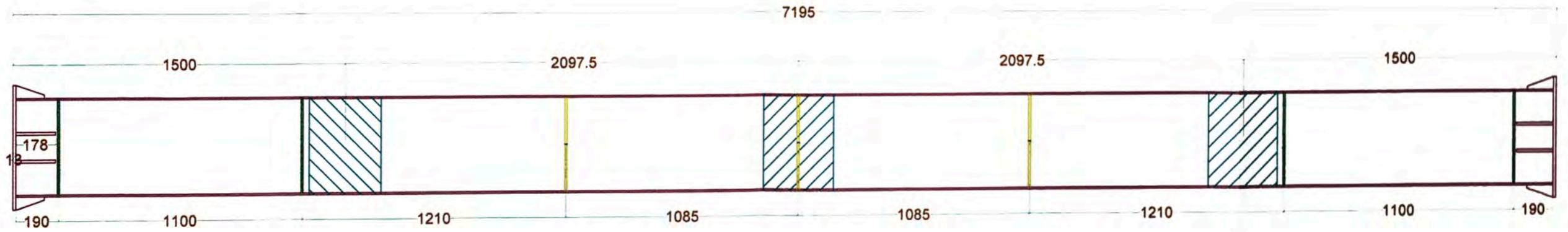
ING. MILTON VALER LLERENA ING. MILTON VALER

ING. M. V. LL. IND. AGOSTO 2006

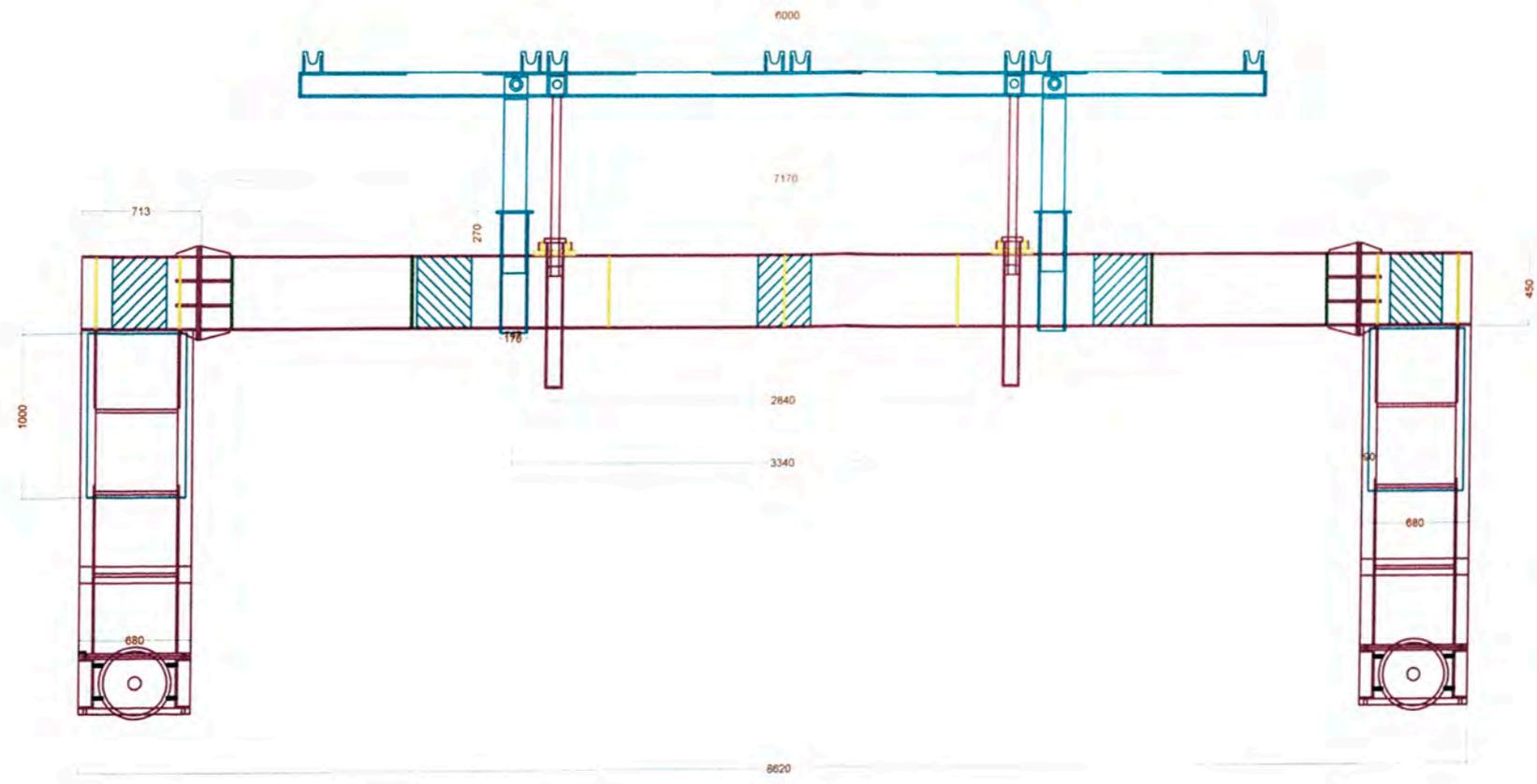
PO-005



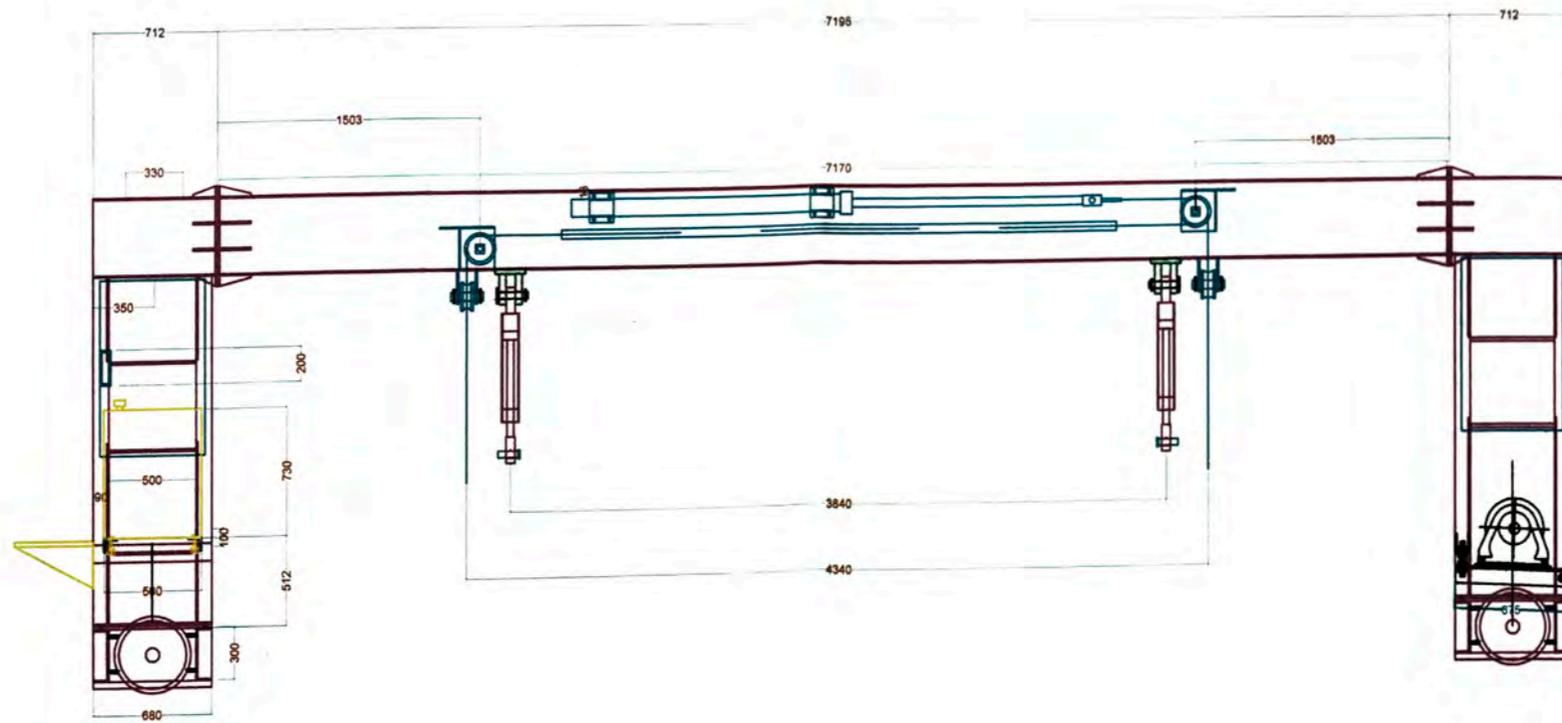
FAMECT		S.R.L. INGENIERIA Y FABRICACION	
ENCOFRADO METALICO HIDRAULICO			
PROYECTO TRASVASE OLMOS			
PROYECTO	ING. MILTON VALER LLERENA	REVISOR	ING. MILTON VALER
FECHA	IND.	ESCALA	AGOSTO 2006
			PO-006



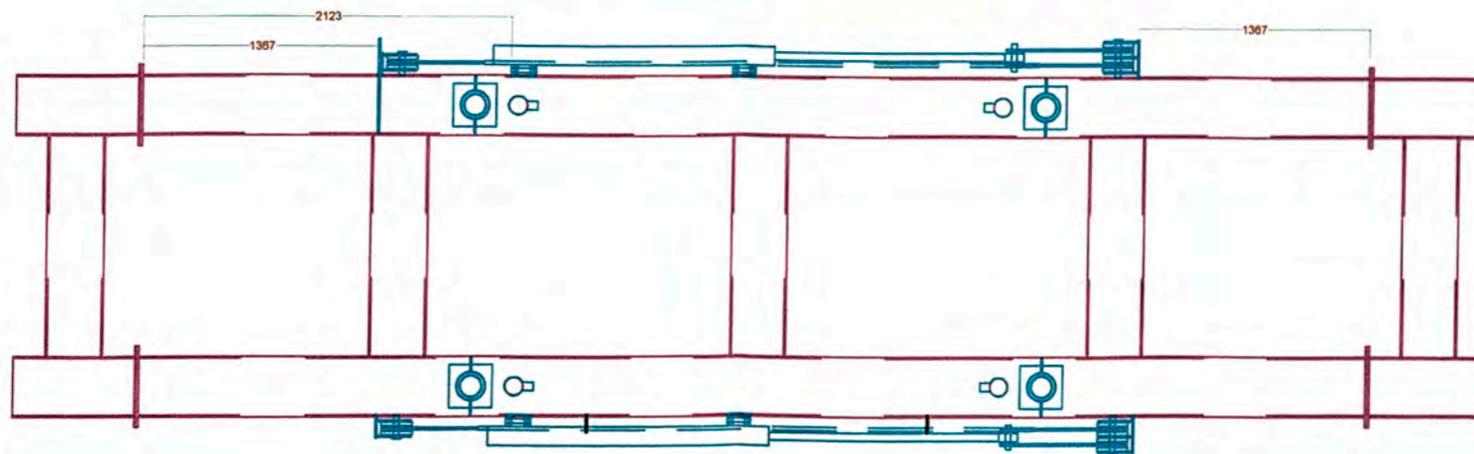
FAMECT		S.R.L. INGENIERIA Y FABRICACION	
ENCOFRADO METALICO HIDRAULICO			
PROYECTO TRASVASE OLMOS			
ING. MILTON VALER LLERENA	ING. MILTON VALER	PO-007	
ING. M. V. LL.	IND.	AGOSTO 2006	



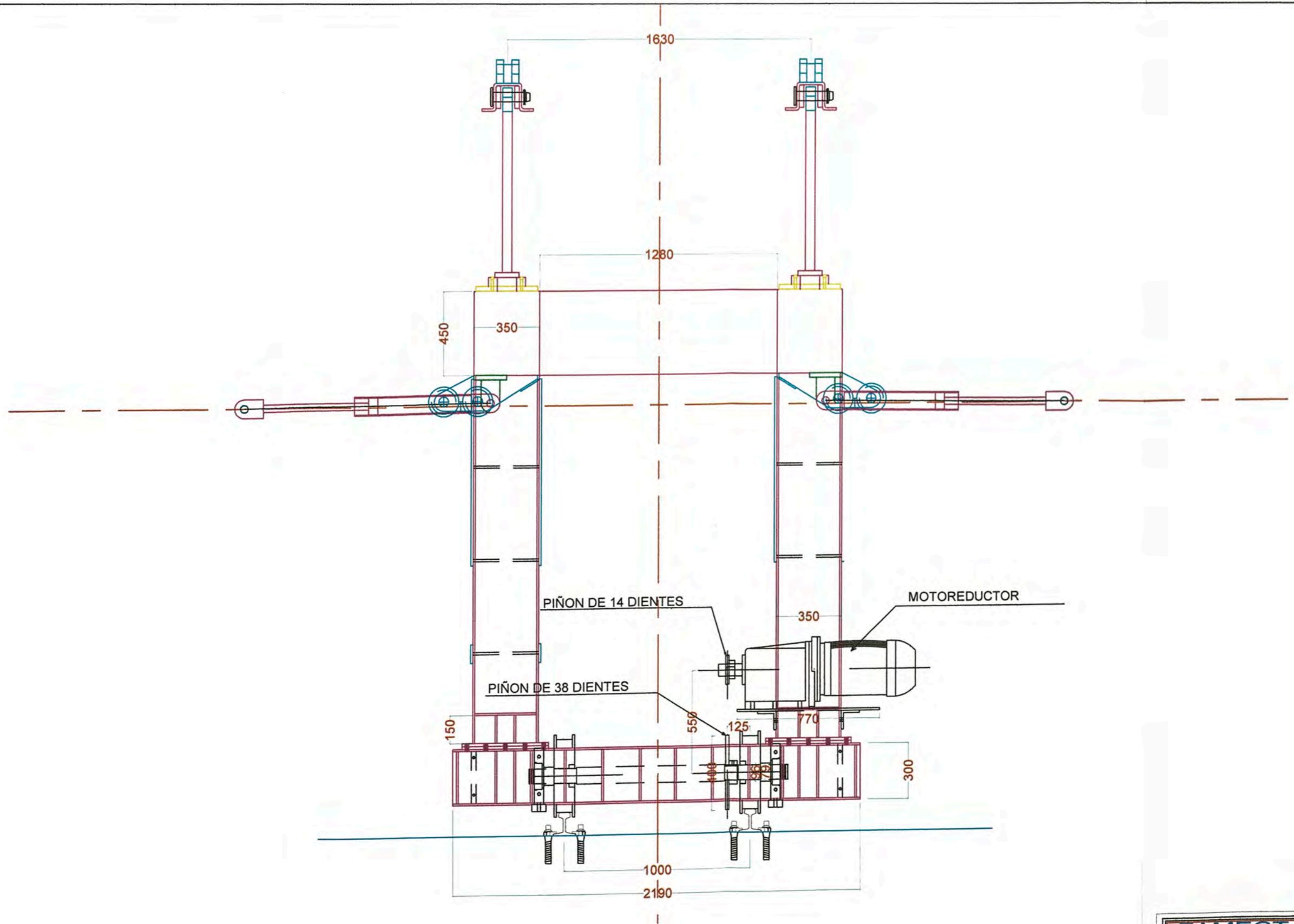
FAMECT		S.R.L. INGENIERIA Y FABRICACION	
ENCOFRADO METALICO HIDRAULICO			
PROYECTO TRASVASE OLMOS			
PROYECTO:	ING. MILTON VALER LLERENA	DISEÑO CAD:	ING. MILTON VALER
REVISOR:	ING. M. V. LL.	ESCALA:	IND.
		FECHA:	AGOSTO 2006
			PLANTA No. 1 PO-008



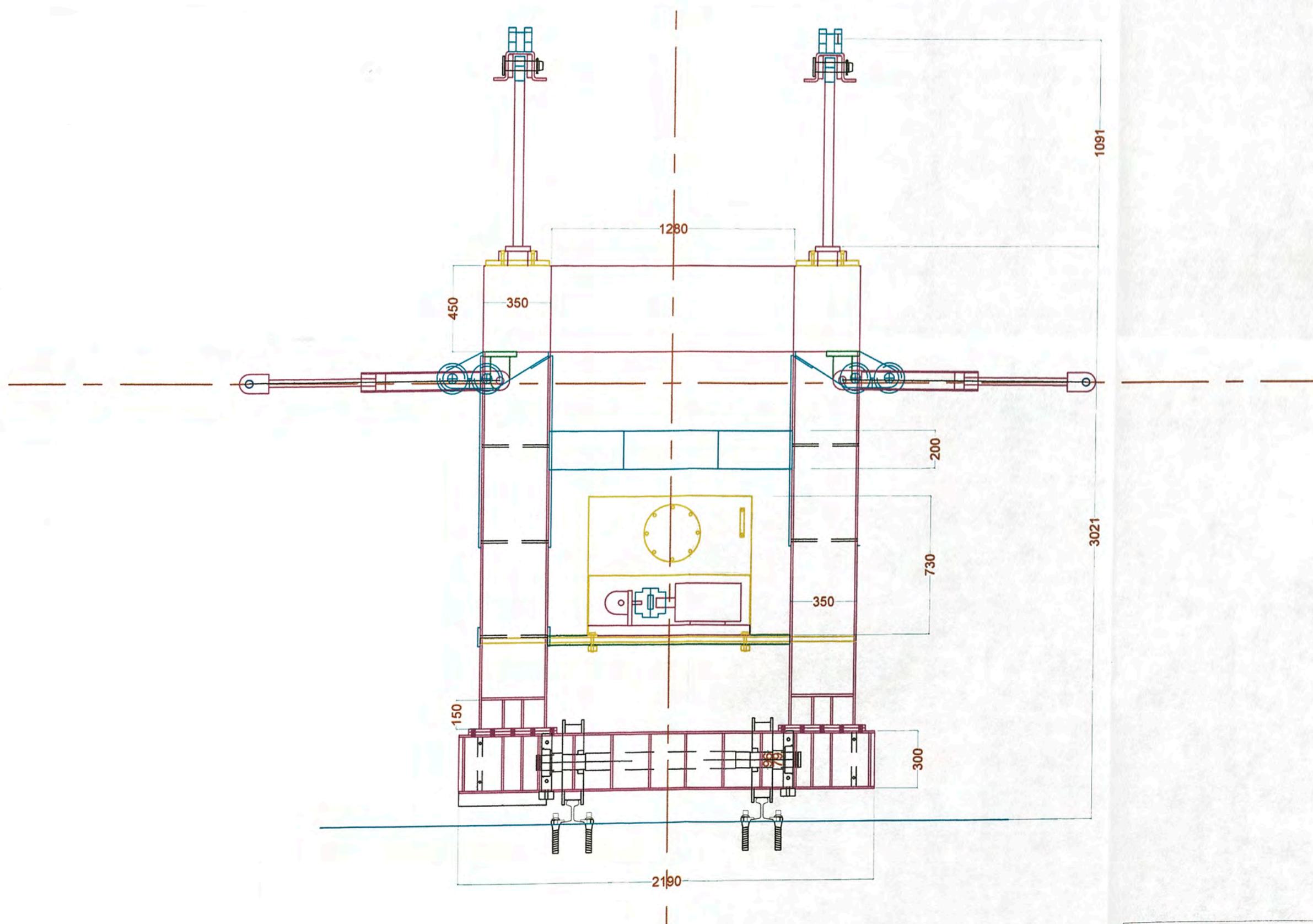
FAMECT		S.R.L. INGENIERIA Y FABRICACION	
ENCOFRADO METALICO HIDRAULICO			
PROYECTO TRASVASE OLMOS			
ING. MILTON VALER LLERENA	ING. MILTON VALER	PO-009	
ING. M. V. LL.	IND.	AGOSTO 2006	



FAMECT		S.R.L. INGENIERIA Y FABRICACION	
PROYECTO ENCOFRADO METALICO HIDRAULICO			
CAMA PROYECTO TRASVASE OLMOS			
ING. MILTON VALER LLERENA	ING. MILTON VALER	IND.	AGOSTO 2006
ING. M. V. LL.	IND.	AGOSTO 2006	PO-010



FAMECT S.R.L. INGENIERIA Y FABRICACION		
PROYECTO: ENCOFRADO METALICO HIDRAULICO		LÁMINA No.1
OBJETO: PROYECTO TRASVASE OLMOS		PO-011
DISEÑADOR: ING. MILTON VALER LLERENA	REVISOR: ING. MILTON VALER	FECHA: AGOSTO 2006
REVISOR: ING. M. V. LL.	ESCALA: IND.	



FAMECT		S.R.L. INGENIERIA Y FABRICACION	
PROYECTO ENCOFRADO METALICO HIDRAULICO			
CUBA PROYECTO TRASVASE OLMO			
PROYECTO	ING. MILTON VALER LLERENA	DISEÑO CAD	ING. MILTON VALER
REVISOR	ING. M. V. LL.	ESCALA	IND.
		FECHA	AGOSTO 2006
			LABORA No.1 PO-012