

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



**PROYECTO INMOBILIARIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR  
CONJUNTO RESIDENCIAL LOS GORRIONES DE CHORRILLOS  
SISTEMA DE ENCOFRADO TÚNEL  
EN MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**ARTEMIO JOSÉ GAMARRA ROBLES**

**Lima- Perú  
2010**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE CUADROS .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS .....</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I: ANTECEDENTES .....</b>	<b>13</b>
1.1 Ubicación del proyecto.....	13
1.2 Objetivo del proyecto.....	14
1.3 Descripción del proyecto.....	14
1.4 Enfoque del tema a desarrollar.....	17
<b>CAPÍTULO II: ENCOFRADOS METÁLICOS EN EL PAÍS.....</b>	<b>20</b>
2.1 Algunos sistemas de encofrados metálicos empleados en la actualidad... 20	
2.2 Criterios de utilización de cada uno de ellos.....	50
2.3 Ventajas y desventajas de los encofrados descritos.....	54
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE ENCOFRADO METÁLICO TÚNEL.....</b>	<b>62</b>
3.1 Características y dimensiones del sistema de encofrado túnel.....	62
3.2 Equipos y herramientas empleados en el sistema.....	66
3.3 Mantenimiento y protección de los encofrados tipo túnel.....	69
3.4 Ventajas y desventajas del sistema.....	70
<b>CAPÍTULO IV: PLANIFICACIÓN, OPERACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE ENCOFRADO TÚNEL.....</b>	<b>72</b>
4.1 Logística de equipos, materiales y mano de obra.....	72
4.2 Desarrollo del proceso constructivo, tomando en cuenta las actividades de colocación del acero, instalaciones eléctricas sanitarias y el concreto. .	76
4.3 Montaje y desmontaje del sistema de encofrados túnel.....	83
4.4 Determinación de la cuadrilla básica.....	86
4.5 Costos referentes al utilizar el sistema túnel.....	91

<b>CAPÍTULO V: SEGURIDAD EN EL SISTEMA DE ENCOFRADO TÚNEL. ....</b>	<b>95</b>
5.1 Normas de seguridad.....	95
5.2 Identificación de puntos críticos, medidas de seguridad y planes de contingencia.....	106
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>120</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>122</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>127</b>

## RESUMEN

El presente informe corresponde a un proyecto inmobiliario de vivienda multifamiliar, conjunto residencial "LOS GORRIONES DE CHORRILLOS", ubicado al norte del distrito de Chorrillos. El proyecto se desarrollara en un terreno en esquina de 2820.30 m<sup>2</sup>, en una zona que cuenta con los servicios básicos de electricidad, agua potable y desagüe, entre otros.

Este proyecto está compuesto por 5 edificios de 5 pisos con un total de 90 departamentos de 2 a 3 dormitorios, sala comedor, cocina, dos baños y patio-lavandería, con áreas de 75m<sup>2</sup> en promedio, el conjunto contara con un acceso central de lado de la calle Andrómeda, seguido de dos espacios laterales para la circulación, los cuales estarán acompañados de áreas verdes.

Este proyecto esta encaminado a satisfacer la necesidad de vivienda del sector socioeconómico de nivel B y C si fuera posible, por tanto para lograr su desarrollo efectivo se realizará estudios preliminares con información primaria de estudio de mercado dentro y fuera de la zona del proyecto así como estudios básicos de ingeniería, mecánica de suelos, Topografía, factibilidad de servicios y anteproyecto Arquitectónico, para luego desarrollar la etapa definitiva.

El proyecto contempla utilizar el método constructivo de muros de ductilidad limitada, cuya estructura estará fundada sobre una platea de cimentación, solución adoptada debido a resultados de capacidad portante baja para los suelos limo arenosos y limo arcillosos, conseguidos en el terreno del proyecto mediante los estudios de mecánica de suelos.

El método constructivo de muros de ductilidad limitada, es apropiado para programar vaciados monolíticos diarios de parte o el total de la planta de una edificación. La elección de un sistema de encofrado apropiado, compatible con las dimensiones de los ambientes facilitara la programación de ciclos de trabajo diario y repetitivo, buscando de esta manera acelerar el proceso constructivo, reduciendo los tiempos de ejecución de la obra y sus costos lo que ayudaría a mejorar en parte los precios de oferta de los departamentos, frente a la competencia, o en todo caso, mantener los precios según el mercado y

aumentar los márgenes de ganancia. En ambos casos situaciones alentadoras para la inversión.

Existen variados sistemas de encofrado generalmente metálicos, muchos de ellos especializados en muros y otros en losas por separados, así como otros especializados en casos particulares de la ingeniería civil, pero pocos que permitan encofrar muros y losas de una sola vez y poder realizar vaciados monolíticos, mas aun de departamentos completos o de toda una planta de piso. Uno de los sistemas de encofrado que cumple con esta característica es el sistema de encofrado túnel.

Para trabajar con el sistema de encofrado túnel es indispensable haber diseñado la distribución de los ambientes en función de ellos, no es posible adaptar un diseño cualquiera aun siendo de muros de ductilidad limitada y usar como encofrado el sistema túnel.

La idea del presente trabajo es presentar al sistema de encofrado túnel, mostrando sus características, sus ventajas y desventajas y su desempeño en un caso particular, de tal manera que pueda ser una opción para su uso en nuestro medio cuando se desarrolle edificaciones con muros de ductilidad limitada.

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 5.1</b>	Riesgos directos en trabajos con grúas .....	106
<b>Cuadro 5.2</b>	Riesgos directos en trabajos con grúas. ....	107
<b>Cuadro 5.3</b>	Riesgos directos en trabajos con grúas. ....	107
<b>Cuadro 5.4</b>	Riesgos indirectos en trabajos con grúas.....	108

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b>	Fotografía Satelital de la ubicación del Proyecto.....	13
<b>Figura 1.2</b>	Área donde se desarrollará el Proyecto .....	15
<b>Figura 1.3</b>	Planta Típica Proyecto Los Gorriones de Chorrillos .....	16
<b>Figura 1.4</b>	Conjunto Residencial con Muros de Ductilidad Limitada .....	18
<b>Figura 2.1</b>	Vista del Sistema de Encofrado Monolítico FORSA .....	21
<b>Figura 2.2</b>	Las formaletas FORSA son livianas. ....	22
<b>Figura 2.3</b>	Dimensiones de las formaletas FORSA para muros .....	23
<b>Figura 2.4</b>	Dimensiones de las formaletas FORSA para losas.....	24
<b>Figura 2.5</b>	Formaletas FORSA para muros.....	25
<b>Figura 2.6</b>	Formaletas FORSA para Losas de Entrepiso .....	25
<b>Figura 2.7</b>	Formaletas FORSA para Apuntalamiento de Losas .....	26
<b>Figura 2.8</b>	Construcción de viviendas con encofrado FORSA.....	27
<b>Figura 2.9</b>	Solaqueado de muros en EMDL .....	28
<b>Figura 2.10</b>	Rapidez y mejores acabados en EMDL .....	28
<b>Figura 2.11</b>	Unión de paneles mediante grapas ULMA.....	31
<b>Figura 2.12</b>	La Superficie de encofrado ULMA generan buenos acabados.	31
<b>Figura 2.13</b>	Perfil Grapa regulable ULMA .....	32
<b>Figura 2.14</b>	Grapas ULMA accionadas con un solo golpe de martillo .....	32
<b>Figura 2.15</b>	Encofrado modular ORMA-ULMA en diferentes soluciones .....	33
<b>Figura 2.16</b>	Planta de sulfuro primario mina Cerro Verde Arequipa - Perú..	34
<b>Figura 2.17</b>	Encofrado ENKOFLEX estabilizado con puntales EP .....	34
<b>Figura 2.18</b>	Vigas VM y cabezales encofrado ENKOFLEX- ULMA .....	35
<b>Figura 2.19</b>	Losa Nevada encofrado con ENKOFLEX-ULMA .....	35
<b>Figura 2.20</b>	Componentes sistema de encofrado ENCOFLEX-ULMA.....	36
<b>Figura 2.21</b>	Dimensiones de los paneles UNISPAN para muros.....	39
<b>Figura 2.22</b>	Accesorios de Fijación de paneles UNISPAN .....	40
<b>Figura 2.23</b>	Vista de encofrado de muros con paneles UNISPAN.....	41
<b>Figura 2.24</b>	Vista de encofrado de vigas y losa con paneles UNISPAN .....	41
<b>Figura 2.25</b>	Panel de encofrado modular MAXIMO - PERI .....	43
<b>Figura 2.26</b>	Perno de fijación para paneles MAXIMO - PERI .....	44
<b>Figura 2.27</b>	Dispositivo de fijación para paneles MAXIMO - PERI .....	44
<b>Figura 2.28</b>	Vivenda familiar Rettenberg / Allgäu, Alemania .....	45

<b>Figura 2.29</b>	Encofrado de muros con paneles (EFCOLITE®) .....	47
<b>Figura 2.30</b>	Encofrado con vigas primarias (EFCOLITE®) .....	48
<b>Figura 2.31</b>	Proyecto La Cruceta II, Lima – Perú .....	49
<b>Figura 2.32</b>	Encofrado de vigas primarias EFCO .....	49
<b>Figura 3.1</b>	Encofrado del Sistema Túnel tipo “U” invertida .....	65
<b>Figura 3.2</b>	Encofrado del Sistema Medio Túnel tipo “L” invertida .....	65
<b>Figura 3.3</b>	Montacargas y Camión 350 movilizan encofrado Túnel .....	66
<b>Figura 3.4</b>	Grúa de Celosía en plena operación de montaje .....	66
<b>Figura 3.5</b>	Grúa Torre también se utilizan en operación de montaje .....	67
<b>Figura 3.6</b>	Herramientas usadas en el Sistema Túnel.....	67
<b>Figura 3.7</b>	Otras herramientas usadas en el Sistema Túnel.....	68
<b>Figura 3.8</b>	La Barreta herramienta importante en el Encofrado Túnel.....	68
<b>Figura 3.9</b>	Cepillo de esparto y espátula, herramientas de SET.....	69
<b>Figura 4.1</b>	Grúa de Celosía usada en el montaje del SET .....	73
<b>Figura 4.2</b>	Preparación de Losa de Fundación para EMDL.....	77
<b>Figura 4.3</b>	Losa de concreto para EMDL .....	77
<b>Figura 4.4</b>	Losa de Fundación con acero de refuerzo para muros .....	78
<b>Figura 4.5</b>	Instalaciones Sanitarias y Eléctricas en EMDL .....	79
<b>Figura 4.6</b>	Colocación de Encofrados Túnel para EMDL.....	80
<b>Figura 4.7</b>	Encofrado Medio Túnel en niveles superiores .....	80
<b>Figura 4.8</b>	Plataforma de Trabajo en SET en niveles superiores .....	81
<b>Figura 4.9</b>	Colocación de acero de refuerzo en losas del SET.....	81
<b>Figura 4.10</b>	Instalaciones Sanitarias y Eléctricas en losas con el SET .....	82
<b>Figura 4.11</b>	Marcos para vano de puerta, tolva para vaciado de concreto .	83
<b>Figura 4.12</b>	Losas de Fundación listas para el montaje con SET .....	84
<b>Figura 4.13</b>	Etapas del proceso constructivo con el SET .....	84
<b>Figura 4.14</b>	Marcos para vano de puertas y ventanas en EMDL.....	84
<b>Figura 4.15</b>	Planta primer piso de EMDL con SET .....	85
<b>Figura 4.16</b>	Sistema de Encofrado Túnel SET montaje 2do nivel .....	85
<b>Figura 4.17</b>	Plataforma del SET en EMDL .....	86
<b>Figura 4.18</b>	Vista panorámica de EMDL con SET .....	86
<b>Figura 4.19</b>	EMDL en etapa de acabados.....	87
<b>Figura 4.20</b>	Bloques de EMDL en etapa de acabados .....	88
<b>Figura 4.21</b>	Bloques de EMDL terminados y habitados .....	90

<b>Figura 4.22</b>	Losa de Fundación Sistema Encofrado Túnel.....	91
<b>Figura 4.23</b>	Muros y Losa Primer Nivel Sistema Encofrado Túnel.....	92
<b>Figura 4.24</b>	Sistema Encofrado Túnel.....	93
<b>Figura 5.1</b>	Gestos o Señales en operaciones con Grúas .....	103
<b>Figura 5.2</b>	Gestos o señales en operaciones con Grúas.....	104
<b>Figura 5.3</b>	Gestos o señales adicionales en operaciones con Grúas .....	105
<b>Figura 5.4</b>	Dispositivos de seguridad en Grúas.....	110
<b>Figura 5.5</b>	Diagrama de cargas y alcances para Grúa Torre.....	112
<b>Figura 5.6</b>	Prohibido realizar tiro oblicuos .....	114
<b>Figura 5.7</b>	Prohibido arrancar objetos del suelo o paredes .....	115
<b>Figura 5.8</b>	Prohibido pasar las cargas por encima del personal.....	115
<b>Figura 5.9</b>	Prohibido balancear cargas .....	116
<b>Figura 5.10</b>	No trabajar con grúas si el viento impide su correcto dominio	116

## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

<b>SET</b>	Sistema de Encofrado Túnel.
<b>EMDL</b>	Edificio con Muros de Ductilidad Limitada.
<b>FORSA</b>	Nombre de un Sistema de Encofrado Metálico con paneles de aluminio.
<b>ULMA</b>	Nombre de un Sistema de Encofrado Metálico.
<b>UNISPAN</b>	Nombre de un Sistema de Encofrado Metálico.
<b>PERI</b>	Nombre de un Sistema de Encofrado Metálico.
<b>EFCO</b>	Nombre de un Sistema de Encofrado Metálico.
<b>UNE</b>	Unificación de Normas Españolas.
<b>CNE</b>	Código Nacional de Electricidad

## INTRODUCCIÓN

El mercado inmobiliario en nuestro país esta experimentando un crecimiento importante; esto ocurre por la coyuntura económica actual y la implementación de políticas de viviendas desarrolladas desde 1998. El estado y el sector privado comenzaron a incentivar el programa Mi Vivienda con la finalidad de facilitar el acceso a la vivienda propia a los sectores B, C de recursos limitados.

El sector privado participa actualmente con sus significativas inversiones en diferentes distritos de Lima metropolitana y el callao, promueve constantemente sus inversiones donde el crecimiento de vivienda no está saturado y donde existen no solo terrenos para construir sino un mercado de inversiones interesante.

Si la intención es satisfacer las necesidades de vivienda de sectores de limitados recursos, entonces es necesario construir viviendas o conjunto de viviendas edificios multifamiliares, conjuntos residenciales, económicos, al alcance de estos sectores de la población. Para lo cual se necesita desarrollar técnicas constructivas o mejorar las ya existentes, adicionándoles características sismorresistentes compatibles con la sismicidad de la zona donde se ubique el proyecto, que permitan desarrollar proyectos en el menor tiempo posible, reduciendo los costos de operación y haciéndolos mas rentables, con la finalidad de despertar un mayor interés de los inversionistas en el ramo inmobiliario.

Construir viviendas unifamiliares, edificios multifamiliares y conjuntos residenciales, empleando como elementos resistentes a muros de ductilidad limitada es una practica en constante crecimiento en estos días, por que este método constructivo permite emplear procedimientos constructivos del tipo industrializado, y que con la ayuda de sistemas de encofrados metálicos, al alcance en el mercado nacional para ser alquilados o comprados según convenga, se logran reducir sustancialmente los tiempos de ejecución de las obras, trayendo consigo ahorro en los costos de operación, permitiéndole al inversionista mejorar las ofertas a los clientes e incrementar sus ganancias, animándolo a reinvertir en futuras proyectos, contribuyendo de esta manera satisfacer la necesidad de vivienda y a mejorar la actividad económica de país.

El presente estudio, trata de un proyecto de vivienda multifamiliar desarrollado con el sistema constructivo de muros de ductilidad limitada, el cual requiere del uso de un sistema de encofrados apropiados y compatibles con su diseño arquitectónico, para su ejecución rápida y efectiva. Motivo por el cual se presenta el Sistema de Encofrado Túnel, como alternativa de uso para este tipo de edificaciones.

El presente informe consta de cinco capítulos los cuales se desarrollaran de la siguiente forma:

En el Capítulo I se hablara sobre la ubicación del proyecto, sus límites, sobre el área de influencia delimitada por avenidas que la circundan y de los servicios que se ubican dentro de dicha área las que le dan al proyecto un cierto atractivo.

También se hablara sobre los objetivos del proyecto, identificando las diferentes alternativas y de las ventajas y desventajas del mismo.

Así mismo se hará una descripción detallada del proyecto mencionando, sus características arquitectónicas el tipo de edificación a desarrollar, el sistema de abastecimiento de agua y desagüe, el suministro de energía eléctrica, así como el sistema estructural elegido para el diseño.

Finalmente se relacionara el tema individual que se desarrollara a continuación con el tema principal del proyecto, mostrando su importancia y de que forma se puede aplicar en este tipo de proyectos.

En el Capítulo II se hablara sobre algunos sistemas de encofrados metálicos que existen en el país, sus características y criterios utilización, así como de sus ventajas y desventajas.

En el Capítulo III se describe el sistema de encofrado túnel, sus características y dimensiones, los equipos y herramientas que utiliza, como se mantienen y de que forma se protegen, así como de sus ventajas y desventajas de su utilización.

En el Capítulo IV se hablara sobre la planificación, operación y control del sistema de encofrado túnel, sobre la logística con respecto a los equipos, a los

materiales y la mano de obra, necesaria para poder operar con el sistema. Se desarrollan los temas referentes al proceso constructivo tomando en cuenta, la colocación del acero de refuerzo, las instalaciones eléctricas y sanitarias a colocar, así como las características del concreto que se debe usar para este tipo de trabajo.

Finalmente en el Capítulo V, se tratará el tema de la seguridad cuando se opera con este tipo de encofrado, las normas de seguridad a tener en cuenta, identificación de los puntos críticos, las medidas de seguridad a tomar y los planes de contingencia a considerar.

## CAPÍTULO I: ANTECEDENTES.

### 1.1 Ubicación del proyecto.

El proyecto “Conjunto Residencial Los Gorriones de Chorrillos”, se encuentra ubicado al sur de la ciudad de Lima, en la parte norte del distrito de Chorrillos frontera con el distrito de Surco, en las inmediaciones de la pista de aterrizaje de la Fuerza Aérea del Perú, conocido como “Las Palmas”, en una zona de talleres Industriales, viviendas unifamiliares, conjuntos residenciales y comercios varios, todos conviviendo en armonía. El terreno del proyecto es una esquina, limita al norte con la calle Andrómeda, al sur con un terreno vacío sin construir, al este con un taller industrial, y al oeste con la calle los Gorriones, motivo por lo cual toma el proyecto su nombre. El sector de influencia circundante al proyecto podríamos delimitarlo por las avenidas el Sol al norte, la avenida Guardia Peruana al sur, la avenida Guardia Civil al este y la avenida Matellini al oeste. Dentro del sector se ubican centros educativo primarios y secundarios, conjuntos residenciales varios, talleres industriales, zonas de recreación y esparcimiento, centros médicos, proyectos en desarrollo semejantes al que se estudia, iglesias, comercios varios, zonas de comida etc. servicios que le dan al proyecto en estudio un cierto atractivo.



**Figura No 1.1 Fotografía Satelital de la ubicación del Proyecto,**  
**fuentes tomados de Internet**

## 1.2 Objetivo del proyecto.

Presentar un sistema de encofrado metálico poco difundido en el país, como alternativa de uso para la ejecución conjuntos residenciales multifamiliares, diseñados con muros de ductilidad limitada.

- Identificar las diferentes alternativas de encofrados metálicos empleados en el mercado nacional.
- Mostrar el sistema de encofrado metálico tipo túnel; materiales, equipos, accesorios, proceso constructivo, materiales compatibles (concreto con aditivo).
- Mostrar ventajas y desventajas con este sistema de encofrado metálico.
- Establecer pautas de costos con otros sistemas.

## 1.3 Descripción del proyecto.

El proyecto estará ubicado en la Av. Los Gorriones Mz J Lote 9, esquina con la calle Andrómeda, Distrito de Chorrillos, en la zona de "La Campiña.

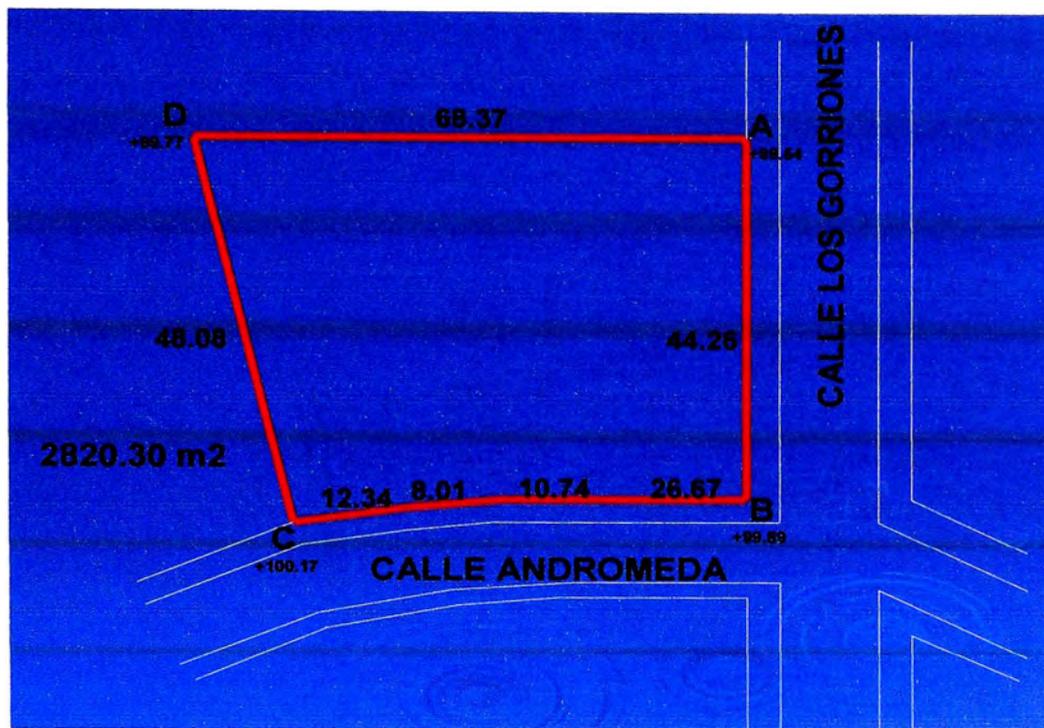
El área donde se desarrollará el proyecto es un cuadrilátero de 2820.30 m<sup>2</sup>, y los lados que lo forman miden al norte 57.76m, al sur 68.37m, al este 48.08m y al oeste 44.26m, según se aprecia en la figura No 1.2

El presente proyecto Conjunto Residencial "Los Gorriones de Chorrillos" consta de 5 edificios multifamiliares de 5 pisos, denominados Bloques I, II, III, IV, V respectivamente, con un total de 90 departamentos, 10 de 63 m<sup>2</sup>, 70 de 75 m<sup>2</sup>, y 10 de 85 m<sup>2</sup>.

Los departamentos constarán de sala comedor, cocina, lavandería, tres dormitorios, como máximo un baño común y un baño privado en el dormitorio principal. En las áreas comunes de los edificios se plantearán las escaleras, cuarto de bombas y cabinas contra incendios.

Se diseñará el proyecto de modo que se tenga dos áreas de estacionamiento con 16 estacionamientos cada uno, lo que representa aproximadamente 1 estacionamiento por cada 3 departamentos, Cumpliendo la exigencia del Certificado de Parámetros Urbanísticos.

El Sistema de Abastecimiento de agua potable, será indirecto y estará conformado por una cisterna de concreto armado abastecida desde la red pública mediante una conexión domiciliar existente de Ø2" de diámetro, su



**Figura No 1.2 Área donde se desarrollará el Proyecto.  
fuente propia.**

capacidad útil es de 106 m<sup>3</sup>, la cual servirá para almacenar la dotación diaria requerida, la cual se impulsará a los servicios mediante la utilización de bombas de presión constante y velocidad variable.

La descarga generada por el conjunto residencial será evacuada por gravedad a través de dos conexiones de desagüe existentes de Ø6, una ubicada en la Av. Los Gorriones y la otra ubicada en la intersección de Av. Los Gorriones con la calle Andrómeda.

El conjunto residencial contará con agua caliente en todos los pisos, las salidas serán para los lavatorios de los baños, duchas, lavadero de ropa y lavadero de cocina.

Con relación al sistema estructural, se plantea una solución donde se establece como elementos resistentes a muros de concreto armado de pequeño espesor con resistencias a la compresión a los 28 días para el concreto de  $f'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a la fluencia para el acero de  $f_y= 4200$  kg/cm<sup>2</sup>, estos muros son los denominados muros de ductilidad limitada con 10cm de dimensión mínima establecida por el anexo complementario a la norma E-060 Art. 2.1 (Normas para el diseño de edificios con muros de ductilidad limitada).



**Figura No 1.3 Planta Típica Proyecto los Gorriones de Chorrillos,  
fuente propia.**

Estos muros estarán conectados entre si por losas aligeradas de 17cm de espesor como losas de piso, diseñadas de acuerdo al artículo 8.11 de la norma E-060, y en la base de la edificación para el caso de un suelo de baja calidad, que es la condición mas desfavorable, se ha previsto una platea de cimentación

con un espesor de 25 cm. En caso se tuviera un suelo de mejor calidad, sería factible una cimentación con cimientos corridos convencionales.

La energía eléctrica requerida será proporcionada por el concesionario Luz del Sur con una tensión de Servicio de 220 Voltios y fase trifásica. Esta energía suministrada se distribuirá para cada departamento de manera independiente y en forma mancomunada para los servicios generales, debiéndose efectuar todos los cálculos, siguiendo los lineamientos del Código Nacional de Electricidad CNE y al Reglamento Nacional de Edificaciones 2009.

Para los sistemas de teléfonos, cable, tv, intercomunicadores, portero y alarmas Contra incendios, se ha previsto una red de conductos y cajas, la misma que será interconectada por los concesionarios respectivos.

#### **1.4 Enfoque del tema a desarrollar.**

El proyecto Los Gorriones de Chorrillos, a sido ideado para ser construido como un edificio con muros de ductilidad limitada (EMDL), metodología constructiva que esta teniendo auge en estos momento, en el país.

Cuando se decide construir edificaciones con muros de ductilidad limitada es porque de ante mano se esta pensado en acelerar el proceso constructivo, por lo que el diseño arquitectónico debe plantear una distribución de los ambientes semejante o igual, para todos los piso de la edificación, de tal manera que, todos los muros mantengan en lo posible una continuidad en el sentido vertical. Esto simplificara notablemente el trabajo, al tener actividades que se repiten de un nivel a otro, lo que permitirá planificar la secuencia de las actividades en ciclos de trabajo diario, empezando en la mañana y terminando en la tarde del mismo día.

Esta forma sistemática, simplificada, y rítmica de trabajar, trae consigo reducción en los tiempos de ejecución de obra, lo que al final se traducirá en una reducción de los costos.

Una de las actividades más representativas e importantes en el desarrollo del proceso constructivo con muros de ductilidad limitada son los encofrados. La elección de unos encofrados con formas bien definidas que garanticen buenos

acabados sencillos de armar y desarmar, de tal manera de quedar listos para el vaciado de concreto dentro de las horas normales de trabajo y poder cumplir con el ciclo diario programado, es trascendental para poder culminar con éxito al final de la obra.

El diseño de la distribución de los ambientes tiene que guardar estricta relación con las dimensiones de las formaletas del encofrado que se elija, de tal manera de que el ensamblaje entre ellas sea perfecto y no halla dudas en el orden ni en la secuencia de montaje, lo que agilizará el proceso y la culminación de la actividad lo mas pronto posible, lo que facilitará cumplir con la programación de un ciclo de actividades por día.



**Figura No 1.4 Conjunto Residencial con Muros de Ductilidad Limitada,  
Pto. La Cruz, Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

El sistema de encofrados túnel, es un sistema de encofrados del tipo industrializado, ideal para los trabajos en edificaciones con muros de ductilidad limitada, cuando los proyectos consideren conjuntos residenciales, redes hoteleras, etc., de varios bloques.

El sistema de encofrado túnel, que se esta presentando, es un sistema de encofrado del tipo industrializado que cumple con todas las características antes

mencionadas y que será de mucha utilidad conocer su bondades, las que se aplicaran a una edificación con muros de ductilidad limitada de 5 pisos con 3 departamentos por piso, de 60m<sup>2</sup> por departamento, semejantes a proyecto los Gorriones de Chorrillos en el fondo pero mas no en la forma, ya que para trabajar con este sistema de encofrados túnel, el diseño arquitectónico tiene que estar hecho en concordancia directa con las dimensiones de los paneles-túnel que se utilizarán.

Cabe destacar que las diferentes opiniones sobre el comportamiento estructural de las edificaciones con muros de ductilidad limitada frente a los sismos es un tema que debe ser tratado y resuelto por los ingenieros civiles expertos en ese campo de la ingeniería civil, en todo caso no es materia de discusión o análisis de este informe.

## **CAPÍTULO II: ENCOFRADOS METÁLICOS EN EL PAÍS.**

### **2.1 Algunos sistemas de encofrados metálicos empleados en la actualidad.**

En el Perú existen actualmente una variedad de empresas dedicadas a las ventas, y en mayor grado al alquiler de encofrados metálicos, todos ellos con características semejantes y con una variada gama de formas dirigidas a satisfacer las necesidades de las diversas ramas de la ingeniería civil, así como de las diferentes técnicas utilizadas para enfrentar una actividad constructiva.

Uno de los elementos del encofrado común a todos los sistemas es la utilización de paneles, también denominado formaletas, generalmente rectangulares de diferentes dimensiones, y que unidas entre si por grapas o pernos sujetadores, adoptaran la forma final de elemento estructural o no, a ser vaciado.

Entre otras las empresas más reconocidas en el medio se tiene:

- Sistema de encofrado FORSA.
- Sistema de encofrado ULMA.
- Sistema de encofrado UNISPAN.
- Sistema de encofrado PERI.
- Sistema de encofrado EFCO.

#### **Sistema de encofrado FORSA.**

FORSA, es una empresa fundada en el año 1995 en Cali, Colombia. Cimentada en la excelencia de su personal, innovación del producto y tecnología en sus procesos. Actualmente somos líderes en América en el diseño y fabricación de moldes para la construcción masiva de vivienda de concreto. Tenemos operaciones en 18 países de América Latina, Europa y África.

FORSA, ha diseñado un sistema constructivo dirigido a la producción masiva de Viviendas en Concreto. El sistema está sustentado en el uso diario de un molde de aluminio que fabrica en un solo evento el 100% la estructura (obra negra) de una vivienda. El molde está integrado por paneles estándar métricos, los cuales se arman en diferentes configuraciones de acuerdo con las especificaciones arquitectónicas de cada proyecto. FORSA es el sistema de encofrados de aluminio más versátil del mercado. La calidad de materiales usados lo hace muy

resistente y liviano, permitiendo una larga vida útil de más de 1500 usos y la posibilidad de operarlo y transportarlo manualmente sin ningún equipo.

Por su diseño y configuración, el sistema, FORSA es la solución que garantiza los vaciados monolíticos de todos los elementos verticales y horizontales, reduciendo a una sola etapa la construcción de la estructura de cualquier edificación, desde casas de uno o más niveles, hasta edificios de más de 20 plantas, sea cual sea su destino final: vivienda, hospitales, hoteles, penitenciarías o bodegas y demás.

Por ser el Sistema FORSA Monolítico, el tiempo de ejecución de la vivienda se reduce considerablemente (menos de la mitad) en comparación con el sistema tradicional, ya que permite vaciar diariamente y en una sola etapa, los muros de fachada, muros internos divisorios, detalles arquitectónicos y las losas de una vivienda.



**Figura No 2.1 Vista Sistema Encofrado Monolítico FORSA,  
fuente catálogo FORSA.**

FORSA, le brinda más productividad a su obra haciéndola más rápida, económica y segura.

El Sistema FORSA, es muy simple en su uso y con muy pocos accesorios. Por lo que el personal que moverá los encofrados requiere un mínimo de entrenamiento y sin necesidad de utilizar grúas.

### **Formaleta en lámina de aluminio.**

Los paneles FORSA, pesan tan solo 22.00 kg por m<sup>2</sup>, haciéndolos manportables en su operación, facilitando la secuencia de armado y desencofrado.



**Figura No 2.2 Las formaletas FORSA son livianas,  
fuente catálogo FORSA.**

La amplia variedad de dimensiones de los paneles estándar, genera mayor adaptabilidad para ser aplicados en distintos tipos de proyectos. Estas dimensiones varían desde 7 hasta 60 cm de ancho y alturas de 210, 240 y 270 cm. De igual manera, FORSA S. A., cuenta con una capacidad manufacturera que le permite fabricar piezas diferentes a las estándar, para ajustarse a las necesidades del proyecto del cliente.

## Formaleta estándar de muros.

### Formaleta Standard de Muros

Los estudios realizados para determinar la dimensión del panel que lograra mejor modulación, mayor adaptación de un proyecto a otro y mejor maniobrabilidad, nos llevaron a definir la dimensión del panel Standard FORSA.

Ancho (cm)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
60												
120	6.84	7.20	7.55	7.91	8.27	10.06	11.02	11.88	13.17	14.03	15.11	Peso (kg)
150	8.55	8.99	9.43	9.87	10.31	12.55	13.60	14.68	16.28	17.36	18.65	
180	10.25	10.78	11.31	11.83	12.36	15.05	16.18	17.47	19.40	20.69	22.19	
210	11.96	12.57	13.18	13.79	14.40	17.54	18.76	20.26	22.51	24.02	25.73	
240	13.67	14.36	15.06	15.75	16.45	20.04	21.34	23.06	25.63	27.34	29.27	

Panel Standard

60 cm de ancho con alturas de 210 y 240 cm.

Las alturas libres se logran combinando los paneles estándar con las diferentes alturas de los complementos y las Unión Muro Losa - UML.

Alturas Libres				
Altura Libre	FM	Complemento	UML	Altura libre Panel
220	210	210	10	220
225	210	210	15	225
230	210	210	20	230
235	210	210	25	235
240	240	240	0.7	240.7
245	240	240	5	245
250	240	240	10	250
255	240	240	15	255
260	240	240	20	260
265	240	240	25	265
270	240	240	0.7	270.7
275	240	240	5	275
280	240	240	10	280
285	240	240	15	285
290	240	240	20	290
295	240	240	25	295
300	240	240	0.7	300.7
305	240	240	5	305
310	240	240	10	310
315	240	240	15	315
320	240	240	20	320

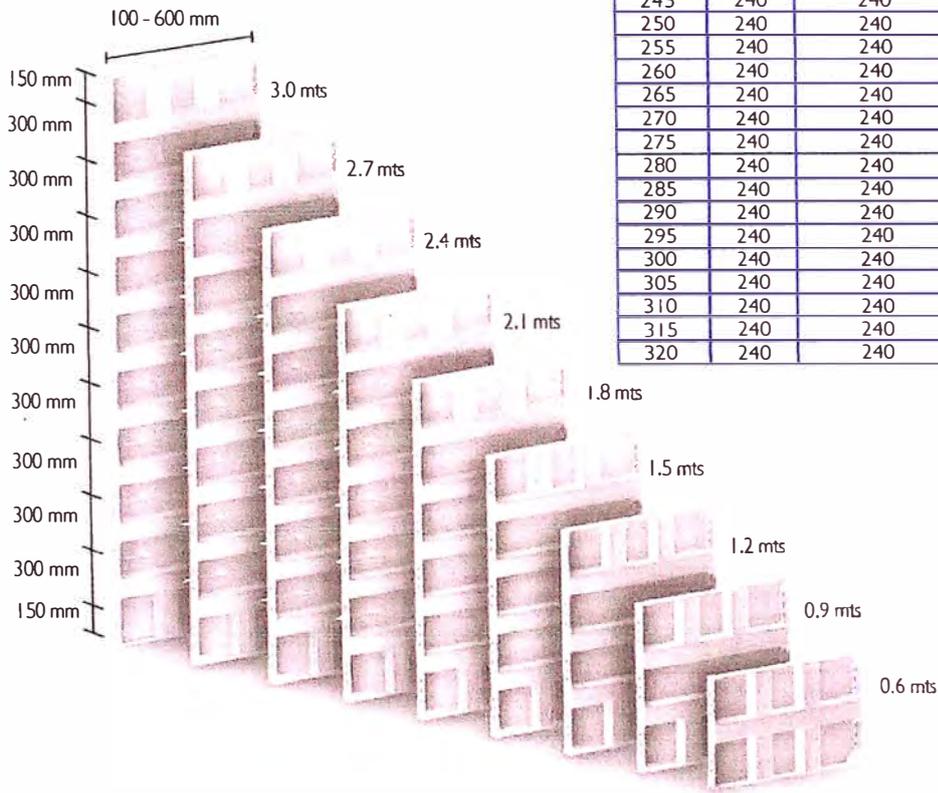
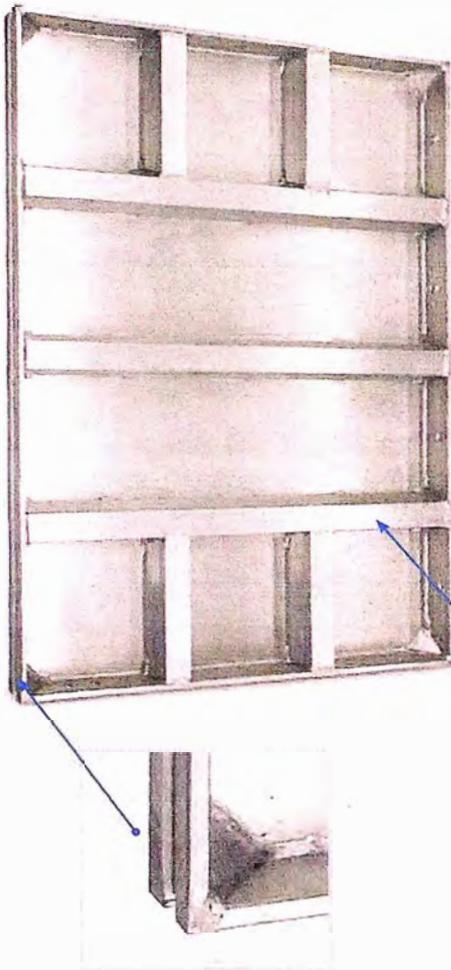


Figura No 2.3 Dimensiones de las Formaletas FORSA para Muros.

Fuente catálogo FORSA.

## Formaletas estándar de losas.

### Formaleta Standard Losas



Las formaletas son fabricadas con lámina de aluminio, de aleaciones 6061 y 6261 temple 6, los cuales se unen machimbrados entre sí, con soldadura de aluminio 5356. Refuerzos transversales de 7.5 cm, que garantizan un mejor comportamiento a la deformación de los paneles en servicio.

El perfil lateral se utiliza ranurado y va perforado para realizar el ensamble de una formaleta de losa con otra. Este perfil ranurado permite la utilización de estos paneles en diferentes posiciones, asegurados con pin grapa al no existir coincidencia entre perforaciones con otra, entre panel y panel.

Se manejan como paneles estandar de 90 x 120. Sin embargo de acuerdo con el diseño requerido se pueden manejar anchos y largos, desde 10 hasta 90, con diferentes combinaciones.

Ancho del riel lateral: 54 mm.  
Cara de contacto de 1/8" de espesor.

La correcta instalación, manipulación y mantenimiento en obra, conforme a las recomendaciones de FORSA®, asegura su vida útil por encima de los 1200 usos.

Altura (mm)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
10	1.43	1.85	2.36	2.78	3.29	3.71	4.13	4.55	5.07	5.49	5.91
20	1.63	2.05	2.69	3.11	3.75	4.17	4.59	5.01	5.65	6.07	6.49
30	1.84	2.26	3.02	3.44	4.21	4.63	5.05	5.47	6.23	6.65	7.07
40	2.65	3.28	4.33	4.97	5.70	6.34	6.98	7.61	8.35	8.98	9.62
50	3.08	3.80	5.05	5.77	6.70	7.42	8.14	8.86	9.80	10.52	11.24
60	3.54	4.35	5.82	6.63	7.79	8.60	9.42	10.23	11.38	12.20	13.01
70	4.94	6.18	8.15	9.39	10.73	11.98	13.22	14.47	15.81	17.05	18.30
80	5.77	7.24	9.56	11.03	12.72	14.19	15.66	17.14	18.83	20.30	21.77
90	5.69	7.05	9.39	10.76	12.47	13.84	15.20	16.57	18.28	19.65	21.02

**Figura No 2.4 Dimensiones de las Formaletas FORSA para Losas, fuente catálogo FORSA.**



**Figura No 2.5 Formaletas FORSA para Muros,  
fuente catálogo FORSA.**



**Figura No 2.6 Formaletas FORSA para Losas de Entrepiso,  
fuente catálogo FORSA.**

## Losas de apuntalamiento.

### Losa de Apuntalamiento

Las dimensiones de este panel son variables de acuerdo a la modulación de la losa. Su función es mantener la losa apuntalada durante y después del vaciado, por este motivo se entregan 3 juegos de estas losas.



### Base para Gato

Accesorio que se utiliza para mantener nivelado el encofrado en el momento del vaciado del concreto (fundición).

Van instalados en la intersección o junta de 3 o 4 paneles de losa. Estos accesorios son removibles en el momento que se realiza el desencofre de la losa.



**Figura No 2.7 Formaletas FORSA para Apuntalamiento de Losas, fuente catálogo FORSA.**

Con el sistema FORSA, los muros y losas quedan listos para aplicar la pasta (3 mm.) directamente sobre la superficie e incluso puede dejarse aparente, ahorrando en los costos de terminación.

El sistema FORSA, permite obras limpias y libres de escombros que le generan al constructor ahorros considerables.



**Figura No 2.8 Construcción de viviendas con encofrado FORSA,  
Obra: Alameda del Norte, Puente de Piedra, Lima-Perú.**



**Figura No 2.9 Solaqueado de muros en EMDL.  
Obra: Alameda del Norte, Puente de Piedra Lima-Perú**



**Figura No 2.10 Rapidez, mejores acabados en EMDL.  
Obra: Alameda del Norte, Puente de Piedra Lima-Perú**

## **Sistema de encofrado ULMA.**

ULMA Construcción es uno de los mayores fabricantes de sistemas de encofrado y andamios del mundo.

ULMA Construcción diseña, produce y comercializa sistemas industrializados de encofrados y andamios para el sector de la construcción y cuenta con una de las mayores plantas productivas de Europa, con procesos totalmente automatizados y robotizados.

ULMA Construcción desde 1961, asegura la aplicación de todos sus productos con la fiabilidad y eficacia para la que han sido diseñados.

Todos los productos de ULMA Construcción están fabricados con materiales de primera calidad, pasan los controles más estrictos y su seguridad es esencial.

Ofrece productos y soluciones con amplio espíritu de servicio, asesoramiento técnico, puesta en obra y servicio postventa. Reconoce los problemas individuales de cada obra y los resuelve con criterios de fiabilidad, calidad, seguridad y economía.

Dentro de los productos que ofrece ULMA se tiene:

- Encofrados verticales.
- Encofrados horizontales.
- Sistemas de obra civil.
- Puntales y cimbras.
- Andamios.

**Encofrados Verticales (Encofrado modular ORMA)**, soluciona la ejecución de cualquier tipo de estructura vertical como muros, pilares, estribos, zapatas tanto en edificación como en obra civil.

ORMA contribuye eficazmente a minimizar costes de mano de obra y tiempos de colocación, aumentando considerablemente los rendimientos.

El sistema está compuesto principalmente por paneles, unidos mediante grapas, dispuestos en conjuntos que constituyen el encofrado.

Además, ORMA dispone de elementos o accesorios que solucionan todo tipo de geometrías de manera eficaz y segura.

Sistema diseñado para soportar grandes presiones de hormigón. Amplia gama de paneles con alturas de 3,3 m; 2,7 m y 1,2 m, siendo el de 3,3 x 2,4 m (7,92 m<sup>2</sup>) el más grande. Panel robusto formado por un marco metálico reforzado en las esquinas. La superficie encófrante de tablero aporta excelentes acabados. Sistema muy versátil gracias a los orificios laterales que permiten encofrar de manera rápida soluciones típicas como cierres de muro, esquinas, pilares, minimizando los trabajos de remates y compensaciones. Unión de paneles mediante grapas accionadas con un solo golpe de martillo para formar grandes conjuntos de izado. Tiene tres funciones básicas: Unir, Alinear, Rigidizar. Elementos de seguridad fácilmente incorporables a los paneles, garantizando siempre un uso seguro del sistema.

Es posible dimensionar conjuntos cada 15 cm longitudinalmente y cada 30 cm verticalmente combinando diferentes paneles

Gama de paneles compatibles con posibilidad de colocarlos en vertical u horizontal.

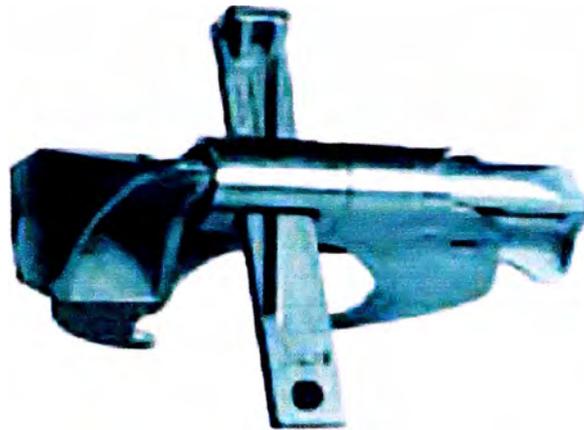
Los paneles son una combinación del metal, para los elementos de la estructura, y un tablero de madera con película fenólica, para el contacto con el hormigón (concreto).



**Figura No 2.11 Unión de paneles mediante grapas ULMA, fuente tomada de Internet.**



**Figura No 2.12 La superficie encofrado ULMA generan buenos acabados, fuente tomada de Internet.**



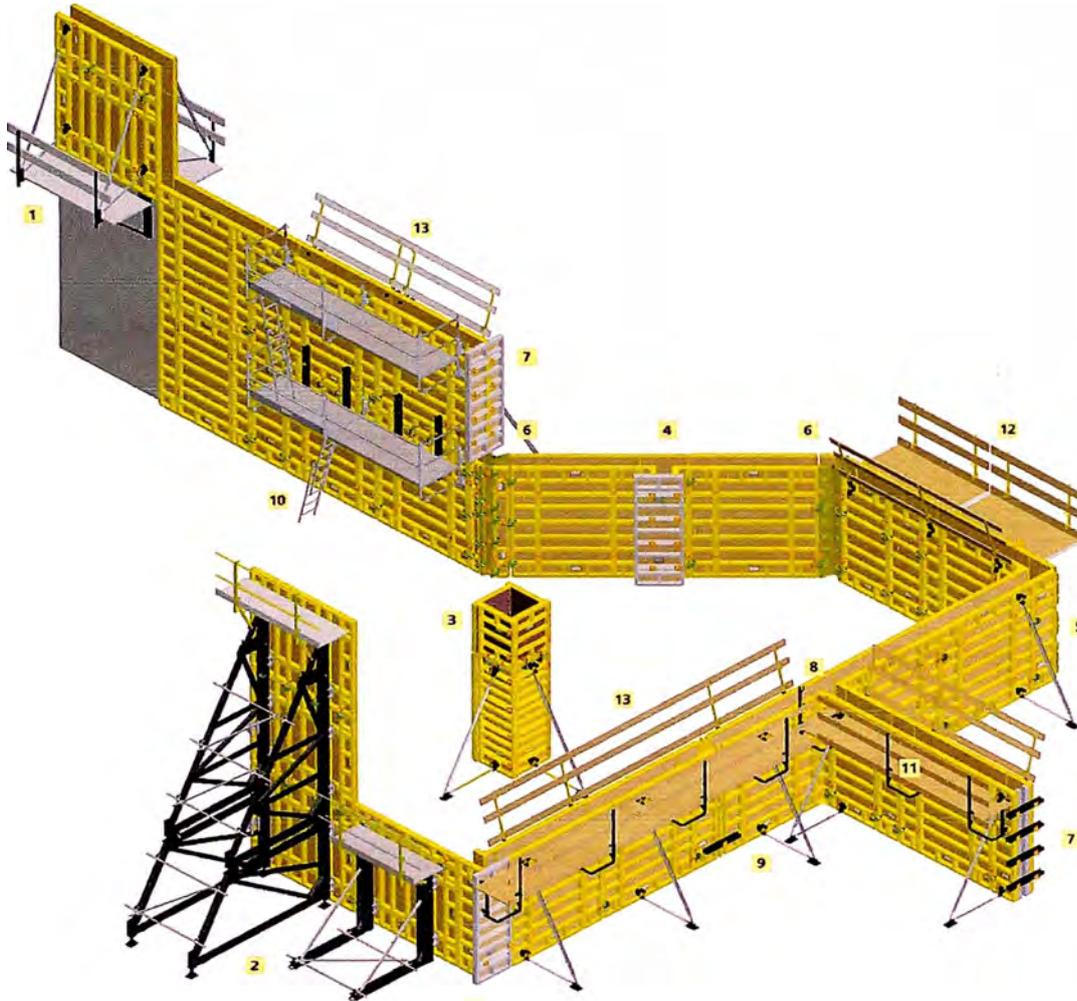
**Figura No 2.13 Perfil Grapa regulable ULMA.**

**fuentes tomados de Internet.**



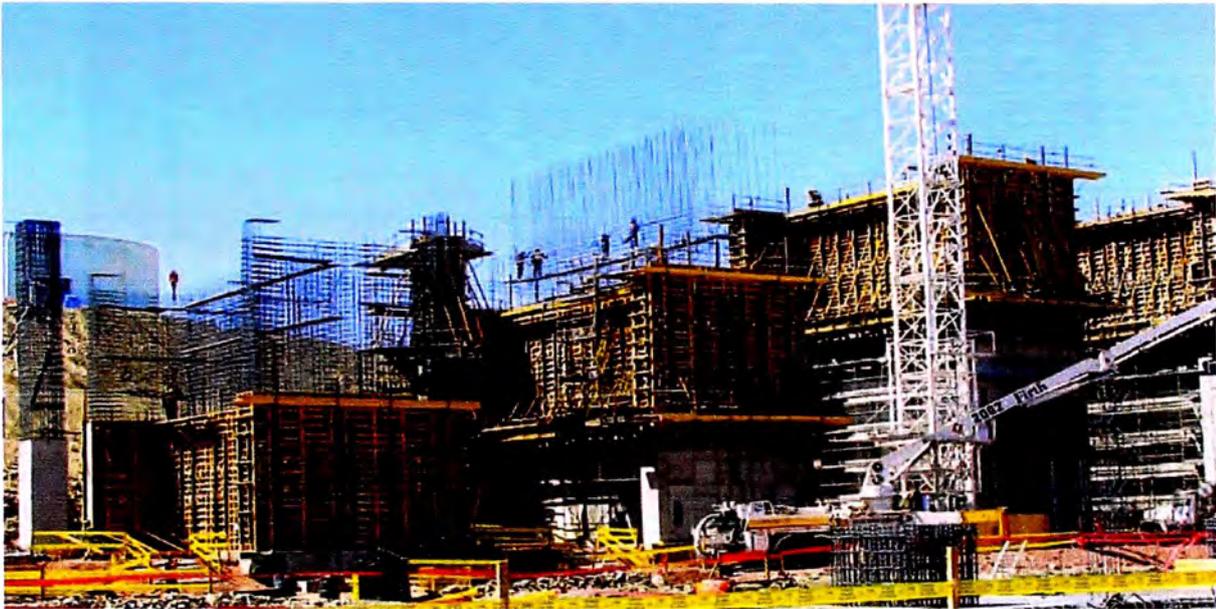
**Figura No 2.14 Grapas ULMA accionadas con un solo golpe de martillo,**

**fuentes tomados de Internet.**



- 1 Sistemas de trepado
- 2 Soportes de encofrado a una cara
- 3 Pilares
- 4 Pilar embebido
- 5 Esquinas a 90°
- 6 Esquinas distintas a 90°
- 7 Cierre de muro
- 8 Encuentros en T
- 9 Compensaciones
- 10 Ménsula ORMA-BRIO
- 11 Ménsula de trabajo
- 12 Plataforma ORMA
- 13 Barandilla frontal

**Figura No 2.15 Encofrado modular ORMA-ULMA en diferentes soluciones.**  
fuente tomada de Internet.



**Figura No 2.16 Planta de Sulfuro Primario, Mina Cerro Verde, Arequipa, Peru, fuente tomada de Internet.**

**Encofrados Horizontales (ENKOFLEX)**, es un sistema de encofrado horizontal concebido para la realización de cualquier forjado, tanto macizo como aligerado. Al estar formado por vigas independientes posee gran versatilidad, permitiendo adaptarse a geometrías irregulares o complementando otros sistemas de encofrado para la realización de remates.



**Figura No 2.17 Encofrado ENKOFLEX, estabilizado con Puntales EP.**

**fuente tomada de Internet.**



**Figura 2.18 Vigas VM y cabezales, encofrado ENKOFLEX-ULMA.**

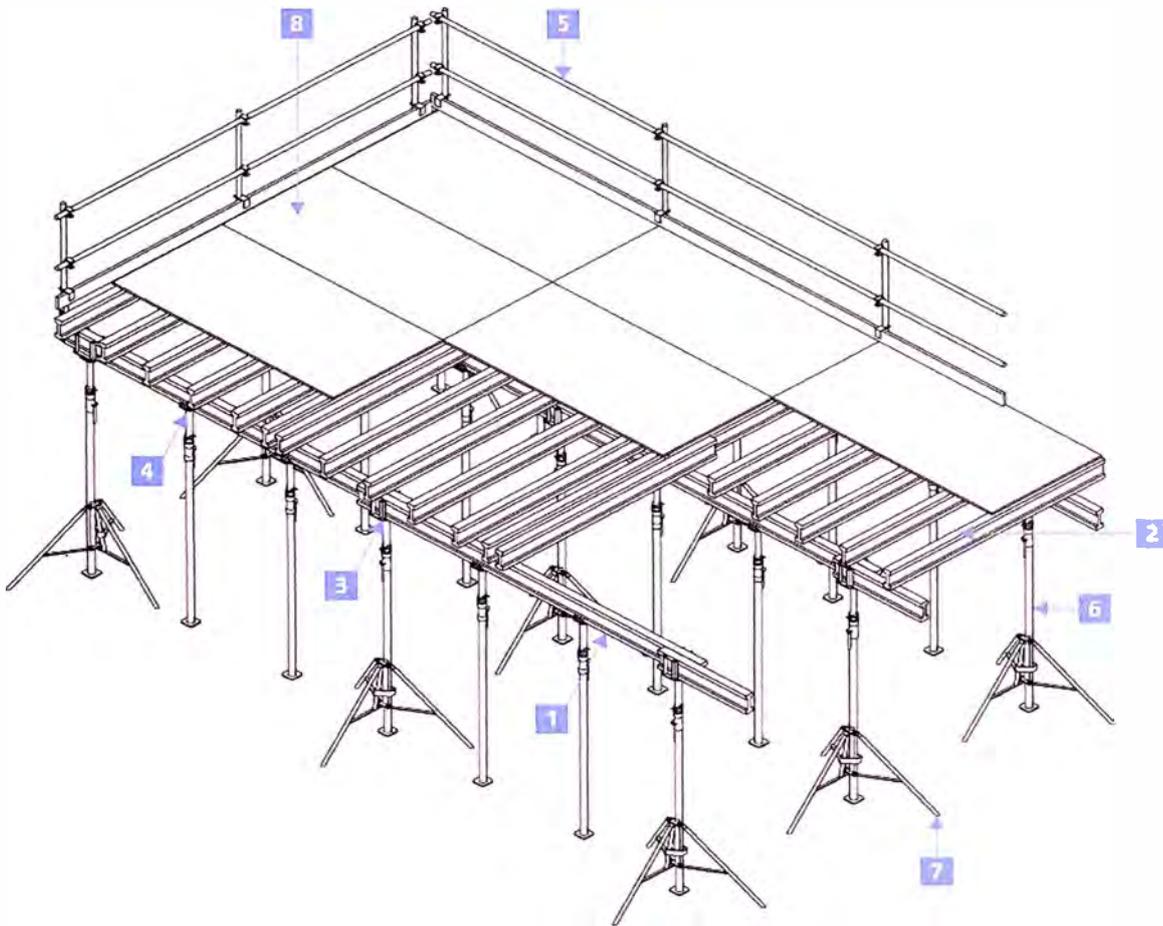
fuelle tomada de Internet.



**Figura 2.19 Losa Aligerada, encofrado con ENKOFLEX- ULMA,**

fuelle tomada de Internet.

- 1 Vigas VM 20 primera tramada
- 2 Vigas VM 20 segunda tramada
- 3 Cabezal doble VR
- 4 Cabezal simple VR
- 5 Barandilla seguridad
- 6 Puntal
- 7 Trípode
- 8 Tablero



**Figura No 2.20 Componentes sistema de encofrado ENKOFLEX-ULMA.**

**fuelle tomada de Internet.**

## **Sistema de encofrado UNISPAN**

UNI-SPAN Perú es una empresa peruana que se establece en el año 1997 con el propósito de atender las necesidades crecientes del sector construcción y cuya actividad es el servicio de ingeniería de encofrados y andamios metálicos para la construcción.

Su casa matriz, ubicada en Johannesburgo, Sudáfrica, lleva años de experiencia en el diseño, desarrollo y fabricación de sistemas de encofrados y provee de sistemas a diversos países alrededor del mundo.

UNI-SPAN ofrece sus sistemas de encofrados metálicos en alquiler y venta para la construcción de toda obra que considere estructuras de concreto vaciado in situ, ya sea de edificaciones tales como viviendas, edificios, centros comerciales, centros educativos, hospitales, playas de estacionamiento, etc. y obras civiles tales como canales, túneles, puentes, reservorios, plantas de tratamiento de agua, plantas industriales, etc.

UNI-SPAN brinda además el soporte técnico necesario para el desarrollo de los proyectos, desde la etapa de estudio hasta la culminación de la construcción, con el cual asegura el éxito de los mismos.

Cuenta con un stock de más de 20,000 metros cuadrados de encofrados y la infraestructura necesaria para atender de manera inmediata los requerimientos de sus clientes.

El sistema de paneles livianos UNI-SPAN ha sido diseñado especialmente para su uso en proyectos de vivienda.

El peso reducido del sistema (31kg/m<sup>2</sup>) y la menor cantidad de elementos, permiten lograr una alta productividad y una importante economía en los costos de mano de obra.

UNI-SPAN ofrece los siguientes productos:

### **Encofrados para estructuras verticales:**

- Encofrado para columnas.
- Encofrado para columnas circulares.
- Encofrado para muros (placas).
- Encofrado para muros contra terreno (una cara)
- Encofrados para muros curvos (unifrex).

### **Encofrados para estructuras horizontales:**

- Encofrado de losa.
- Encofrado de viga.
- Encofrado de friso de losa.
- Encofrado de losas nervadas.

### **Andamios.**

### **Encofrado industrializado para vivienda:**

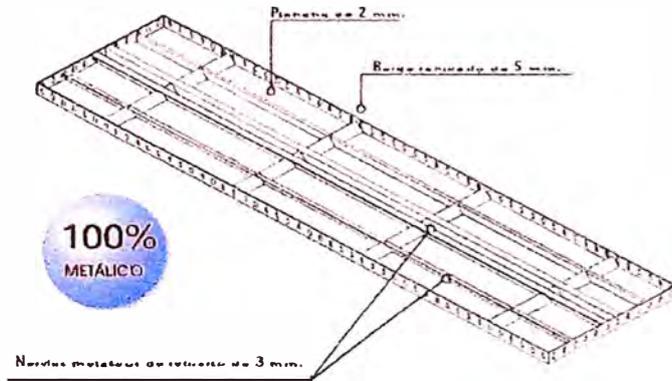
- Sistema de paneles livianos para muros.
- Sistema de vigas extensibles para losas.
- Sistema de trípode Uni-Span.

### **Encofrados para obras civiles:**

- Encofrados para muros Uni-Gangform.
- Encofrado para canales.
- Encofrado para túneles.
- Encofrado para puentes.

**Paneles UNI-SPAN.**

**SISTEMA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS**



**ENCOFRADO LIVIANO PARA MUROS**

- Menor peso (31kg/m<sup>2</sup>)
- Mayor resistencia (75kN/m<sup>2</sup>)
- Menores montajes
- 30% de ahorro en mano de obra
- No emplea elementos consumibles
- Muy versátil

El sistema de paneles livianos Uni-Span ha sido diseñado especialmente para su uso en proyectos de vivienda. El peso reducido del sistema (31kg/m<sup>2</sup>) y la menor cantidad de elementos, permiten lograr una alta productividad y una importante economía en los costos de mano de obra. La calidad de las superficies vaciadas se mantiene gracias a que los paneles conservan las mismas propiedades mecánicas del sistema de paneles E/F, que soportan una presión de vaciado de 75kN/m<sup>2</sup>, superior a los 60kN/m<sup>2</sup> que se alcanza en placas de 2.40m de altura.



TAMANO (mm)											
Largo	Ancho										
2400	x	1200	x	900	x	800	x	700	x	600	x
600		600		600		600		600		600	
2400	x	1200	x	900	x	800	x	700	x	600	x
550		550		550		550		550		550	
2400	x	1200	x	900	x	800	x	700	x	600	x
500		500		500		500		500		500	
2400	x	1200	x	900	x	800	x	700	x	600	x
450		450		450		450		450		450	
2400	x	1200	x	900	x	800	x	700	x	600	x
400		400		400		400		400		400	
2400	x	1200	x	900	x	800	x	700	x	600	x
350		350		350		350		350		350	
2400	x	1200	x	900	x	800	x	700	x	600	x
300		300		300		300		300		300	
2400	x	1200	x	900	x	800	x	700	x	600	x
250		250		250		250		250		250	
2400	x	1200	x	900	x	800	x	700	x	600	x
200		200		200		200		200		200	
2400	x	1200	x	900	x	800	x	700	x	600	x
150		150		150		150		150		150	
2400	x	1200	x	900	x	800	x	700	x	600	x
125		125		125		125		125		125	
2400	x	1200	x	900	x	800	x	700	x	600	x
100		100		100		100		100		100	

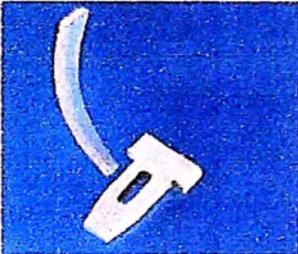
**Uni-Span**

**Figura No 2.21 Dimensiones de los paneles UNI-SPAN para muros, fuente tomada de Internet.**

## Accesorios de fijación de paneles.

### COMPONENTES UNI-SPAN

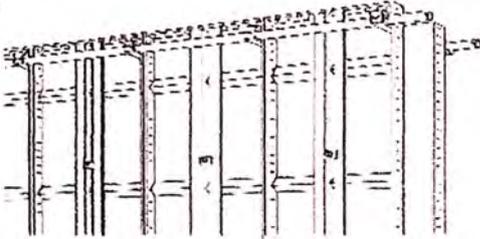
#### CUÑAS Y GRAMPAS

Juego de Cuña	Grampa B	Grampa C
PESO 0,15 kg	PESO 0,82 kg	PESO 1,06 kg
		
Conecta fácilmente un panel con otro. Se usan 4 unidades por m <sup>2</sup> de encofrado.	Conecta rápidamente el tubo alineador al panel. Se usan 1,53 unidades por m <sup>2</sup> de encofrado.	Conecta rápidamente el canal alineador al panel. Se usan 1,53 unidades por m <sup>2</sup> de encofrado.

#### ALINEADORES UNI-SPAN

Tubo Alineador

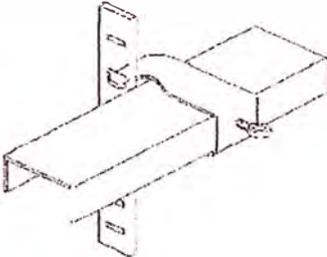
LARGO	6.000 mm
PESO	22,32 kg



\* Tubo Alineador de 48 mm de diámetro. Se usan 0,14 unidades por m<sup>2</sup> de encofrado.

Canal Alineador

LARGO	6.000 mm
PESO	63,3 kg



\* Canal laminado de 100 mm x 50 mm. Se usan 0,14 unidades por m<sup>2</sup> de encofrado. Recomendamos su uso cuando se mueve un conjunto de paneles con grúa.

**Uni-Span**

**Figura No 2.22 Accesorios de fijación de paneles UNI-SPAN, fuente tomada de Internet.**



**Figura No 2.23 Vista encofrado de muros con paneles UNI-SPAN,  
fuente tomada de Internet.**



**Figura No 2.24 Vista del encofrado de vigas y losa con paneles UNI-SPAN.  
fuente tomada de Internet.**

## **Sistema de encofrado PERI**

PERI en Perú, se ha consolidado en el mercado como una alternativa sólida de servicio de ingeniería de encofrados y andamios para empresas constructoras.

Ofrece todo tipo de soluciones de encofrado y andamio para proyectos de edificación, obra civil, obra industrial y minería.

Todos los sistemas están diseñados y calculados según la EURONORMA, proporcionando una seguridad máxima en las operaciones de encofrado.

Además, se dispone de un gran parque de encofrado para alquiler, lo cual nos permite tener siempre disponibilidad de material para nuestros clientes.

Además de su centro de producción en la sede de Weibenhorn, PERI es principalmente prestadora de servicios de proyectos de encofrado y de alquiler de equipos de encofrado y andamios. Abastecemos 70 mercados nacionales en todo el mundo con 47 subsidiarias y más de 100 importantes sedes logísticas.

Las diferentes sociedades de PERI ofrecen un servicio directo al cliente, con ingeniería, equipos de alquiler en depósitos grandes, así como servicio de limpieza y reparaciones.

Desde hace casi 40 años, PERI es considerada como un socio competente entre las empresas de la construcción gracias a sus aplicaciones en encofrados y andamios. Con 47 filiales y 100 centros logísticos funcionando con efectividad, damos servicio a más de 65 mercados nacionales en todo el mundo y estamos muy familiarizados con las necesidades de nuestros clientes. Procuramos ofrecer la mejor solución para cada uno de sus proyectos de construcción.

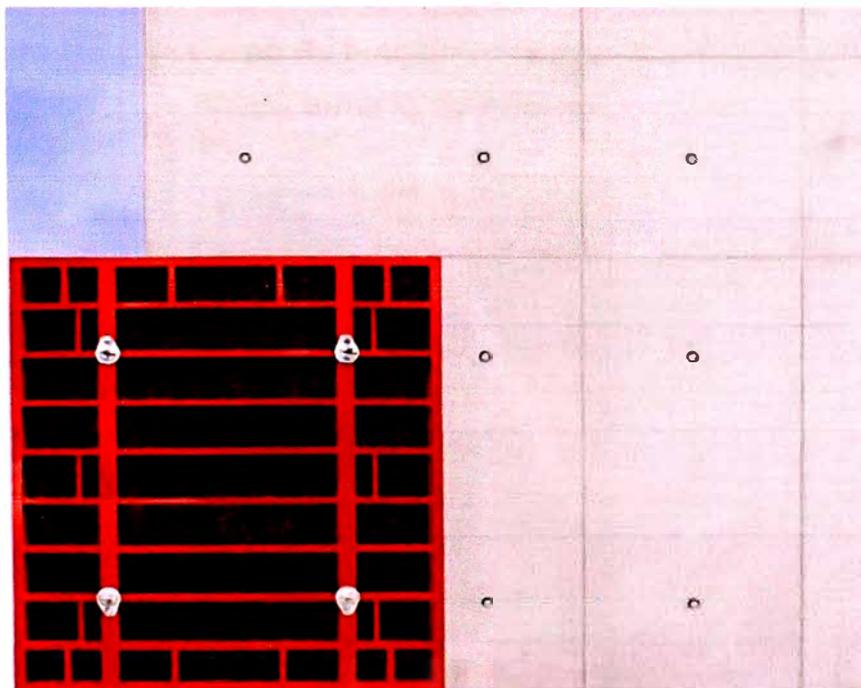
Procesos de producción eficientes, ensayos muy estrictos de instituciones oficiales y la habilidad de nuestros colaboradores excelentemente formados permiten lograr elevados estándares de calidad de los sistemas de acero, madera y aluminio.

### Productos que ofrece PERI:

- Vigas de Encofrado.
- Encofrados para muros.
- Encofrados para pilares y columnas.
- Encofrados para losas.
- Sistemas trepantes.
- Cimbras y torres de carga.
- Andamios, plataformas de trabajo, escaleras.
- Encofrados para puentes y túneles.
- Accesorios independientes de los sistemas.
- Servicios.

### Encofrado para muros (Encofrado modular MAXIMO).

El encofrado modular MAXIMO minimiza interferencias en la vista del hormigón permitiendo obtener una trama ordenada de juntas y anclajes.



**Figura No 2.25 Panel de encofrado modular MAXIMO-PERI,  
fuente tomada de Internet.**

Por medio de un nuevo sistema de anclajes cónicos el sistema de encofrado para muros no requiere tubos distanciadores y sólo se maneja desde un lado. Así se reduce mucho el trabajo y se ahorra tiempo y recursos.



**Figura No 2.26 Perno de fijación para paneles MAXIMO-PERI,  
fuente tomada de Internet.**



**Figura No 2.27 Dispositivo de fijación para Paneles MAXIMO-PERI.  
fuente tomada de Internet.**

Además de las ventajas de un encofrado modular en cuanto a la flexibilidad y al tiempo de encofrado rápido MAXIMO abre nuevas posibilidades de diseñar las superficies de hormigón visto, ubicando elementos en posiciones determinadas. La trama uniforme de los puntos de anclaje destaca aún más el resultado obtenido.



**Figura No 2.28 Vivienda familiar Rettenberg / Allgäu, Alemania.  
fuente tomada de Internet.**

## **Sistema de encofrado EFCO.**

Durante décadas, EFCO ha entregado a los clientes el Mejor Valor y el Costo Más Bajo de Concreto Vaciado en Obra, gracias a la visión y pasión de su fundador, W.A. Jennings.

Teniendo esa fuerte ideología central, EFCO creció internacionalmente. Contando con plantas en los Estados Unidos, Canadá y Venezuela, y oficinas de ventas en casi todo el mundo, somos el sistema de encofrado preferido.

El objetivo de EFCO es brindar productos y servicios a la industria de la construcción para lograr encofrados de concreto y sistemas de apuntalamiento eficientes.

EFCO ofrece una gran variedad de productos de encofrado y apuntalamiento para satisfacer todas las necesidades de los contratistas en la construcción de concreto:

- Encofrado Manual
- Encofrado de Muro Ensamblado
- Encofrado Curvo
- Encofrado de Columna
- Encofrado con Sistema Trepante
- Encofrado con Sistema Auto Trepante
- Encofrado Auto-Portante
- Encofrado de Losa y Apuntalamiento
- Encofrado de Estacionamiento
- Encofrado de Alcantarilla en Cajón

- Productos de Soporte para Construcción.

**Encofrado Manual (HAND-E-FORM®).**

Más de 50 medidas de Paneles.

Imperial o Métrico

Totalmente de Acero con Caras de Acero

Esquinas totalmente de Acero

Sistema Modular Completo con Tensores, Arriostramiento y Plataformas de Acceso

Disponible para Alquilar o Comprar



**Figura No 2.29 Encofrado de Muros con paneles (EFCO LITE®).**

**fuelle tomada de Internet.**

## **Encofrado de Losa y Apuntalamiento (Pro 4 ®).**

Postes de Apuntalamiento de Aluminio Liviano

Compatible con todos los Componentes E-Z DECK®

Gatos Totalmente de Acero

Sistema Modular Completo (Se requiere que el Cliente coloque el Terciado)

Mesas Armadas Manualmente o colocadas con Grúa

Disponible para Alquilar o Comprar



**Figura No 2.30 Encofrado con vigas primarias (EFCO LITE®).**

**fuelle tomada de Internet.**

### Encofrado con vigas primarias, EZ-BEAM®.

- Vigas de Apuntalamiento Primarias Totalmente de Acero
- Imperial o Métrico
- Compatible con todos los productos de apuntalamiento EFCO
- Disponible para Alquilar o Comprar



**Figura No 2.31 Proyecto La Cruceta II, Lima-Perú.**

**fuelle tomada de Internet.**



**Figura No 2.32 Encofrado con vigas primarias EFCO.**

**fuelle tomada de Internet.**

## 2.2 Criterios de utilización de cada uno de ellos.

### Criterios generales para todos los sistemas:

- Cuando se construya con este tipo de encofrados y de manera industrializada, lo primero que debe solucionarse es la disponibilidad de un concreto idóneo para el tipo de vivienda a construir. Esto es que para los espesores de muros y losas que se tengan, existirán características mínimas deseables en el concreto; normalmente se debe procurar un balance entre la fluidez (asentamiento o slump) y el tamaño máximo del agregado grueso. Idealmente la adecuada trabajabilidad del concreto se logra con asentamientos entre 7.5 a 9 pulgadas (18 a 22 cms) y tamaños máximos de piedra entre 1/2" y 3/4" (diámetros aproximados de la piedra).

- El proyecto debe estar totalmente definido en todas sus especialidades, de tal manera de no aceptar ningún tipo de modificaciones posteriores cuando se tenga lista la estructura de concreto. Los espesores tan reducidos de los muros no aceptan repicados o modificaciones que afecten la sección de los muros sin comprometer seriamente su comportamiento estructural.

- Se debe tener en cuenta que al ser los muros portantes de carga, no se deben intervenir para reubicar o realizar nuevas instalaciones eléctricas, sanitarias o otras.

- Es conveniente adicionar mejoradores integrales en los morteros y concretos que se usen para rellenar, resanar algún orificio, corrección o reparación superficial del concreto. Así mejoraremos su comportamiento mecánico, resistencia, impermeabilidad y durabilidad. Los más usuales son líquidos que se mezclan con el agua de amasado, de fácil dosificación y manejo.

- Es muy importante no tomar a la ligera el desmoldante (desencofrante) a utilizar en el proyecto; en muchas ocasiones obedece tan solo a una decisión basada en el costo del mismo. Hay 3 factores que no se pueden desconocer al momento de inclinarse por un producto:

Primero, que su aplicación en vertical no genere escurrimiento excesivo y que el líquido permanezca en la cara de contacto desde su aplicación, hasta el momento del vaciado (colado).

Segundo, la relación costo/beneficio, siendo muy importante corroborar los rendimientos propuestos por la ficha técnica del fabricante y hacer las correcciones del caso para el uso propio del proyecto.

Tercero, El producto debe resistir la intemperie a la que será sometido, esto incluye cambios drásticos de temperatura ambiente (y del molde), lluvias e inclusive la posibilidad de realizar el vaciado 24 horas después de haberse aplicado, debido a algún inconveniente que pueda tener el proveedor del concreto (hormigón) que obligue a no vaciar el mismo día del armado del molde.

- Crear personal capacitado para manipular el sistema escogido de una manera idónea basada en fundamentos claros.
- Reconocer las distintas técnicas, materiales y procesos a usar en el sistema.
- Ampliar el conocimiento de las diferentes variables del manejo del sistema.
- Aumentar el rendimiento de los procesos constructivos basados en el conocimiento claro y detallado de los mismos.
- Es importante revisar y proteger y aislar bien las instalaciones que quedaran embebidas en muro y losas, para que durante el vaciado de concreto no resulten dañadas o rellenos de concreto.

### **Criterios particulares**

FORSA. El sistema de encofrado FORSA, es usado generalmente en la construcción de edificaciones con muros de ductilidad limitada, para utilizar dichos encofrados en la ejecución de las obras es recomendable hacer contacto con los asesores de dicha empresa a fin de tener una idea clara de las características del encofrado y de su modulación y ver de que manera se adaptan al proyecto; lo lógico sería desarrollar el proyecto en función al sistema de encofrado y así lograr un ensamblaje perfecto.

El Sistema FORSA para lograr un buen empalme de un piso a otro, utiliza un ángulo especial de aluminio, con sección ranurada, que permite su fijación

efectiva a través del pin grapa a la base de los paneles de fachada quedando posicionados correctamente con el muro ya fundido del piso inferior.

El buen uso de este ángulo ranurado genera fachadas homogéneas con óptima verticalidad y precisión dimensional.

ULMA. Este sistema de encofrado tiene un variedad de encofrados, diseñados particularmente según la característica de la obra de ingeniería civil que se tenga. Entonces es importante consultar que tipo de los encofrados ULMA es más apropiado usar para la situación ingenieril planteada en el proyecto.

Para el caso de edificaciones ULMA presenta dos tipos de encofrados verticales para muros, como ORMA y COMAIN, y el Sistema Trepante, entre los mas adecuados para este tipo de estructura, y entre los encofrados horizontales presenta, el CC-4 y el ENKOFLEX entre otros.

UNISPAN. El sistema de encofrado UNISPAN, también ha desarrollado varios tipos de encofrados con características diferentes, dependiendo del tipo de estructura a ejecutar. La más utilizada para edificaciones es el Sistema de Paneles Livianos para Muros (Encofrado Vertical), y el Sistema de Vigas Extensibles para losas (Encofrado Horizontal).

PERI, es una empresa también a nivel mundial, que a desarrollado toda una tecnología, para la fabricación de encofrados según el tipo de estructura de ingeniería civil, así se tiene los encofrados verticales MAXIMO, y DOMINO cuando se trata de muros, y para las losas (encofrados horizontales) se tiene el SKYDECK que es un encofrado para losa con paneles de aluminio, y el MULTIFLEX un encofrado para losa con vigas.

EFCO. Ofrece una gran variedad de productos de encofrado y apuntalamiento para satisfacer todas las necesidades de los contratistas en la construcción de estructuras de concreto, para el caso de edificaciones se tiene encofrado para muros (EFCO-LITE, E-BEAM, HAND-E-FORM, entre otros), encofrados para losas y apuntalamiento (E-Z-DECK, EFCO-DECK, entre otros), y sistemas

trepanes y autotrepantes. Así mismo fabrican el Sistema de Encofrados Túnel completo del cual se hablara mas adelante.

## **2.3 Ventajas y desventajas de los encofrados descritos.**

### **Sistema de encofrados FORSA**

#### **Ventajas:**

- La construcción en concreto usando el Sistema FORSA es capaz de lograr avances ordenados, progresivos, rápidos y con calidad. Manteniendo la obra más limpia y los inventarios más equilibrados y fáciles de controlar.
- Usando el Sistema FORSA el tiempo de ejecución de la vivienda se reduce considerablemente (menos de la mitad) en comparación con el sistema tradicional.
- El Sistema Forsa, al ser fabricado en aluminio son más livianos y fáciles de manipularlos.

#### **Desventajas:**

- necesariamente se necesita de un personal capacitado conocedor de las partes y de el sistema de ensamble de las formaletas a fin de usarlos óptimamente.
- No puede usarse en combinación con otro sistema de encofrado semejante, ya que el sistema de conexión entre formaletas son particulares para cada sistema.
- Su uso esta destinado al rubro inmobiliario básicamente, específicamente a la construcción de edificaciones, para vivienda hotelería, y similares.
- las formaletas deben usarse con mucho cuidado, no se deben lanzar, ni rayar, de tal manera de mantener sus formas bien definidas garantizar siempre un buen acabado.

## **Sistema de encofrado ULMA**

### **Ventajas: Encofrado ORMA-ULMA**

- Amplia gama de paneles con alturas de 3,3 m; 2,7 m y 1,2 m, siendo el de 3,3 x 2,4 m (7,92 m<sup>2</sup>) el más grande.
- Panel robusto formado por un marco metálico reforzado en las esquinas.
- La superficie encofrante (en contacto con el concreto) de tablero aporta excelentes acabados.
- Sistema muy versátil gracias a los orificios laterales que permiten encofrar de manera rápida soluciones típicas como cierres de muro, esquinas, pilares... minimizando los trabajos de remates y compensaciones.
- Unión de paneles mediante grapas accionadas con un solo golpe de martillo para formar grandes conjuntos de izado. Tiene tres funciones básicas: Unir, Alinear y Rigidizar.
- Elementos de seguridad fácilmente incorporables a los paneles, garantizando siempre un uso seguro del sistema.

### **Ventajas: Encofrado Enkoflex**

- Sistema de encofrado sencillo y fácil de montar.
- Pocos elementos para la realización del encofrado. Está formado por vigas de madera, cabezales, tablero y sistema de apeo (sujeción).
- Cumple cualquier requisito de acabado de hormigón (concreto) al poder seleccionar diferentes tipos de tablero y colocarlos sin espacios entre ellos, evitando pérdidas de lechada.
- Gran versatilidad para abarcar diferentes tipos de losa y alturas en función de la configuración del entramado de vigas y del apeo (sujeción) utilizado.
- Posibilidad de apear (apuntalamiento) mediante puntal o cimbra (andamio) en función de la altura a alcanzar.

- Vigas VM 20 de madera, con cantos protegidos con tapas de plástico, preservándolas frente a golpes y humedad.

**Desventajas:**

- Es necesario conocer las cualidades del encofrado, la técnica de su acoplamiento entre paneles o formaletas, para lo cual requiere adiestrar al personal obrero.

- Dentro del sistema de encofrado hay uno en particular para cada situación que se presente en el amplio campo de la ingeniería civil, por que es necesario que el personal obrero y técnico este familiarizado con cada uno de ellos a pesar de ser compatibles.

- NO es compatible con otro encofrado que no sea el de Ulma.

- A pesar de ser un encofrado liviano para paneles grandes se debe usar elevadores para paneles grandes y traslados en altura.

- Costos elevados de alquiler y venta.

## **Sistema de encofrado UNISPAN**

### **Ventajas:**

El sistema de encofrados y andamios metálicos Unispan se caracterizan por su simplicidad, economía y versatilidad, que son resultados de estudios extensivos en el campo de la ingeniería civil y mecánica. La cantidad reducida de componentes y los altos rendimientos de montaje y desmontaje lo hacen el sistema más efectivo del medio.

Entre otras se puede mencionar las siguientes ventajas en términos de:

- Servicio. Nos especializamos en brindar a nuestros clientes el servicio que requieren, asesorándolos y apoyándolos técnica, logística y profesionalmente, enfocando el negocio a sus necesidades.
- Alta productividad. Nuestros equipos se caracterizan por ser simples y por poseer pocos elementos y accesorio, cualidades que permiten una alta productividad de armado.
- Economía para el proyecto. Nuestros sistemas permiten un ahorro significativo en los costos de mano de obra, materiales, acabados, y otros ahorros indirectos por la reducción en los tiempos de ejecución de la obra.
- Calidad en los acabados. El sistema sufre mínimas deflexiones de trabajo debido a que están diseñados para soportar presiones y cargas de vaciado durante el proceso constructivo.

Capacidad de servicio. Se dispone de mas de 20,000 m<sup>2</sup> de encofrados y mas de 800 toneladas de andamios, que permiten una alta capacidad de respuesta a las solicitudes de los clientes.

### **Desventajas:**

- Generalmente los carpinteros son los asumen la función de montadores por lo cual deben cambiar los clavos por dispositivos de sujeción y la madera por el metal, por lo que es siempre necesario adiestrarlos con el sistema sus medidas, sus pesos y su técnicas de acoplamiento, por mas simple que este sea.

- Es posible que durante el procedimiento de encofrado y desencofrado, las piezas que se usan para sujetar los paneles unos con otros, se pierdan y deben de ser reemplazados por otros, no se puede usar otro dispositivo por mas que se le parezca.

## **Sistema de encofrado PERI.**

### **Ventajas: Encofrado modular Máximo.**

- Punto de anclaje centrado. El sistema del punto de anclaje centrado requiere que todos los puntos de anclaje se utilicen. Así se evitan errores, por ejemplo no hace falta tapar puntos de anclaje no utilizados. Los puntos de anclaje tapados son parte del pasado.
- Anclaje accesible desde un lado. El anclaje especial no sólo permite ahorrar el operario del otro lado, sino que tampoco se requieren los distanciadores tradicionales.
- Trama ordenada de juntas y anclajes. Además de la flexibilidad de un encofrado modular PERI MAXIMO abre la posibilidad de diseñar las superficies de hormigón visto ubicando adecuadamente los distintos elementos. La trama uniforme de los anclajes destaca aún más el resultado obtenido.
- Encofrados reutilizable y reparable, la estructura metálica se mantiene y se cambia la tapa de madera con cubierta fenólica.

### **Desventajas:**

- Como todos los sistemas de encofrados, cada uno usa una técnica aunque parecida pero diferente entre ellas, lo que requiere siempre de una preparación de su personal obrero o técnico.
- Debe tenerse especial cuidado con los accesorios de sujeción, por si se perdieran no pueden ser remplazados con otros, si no por los del mismo sistema pudiendo resultar caro.
- Así como los demás sistemas la distribución arquitectónica de los ambientes tiene que guardar relación con las medidas de los paneles y sus múltiplos.

## **Sistema de encofrado EFCO**

### **Ventajas:**

- Se realizan simultáneamente numerosas operaciones que con otros métodos de construcción se hacen sucesivamente, lo que conduce a una notable reducción del plazo de ejecución.
- Se suprimen los tiempos muertos y los estrangulamientos, fijando el paso de la cadena tecnológica y dimensionado todos los medios en función de este paso, lo que asegura la continuidad del trabajo.
- Gran velocidad de ejecución, alcanzando hasta 6 mts. de altura por día.
- Se logra una calidad superior de obra, como consecuencia de su monolitismo, lo que permite economías sensibles de armaduras.
- Se crea la posibilidad de realizar como piezas estandarizadas una gran parte de los elementos del molde deslizante que son independientes de la forma de la construcción.
- Se hace posible la construcción de obras de gran altura (100 mts o más) sin la necesidad de andamios.

### **Desventajas:**

- En contrapartida con las ventajas citadas, el método requiere una serie de condiciones obligatorias, en lo que concierne sobre todo a su conocimiento, asimilación y organización en su aplicación.
- El proyecto debe ser hecho con técnicos competentes, que conozcan el método a fondo, sus posibilidades y condiciones de aplicación.
- La ejecución de las obras debe ser dirigida por profesionales que hayan aplicado ya el método y adquirido los conocimientos y experiencia indispensables para la realización de obras de este tipo. Todo el personal de obra debe conocer el sistema y estar instruido acerca de su trabajo.

- La obra debe disponer de materiales especiales y personal especializado para la elevación del moldaje (encofrado).
  
- La obra debe disponer de personal en número suficiente para asegurar la continuidad del trabajo, de día y de noche, en dos turnos.
  
- Los moldajes (encofrados) deben ser fabricados y montados muy exactamente, pues las tolerancias son mucho menores (del orden del milímetro) que las comúnmente admitidas en obra, lo que exige utilizar equipos especializados.

## **CAPÍTULO III: SISTEMA DE ENCOFRADO METÁLICO TÚNEL**

### **3.1 Características y dimensiones del sistema de encofrado túnel.**

#### **Características.**

El sistema de encofrado tipo túnel, es un tipo de encofrado metálico, utilizado exclusivamente para cuando el proyecto a desarrollar sea el de muros de ductilidad limitada y no para cualquier tipo de arquitectura si no para aquella que este planificada o ideada para este tipo de encofrado.

Este sistema de encofrado permite vaciar monolíticamente los muros y losas de todo un nivel de piso en un día y repetir el proceso para el siguiente nivel el día siguiente.

Los tiempos de duración de las actividades durante en proceso constructivo se reducen notablemente en comparación con los sistemas de encofrado tradicionales.

El sistema de encofrados túnel contribuye con, rapidez, calidad y precisión, del proceso y resultado final de la estructura de concreto ofreciendo grandes ahorros en los acabados.

Las estructuras proyectadas y ejecutadas con la ayuda de este sistema de encofrado túnel, crean edificaciones más resistentes a los sismos.

Entre otras características se puede mencionar también las siguientes:

- El sistema túnel usa como panel de encofrado, uno tipo “U” invertida al cual le denominaremos panel-túnel o “cajón”, el que esta formado por dos caras verticales (regulables) y una horizontal (regulable), que une las anteriores, formado un solo elemento en forma de túnel, motivo por el cual toma el nombre con el que se le conoce.
- Al ubicar en su posición un panel-túnel, cubre de lado a lado las caras vecinas de dos muros contiguos y el fondo de la losa que las une.

- La estructura que da rigidez al panel-túnel esta fabricado con perfiles de acero IPN, y la superficie de contacto, forrada en láminas también de acero de 3mm a 4mm de espesor.
- Para el montaje y desmontaje de los paneles-túnel es necesario contar con la ayuda de un montacargas, y un camión 350, para el traslado de los paneles-túnel, desde su posición de almacenamiento, al pie de la edificación a construir, de donde serán izados y colocarlos en su posición de trabajo y posteriormente retirados para su limpieza y mantenimiento y posterior uso, con la ayuda de una grúa.
- Todos los paneles-túnel poseen unas ruedas metálicas que le sirven para deslizarse sobre la superficie sobre la que se apoya al momento del montaje y desmontaje y colocarlos en su posición definitiva.
- También y como parte del sistema donde se ubican las ruedas existen unos pernos de nivelación, los cuales sirven para subir y bajar el panel-túnel cuando se le esta nivelando y aplomando.
- Entre las caras verticales del panel-túnel existe una viga de conexión la cual cuenta con un torniquete que sirve para ajustar la posición lateral de estas caras, al momento del montaje y desmontaje.
- Existe un elemento complementario denominado “panel-culata”, el cual se coloca perpendicular a la longitud del túnel y en los extremos de los paneles-túnel y sirven para dar forma a los muros transversales.
- Otro elemento complementario es el denominado “panel-pantalla” el cual se coloca en los extremos laterales al final de todo el conjunto de paneles-túnel necesarios según el proyecto.
- Uno de los elementos complementarios utilizado durante el montaje y necesariamente durante el desmontaje de los paneles-túnel es la estructura de soporte denominada “plataforma de trabajo”.

- Al igual que el anterior un elemento denominado “sistema trepante” es usado para cargar los paneles-pantalla y asegurar su verticalidad, a partir del segundo nivel y los niveles sucesivos.
- Existe un elemento también complementario a los paneles-túnel, que sirven para dar forma a un sardinel-guía de los muros, sobre los que se colocaran sucesivamente los paneles-túnel y contra los que se alineara antes de cada vaciado sucesivo.
- Entre algunos accesorios que usa el sistema túnel se tiene: “pernos separadores”, utilizados para mantener uniforme el espesor de los muros, “tensor lateral”, utilizado para apuntalar lateralmente los paneles-túnel, y mantener su verticalidad durante el vaciado, “puntales metálicos”, usados para apuntalar la losa de entre piso una vez retirado el panel-túnel, para ser usado en un nivel superior.
- Algunas herramientas mas usadas son. La barretilla, la comba mediana, llaves del tipo dado y brazo extensible, llave de boca y corona, esmeril, etc.
- Para efectos de montaje se cuenta con un plano de montaje de paneles-túnel, donde se ubica la posición que deberá tomar cada uno de los diferentes paneles-túnel, y elementos complementarios, según sus medidas y de acuerdo a la función para la cual fueron diseñados.

### **Dimensiones.**

Las dimensiones de los paneles-túnel que forman el encofrado túnel, varían en su longitud y ancho más que en su altura, que generalmente es de 2.4m. , que es la altura estándar para edificios de vivienda, oficinas, hoteles, etc., pudiendo variar para un diseño en particular, para lo cual habría que prepararlo especialmente.

La longitud y el ancho de los paneles-túnel varían, dependiendo del diseño arquitectónico de la edificación que se halla proyectado, así tenemos longitudes de 2.4m, 1.8m, 1.2m, 0,825m, 0.60m, etc., y los anchos pueden variar desde

2.87m, como mínimo hasta 6.6m, pudiendo llegar hasta 11.00m en casos especiales.



**Figura No 3.1 Encofrados de Sistema Túnel tipo "U" invertida,  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**



**Figura No 3.2 Encofrados del Sistema Medio Túnel tipo "L" invertida.  
fuente tomada de Internet.**

### 3.2 Equipos y herramientas empleados en el sistema.

#### Equipos

Dentro de los equipos que se utilizan en el sistema de encofrado túnel se tiene la grúa, el montacargas, camión del tipo 350 con plataforma, etc.



**Figura No 3.3 Montacargas y Camión 350, movilizan el encofrado túnel,  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**



**Figura No 3.4 Grúa de Celosía en plena operación de montaje,  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**



**Figura No 3.5 Grúa Torre también se usan en operación de montaje,  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

### Herramientas.

Las herramientas más usadas en este tipo de encofrado son la barretilla, la pata de cabra, las llaves de boca y corona según los diámetros de las tuercas, caja de dados con extensión, un gato mecánico, llave de tubo, combas, martillos, eslingas, para el izamiento de los paneles-túnel, grilletes para fijar las eslingas a las orejas de izamiento colocadas en los encofrados, eslingas o cables de acero, esmeril, etc.



**Figura No 3.6 Herramientas usadas en el sistema túnel.  
fuente propia.**



**Figura No 3.7 Otras herramientas usadas con el encofrado túnel,  
fuente propia.**



**Figura No 3.8 La barreta, herramienta importante en encofrado túnel,  
fuente propia.**

### 3.4 Ventajas y desventajas del sistema.

#### **Ventajas.**

Entre las ventajas se puede enumerar las siguientes:

- Reducción sustancial en los tiempos de ejecución de la obra.
- Ahorro en los costos totales de la obra.
- Al ser repetitivo el proceso constructivo, nos facilita la creación de un ritmo de producción.
- Construir con elementos de calidad, precisión y con rapidez es estar construyendo de una forma industrializada.
- Este sistema de encofrado simplificado y repetitivo necesita de reducido personal capacitado en tareas específicas de fácil aprendizaje.
- El personal necesario para el desarrollo del proceso constructivo se reduce notablemente en comparación con los métodos tradicionales.
- El vaciado monolítico de calidad y precisión, trae consigo superficies de concreto más uniformes y lisas que ya no necesitan tartajeo si no solamente una simple solaqueada y posterior aplicación de pintura, lo cual genera un ahorro significativo.
- Mientras el mantenimiento del encofrado sea el adecuado, se garantiza superficies lisas de las caras del encofrado, en contacto con el concreto, aun después de 500 a 1000 usos.

#### **Desventajas.**

- Limitaciones arquitectónicas por la continuidad de los muros de un piso a otro.
- Luces libres relativamente pequeñas, espesores de muros y losas reducidos.

- Para cumplir con el ritmo de trabajo diario es necesario contar con todos los recursos programados, de lo contrario no sería aplicable el nivel de industrialización que nos ofrece este sistema.
- El sistema está limitado con respecto a modificaciones relativas de un piso a otro sin comprometer una variación sustancial del proyecto, con los consiguientes sobre costos.
- Una vez concluida la edificación, no es posible las modificaciones de carácter arquitectónicas sin que se comprometa el comportamiento estructural.
- Las alturas de las edificaciones desarrolladas con este sistema están limitadas a alturas entre 15m. ha 20m.
- Es necesario la utilización de torres grúa para edificios altos (15m a 20m), o grúas de celosía para edificaciones de mediana altura (5m a 7m).

## **CAPÍTULO IV: PLANIFICACIÓN, OPERACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE ENCOFRADO TÚNEL.**

### **4.1 Logística de equipos, materiales y mano de obra.**

Cabe destacar que la logística se refiere al proceso constructivo desarrollado después de la losa de fundación hasta el último vaciado y desencofrado del último piso.

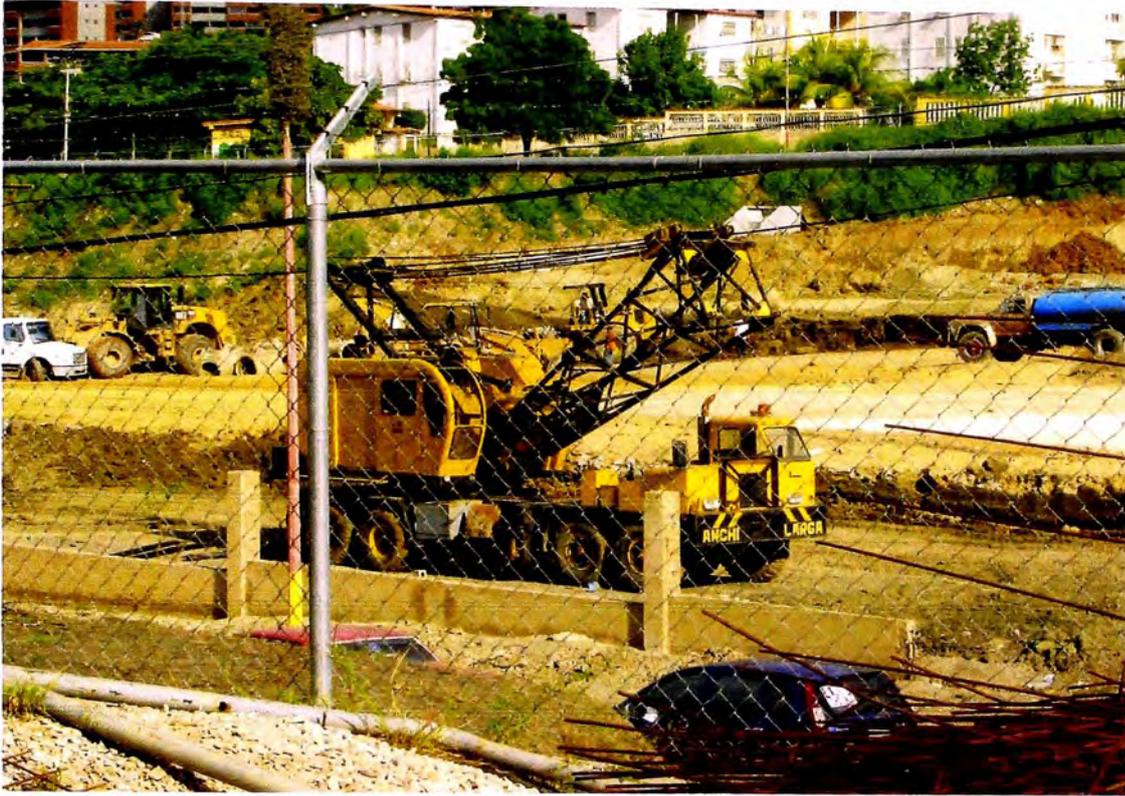
#### **Logística para los equipos.**

Antes de dar inicio a las actividades constructivas debemos procurar los diferentes equipos que han sido previstos y contemplados dentro de los análisis de costos de las diferentes partidas del presupuesto, y comprometerlos para su incorporación dentro del desarrollo del proceso constructivo a fin de que podamos contar con ellos en el momento debido de acuerdo al cronograma de la obra.

Si se tiene en cuenta que los tiempos de ejecución de la obra, son cortos, entre una semana a dos semanas para edificaciones de cinco pisos de 3 a 6 departamentos por piso de 60m<sup>2</sup> aproximadamente, o de 10 semanas para edificaciones de diez pisos, de 8 departamentos por piso de 80m<sup>2</sup>, entonces valdría la pena tratar de tener todos los recursos en obra, de lo contrario sería imposible lograr el cometido.

Entre los equipos de mayor importancia, aparte de sistema completo de encofrados túnel tenemos:

**La grúa**, es uno de los principales equipos, consta de una plataforma montada sobre un sistema de ruedas ó orugas, una torre en celosía de cuyo extremo pende un gancho sostenido por cables que giran al subir y bajar mediante un sistema de poleas, se le utiliza específicamente para el traslado de los paneles-túnel durante el montaje y desmontaje, para movilizar las mallas electro soldadas del pie de la edificación a los techos, así como para movilizar la tolva de concreto durante el vaciado y también para trasladar cualquier otro elemento pesado necesario en el proceso.



**Figura No 4.1 Grúa de Celosía indispensable en el montaje y desmontaje del sistema de encofrado túnel, fuente propia.**

**Montacargas**, se le usa para el traslado de los paneles-túnel desde el lugar de almacenamiento a las cercanías de la edificación donde puedan ser tomadas por la grúa, trabaja en coordinación con el camión plataforma.

**Camión plataforma**, trabaja en forma coordinada con el montacargas para el traslado de los paneles-túnel y para transporte de algún equipo o herramientas en particular.

**Camión de engrase y combustible**, utilizado para el transporte de combustible y para el abastecimiento y servicio de combustible de los equipos, cuenta con una engrasadora y un compresor pequeño.

**Mezcladora pequeña**, por si por alguna razón faltara cantidades mínimas de concreto para culminar el vaciado.

**Vibradores para concreto**, es importante que siempre se tenga dos, por si durante el vaciado se malogra uno de ellos, esta demás decir que el vibrado del concreto es una actividad que no puede fallar.

**Máquina de soldar pequeña**, por alguna eventualidad con los encofrados o con alguna herramienta o maquinarias es importante contar con un equipo de estos en obra.

**Equipo de topografía**, los encofrados del sistema túnel, necesitan aplomarse y nivelarse con precisión, por lo que se debe contar en obra con un equipo de topografía en especial con un nivel topográfico.

También es importante al igual que los equipos contar con algunos repuestos de uso frecuente como baterías, llantas de repuestos, etc. y otros mas sugerido por el mecánico de la obra, en todo caso si la grúa fuese alquilada deberíamos exigir el mantenimiento diario o periódico por un mecánico especializado.

Por otro lado existen herramientas que por su importancia en el desarrollo de los trabajos no podemos prescindir de ellos, como lo son las eslingas de cables de acero, y sus repuestos, los grilletes, los gatos mecánicos, las barretillas, las combas grades y pequeñas, esmeriles, cizalla de banco y manual, pata de cabra, picos y lampas, rastrillos, plomadas, cintas métricas, etc.

**Logística de materiales**, todos los materiales a ser usados en esta etapa del proceso constructivo deberían estar comprados y puestos en obra con la debida anticipación, salvo el caso del concreto, de ser premezclado, debería estar contratado y programado el suministro a obra, o en todo caso si las condiciones de áreas libres del proyecto lo permiten, montar una planta de mezclado en obra, lo suficientemente capaz de producir el concreto necesario para una jornada de trabajo, cada día, cualesquiera de las dos opciones son buenas.

En caso del acero de refuerzo, la malla electro soldada, y el alambre de amarre, debería comprarse en su totalidad y trasladarse a obra y ubicarlo en el área prevista para su habilitación y doblado.

Al igual que el acero y la arena y el cemento, los aditivos para el concreto de ser el caso, el almacenamiento del agua para el concreto y su curado, desmoldarte

para los encofrados, combustible, aceites, etc. debería contratarse en su totalidad con debida anticipación y programar su envío a obra de ser posible antes de los inicios de los trabajos.

También resulta importante la compra y el suministro previo a la iniciación de los trabajos de los materiales eléctricos, sanitarios, en lo que respecta a tuberías, cajas de paso, cajetines, pegamentos, etc.

**Logística de la mano de obra**, con respecto al personal técnico y obrero primero se debe clasificarlo de acuerdo a sus especialidades, y en función a la programación y de los trabajos y los rendimientos que se deben lograr diariamente, formar las cuadrillas necesarias, para cada actividad.

El personal dedicado al montaje y desmontaje de los paneles-túnel, deben ser seleccionado y entrenado para dicha actividad, en todo caso se debería contratar personal especializado en este tipo de trabajo que si bien es cierto es sencillo y simple no deja de ser rudo y con muchos riegos.

De igual forma se necesita seleccionar y determinar las cuadrillas de fierros, electricistas, gasfiteros, albañiles etc.

Por otro lado es importante que el operador de la grúa tenga experiencia comprobada.

El maestro de la obra igualmente necesita conocer el sistema y tener suficiente experiencia con trabajos con grúas.

El personal de apoyo, chóferes, señalista, mecánicos deben tener conocimientos del sistema o en todo caso entrenarlos.

## **4.2 Desarrollo del proceso constructivo, tomando en cuenta las actividades de colocación del acero, instalaciones eléctricas sanitarias y el concreto.**

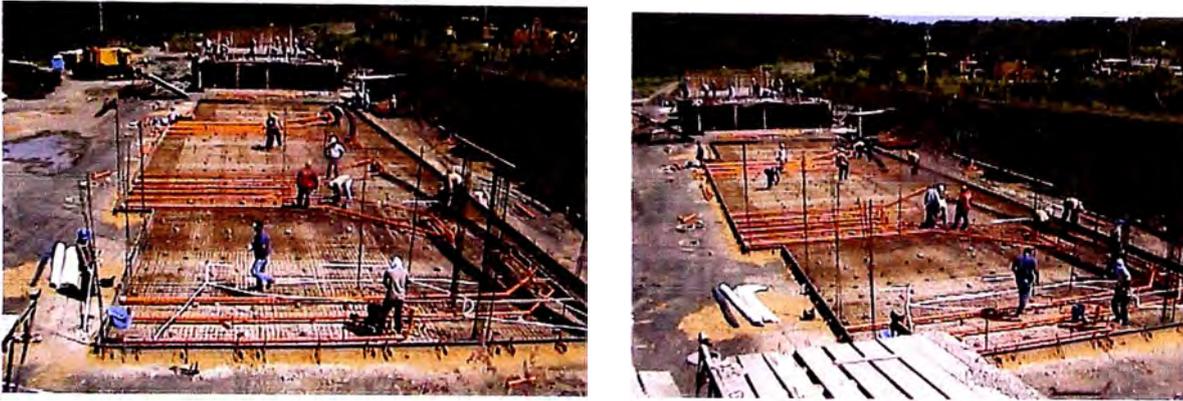
El sistema de encofrado túnel, viene básicamente en dos formas diferentes, una cuyo panel de encofrado es un "L" invertida, que colocadas juntas dos de ellas, en su posición de trabajo, vienen a representar un "U" invertida, y la otra forma utiliza como panel de encofrado una "U" invertida en un solo elemento, ambas en este caso sirven para el propósito de efectuar un vaciado monolítico de muros y losa de toda una planta de una edificación en un ciclo de un día, jornada que se empieza en la mañana con el montaje de los encofrados y se culmina en la tarde del mismo día con el vaciado respectivo, repitiendo este ciclo todos los días, para cada nivel de la edificación.

La secuencia en el desarrollo del proceso constructivo, utilizando la forma "L" ó "U" son semejantes, en todo caso en el presente trabajo se hablara sobre la segunda forma, el que utiliza como panel un solo elemento en forma de "U" invertida.

Es bueno recalcar que este tipo de sistema de encofrado, es utilizado exclusivamente para edificaciones proyectadas con muros de ductilidad limitada EMDL, donde los muros en concreto armado mantienen una misma distribución en todo los niveles, distribución que debe estar hecha en función a las dimensiones de los encofrado del sistema túnel a emplear.

### **Sobre la losa de fundación.**

El punto de arranque para dar inicio al desarrollo del ciclo, del proceso constructivo, con el sistema de encofrados túnel, es tener lista la losa de fundación, sobre la cual deberán estar vaciados unos sardineles que vienen a ser los arranques de todos los muros y a la vez sirven de guía para la colocación de los encofrados. Su construcción y alineación debe ser precisa ya que, sobre ellos recostamos, aplomamos y nivelamos el encofrado túnel, para erigir sucesivamente los muros de la edificación.



**Figura No 4.2 Preparación de losas de fundación para EMDL,  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

A lo largo de estos sardineles sobresalen los arranques del acero de refuerzo de los muros, estos deberán completarse hasta un primer nivel, teniendo cuidado de dejar el suficiente solape para el nivel posterior.

Es bueno recordar que previo al vaciado de la losa de fundación, aparte del acero de refuerzo, se colocan todas las redes de servicios sanitarios y eléctricos, dejando de igual forma las salidas de las montantes, las que se continuaran a medida que la edificación avanza.



**Figura No 4.3 Losa de concreto para EMDL.  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

### **Ciclo de trabajo diario.**

El proceso se da inicio en la mañana generalmente lo más temprano posible (7am), por si surgieran inconvenientes se pueda dar solución en horas del día de tal manera de poder culminar la faena al final de la tarde (5pm), ya que al día siguiente el proceso deberá repetirse.

### **Colocación del acero de refuerzo en muros.**

Teniendo lista la losa de fundación se puede dar inicio a la colocación del acero de refuerzo y a la malla electro soldada (de ser el caso), en todas las líneas de muros del nivel de piso en la cual se esta trabajando, teniendo cuidado de dejar el acero necesario para el solape con el nivel inmediato superior.



**Figura No 4.4 Losa de fundación con el acero de refuerzo en muros,  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

### **Colocación de las instalaciones sanitarias y eléctricas en muros.**

Una vez colocado el acero de refuerzo, se colocan las instalaciones sanitarias (en baños y cocinas, redes de tuberías, montantes y ventilaciones, etc.), las instalaciones eléctricas, teléfono, cable (redes de tuberías, cajas de paso, cajetines, cajas de tableros eléctricos, etc.), todas ellas bien amarradas a la malla y ubicas en su posición definitiva.

Debe tenerse especial cuidado en forrar bien las cajas y cajetines con la finalidad de que no le ingrese concreto en el momento del vaciado.



**Figura No 4.5 Instalaciones sanitarias y eléctricas en EMDL.  
fuente propia.**

### **Colocación del encofrado túnel.**

Una vez limpios, engrasados y con aplicación de desmoldante, los paneles del encofrado túnel están listos para el montaje, para lo cual la grúa debe estar ubicada en una posición de manera que pueda tomar todos los encofrados correspondientes al ciclo de trabajo, uno a uno y trasladarlos a la ubicación correspondiente, sin necesidad de cambiar su ubicación. Los encofrados tienen de antemano una ubicación dentro del sistema que viene marcada en el plano de montaje, diseñado específicamente para la edificación que se va a ejecutar en particular.



**Figura No 4.6 Colocación de los encofrados túnel para EMDL.  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

Paralelo a la colocación de los encofrados, deben colocarse los marcos metálicos que dejaran los vanos para las puertas y ventanas, los tapa bordes para los muros, los costados laterales a los extremos del conjunto de paneles y finalmente el cerramiento del perímetro de la losa de entrepiso.

Debe tenerse en cuenta que conforme se coloca un panel-túnel del sistema de encofrado, debe nivelarse, aplomarse y arriostrarse para asegurar que mantenga su posición durante el vaciado y después de él.



**Figura No 4.7 Encofrado medio túnel en niveles superiores,  
fuente tomada de Internet.**



**Figura No 4.8 Plataformas de trabajo en SET para niveles superiores.**  
fuente tomada de Internet.

### Colocación de acero de la losa de entrepiso.

Una vez colocado el cerramiento de la losa, se procede a colocar las mallas electro soldadas en dos capas apoyadas sobre separadores plásticos o preparados en concreto.



**Figura No 4.9 Colocación de acero de refuerzo en losa del SET.**  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.

### **Colocación de las instalaciones sanitarias y eléctricas en la losa de entrepiso.**

Al igual que en construcciones tradicionales se colocan todas las tuberías, eléctricas y sanitarias que deban quedar embutidas en el concreto de la losa, solo cabe mencionar que la batería de tubos conectados entre si correspondientes a los servicios (baños, cocinas, etc.), se debe preparar en banco y traerlas listas, solo de colocarlas, ya que la demora de prepararlas en el sitio atentaría contra el programa de cumplir con un ciclo diario.



**Figura No 4.10 Instalaciones sanitarias y eléctricas en losa con el SET.  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

### **Vaciado monolítico de muros y losa.**

El vaciado generalmente está empezando después del medio día, entre las dos a tres de la tarde y tiene una duración de dos a tres horas dependiendo del volumen de concreto a vaciar. Se puede vaciar con la ayuda de la grúa y de una tolva para concreto, o con una bomba para concreto.

Es importante resaltar que por la rapidez en que debe hacerse las construcciones de viviendas, el concreto usado para este tipo de sistema tiene que ofrecer características específicas de resistencia a edades tempranas comparada con la resistencia máxima del concreto, ya que los sistemas estructurales deben de ser capaces de soportar cargas sobre impuestas.



**Figura No 4.11 Marcos para vano de puerta, Tolva de vaciado de concreto.  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

En este sistema tipo túnel se emplea un concreto con asentamiento entre 8" a 10" medidos con el Cono de Abrams, se le incorpora en su preparación usa aditivos acelerante de resistencia temprana y fraguado rápido, facilitando una rápida rotación de los encofrados y acelerando el proceso constructivo. Este concreto está confeccionado con combinaciones granulométricas, aditivos especiales y trabajabilidad adecuada, para un fácil acomodo dentro de los encofrados, con muros tan delgados (entre 10cm a 15cm), permitiendo una rápida reutilización del encofrado y excelentes acabados, en obra limpia, de las edificaciones.

### **4.3 Montaje y desmontaje del sistema de encofrados túnel.**

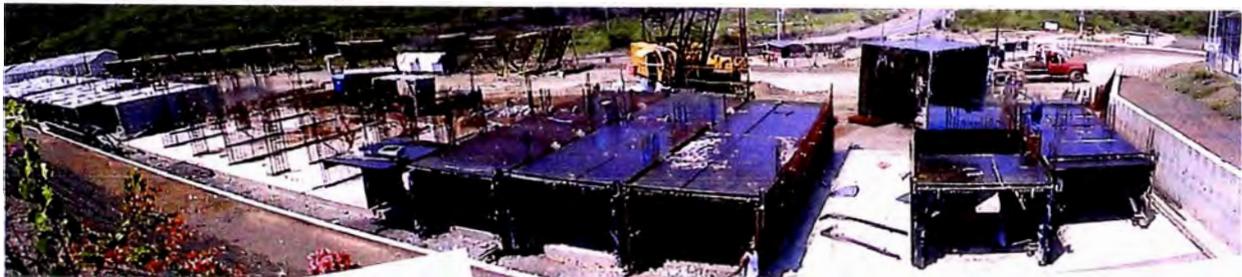
Para efectuar el montaje de del sistema de encofrados túnel, los paneles-túnel deben estar completamente limpios, con aplicación de desmoldante en las caras de contacto con el concreto, grasa en las rotulas o pernos, y un baño ligero de petróleo en toda la superficie interna, para protegerla del polvo de cemento, de agua con cemento y de las salpicaduras de concreto. Una vez hecho esto se comienza el montaje de los paneles-túnel (con ayuda de la grúa) uno a uno y en el orden que se muestra en el plano de montaje. Cada panel-túnel que se monta



**Figura No 4.12 Losas de fundación listas para el montaje con SET.**

**Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

debe alinearse, aplomarse y nivelarse, esto ayudara al ensamblaje de un panel con otro, quedando para el final unos pequeños ajustes generales para luego proceder al vaciado.



**Figura No 4.13 Etapas del proceso constructivo con el SET.**

**Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

Durante el proceso de montaje de los paneles-túnel, hay que tener cuidado de ir colocando donde corresponda, los cierres de muros, los marcos para los huecos de puertas, ventanas, ductos, cajas de paso, tableros eléctricos, etc.



**Figura No 4.14 Marcos para vanos de puertas y ventanas en EMDL.**

**fuentes tomados de Internet.**

Para finalizar se montan los paneles-túnel de cierre en los muros extremos con sus respectivos arriostres laterales y seguidamente para concluir se colocan los costados de la losa de entrepiso en todo el perímetro, quedando el sistema listo para proceder con el vaciado.

De esta forma se termina con el primer ciclo de montaje. Al día siguiente, los trabajos se inician con el desmontaje de los paneles-túnel y luego se repite todo el proceso de igual forma todos los días conforme se avanza piso a piso.

Una actividad adicional a lo ya explicado es que a partir del segundo nivel en adelante, se debe colocar una plataforma para ayudar al desmontaje de los paneles-túnel.



**Figura No 4.15 Planta de primer piso en EMDL con SET,  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

Como parte del desmontaje al día siguiente del vaciado los paneles-túnel se aflojan separándolos unos centímetros de los muros y losa poder rodarlos hacia el exterior sobre unas plataformas previamente colocadas y una vez liberadas totalmente es tomada por la grúa y retirada a su posición de limpieza.



**Figura No 4.16 Encofrados medio Túnel en el segundo nivel,  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**



**Figura No 4.17 Plataforma del SET en EMDL,  
fuente tomada de Internet.**



**Figura No 4.18 Vista panorámica de EMDL con SET.  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

#### **4.4 Determinación de la cuadrilla básica.**

Los datos que se proporcionaron son de un caso particular de una edificación de 5 pisos, 3 departamentos por piso, de 60m<sup>2</sup> aproximadamente.

Generalmente para este tipo de trabajos los operarios realizan varios oficios, uno de ellos es el carpintero que también realiza labores de albañil o a veces ayudante de electricista.

Todo el personal está dirigido por un maestro general de la obra, que es una persona con experiencia en construcción de edificaciones incluyendo las que utilizan el sistema de encofrados túnel, en trabajos con grúas tipo torre y de celosía, y con conocimientos básicos de topografía. A su vez todas las

especialidades están dirigidas por un capataz (un maestro especializado en la actividad que desarrolla).



**Figura No 4.19 EMDL en la etapa de acabados.  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

#### **Losa de fundación:**

La losa de fundación 10m de ancho x 20m de largo y 0.35m de altura, eso da un volumen de 70m<sup>3</sup> de concreto.

El tipo de encofrado es metálico, preparado exclusivamente para la losa, sus dimensiones son de 6m de largo x 0.35m altura, el área a encofrar es de aproximadamente 21m<sup>2</sup>.

El tiempo estimado para la totalidad del trabajo es de 8 días útiles incluyendo el día de vaciado, el total de personal son 16 obreros separados de la siguiente forma:

Vaciado de Piso Pobre, ejecutado por 2 Albañiles(Operarios Carpinteros), 4 ayudantes, en un tiempo de 6 hrs.

Encofrado de la Losa de Fundación, ejecutado por 4 Carpinteros, 2 Ayudantes, en un tiempo de 2 días de trabajo.

Acero de refuerzo ( $f_y=4200$  Kg. /cm<sup>2</sup>) en la losa, considerando los arranque para los muros, ejecutado por 4 Fierros, 4 Ayudantes, y 2 Ayudantes (Operarios Carpinteros), para total de 7,000.00 kg, en un tiempo de 5 días hábiles.

Instalaciones Sanitarias, ejecutado por 2 Operarios Gasfiteros, 2 Ayudantes (Operarios Carpinteros), en un tiempo de 4 días.

Instalaciones Eléctricas, voz y data, ejecutado por 2 Operarios Electricistas, 2 Ayudantes (Operarios Carpinteros), en un tiempo de 3 días.

Vaciado de concreto en la losa de fundación, concreto premezclado  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ ,  $70\text{m}^3$ , 7" slump, ejecutado por 4 Operarios Albañiles, 4 ayudantes, en un tiempo de 6 hrs.



**Figura No 4.20 Boques de EMDL en la etapa de acabados.  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

### **Muros y losa de entrepiso.**

Los Tuneleros:

El personal que trabaja con el encofrado túnel, es un personal especializado se les conoce con el nombre de "Tuneleros", son en total 16 obreros en este caso, 10 en calidad de Operarios y seis como Ayudantes, mas un capataz que dirige la operación, todos ellos, se encargan del montaje y desmontaje del túnel, así como del vaciado de concreto, conocen todos los detalles de la manipulación de los encofrados túnel y mantienen una coordinación constante con el operador de la grúa para realizar su trabajo. En este caso trabajan desde las 6am, hasta terminar el vaciado que más o menos es hasta las 6pm., corrido (solo paran para almorzar y luego continúan de inmediato) , les pagan sus horas normales, mas sobre tiempo después de la 5pm, mas 2 horas extras como bono.

Los días sábado obligatoriamente tienen que desmontar el encofrado túnel, a las 6am como todos los días y hacerle su limpieza y mantenimiento y dejarlo listo para el día lunes ya que de no hacerlo, tendrían problemas en para desmontarlo. Todos los días se vacía concreto ( $f'c=250\text{kg/cm}^2$ , slump de 8" a 10"), para 6 túneles de 10m de longitud, en un área aproximada de 20mx10m, en cantidades de 40 m<sup>3</sup>, con la grúa y una tolva de capacidad 1.2 m<sup>3</sup>, y toma mas o menos de 2.5 a 3 hrs.

El maestro tunelero hace las veces de topógrafo, ya que el túnel debe ser alineado, aplomado y nivelado todos los días.

Los Fierros:

El personal obrero para el acero de refuerzos, los Fierros, son en total 13 de los cuales 1 es el Capataz Fierro, 6 Operarios Fierros y 6 ayudantes, son los encargados de habilitar, preparar y colocar el acero de las columnas y de las vigas, que según el diseño estructural figuran en algunos extremos de los muros y losa, así mismo son los encargados de colocar la malla electro soldada tanto en muros como en la losa de entrepiso. Generalmente terminan a las 2 pm y se ponen a preparar el acero para el siguiente nivel.

Los Gasfiteros:

El personal de gasfitería esta conformado por 7 obreros de los cuales, 1 es el maestro gasfitero 4 son operarios gasfiteros y 2 ayudantes, es bueno recordar que las baterías son preparadas en banco y son montadas completas en los servicios correspondientes, facilitando así su trabajo, de lo contrario no pudrían lograr su cometido.

Los Electricistas:

El personal electricista es semejante en numero a los gasfiteros, son también 7, uno de ellos es el maestro electricista, 4 son operarios electricistas y 2 son ayudantes. Uno de los trabajos de mucha importancia es forrar los cajetines, las cajas de paso, ductos y cajas para tableros eléctrica, etc. las preparan en las tardes para facilitar el trabajo del día siguiente después de haber terminado con la faena del día.

El Gruista:

El personal de la grúa consta de 1 operador de grúa, 1 mecánico y 1 ayudante.

Equipo de apoyo:

El personal de apoyo esta integrado por 1 camiones 350 plataforma, y 1 camión 350 de mantenimiento de las maquinas (engrasador, alimentador de combustible y asistencia de aire comprimido), también una retroexcavadora y un montacargas. Todos ellos con sus respectivos operadores.

Es importante recalcar que todos los materiales deben estar en obra y el concreto comprometido, de tal manera de poder utilizar este sistema efectivamente.



**Figura No 4.21 Bloques de EMDL terminados y habitados,  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

#### 4.5 Costos referentes al utilizar el sistema túnel.



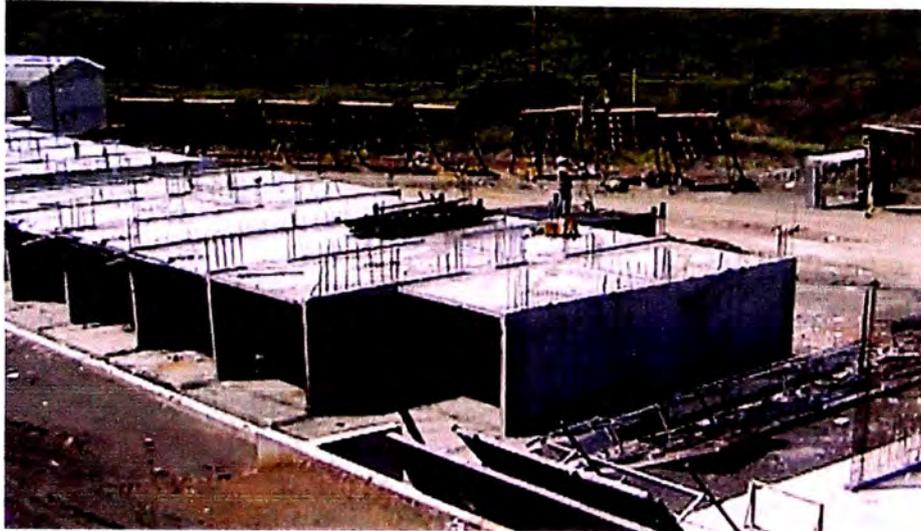
**Figura No 4.22 Losa de Fundación Sistema Encofrado Túnel.  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

VOLUMEN DE CONCRETO LOSA FUNDACION			
ANCHO(m)	LARGO(m)	ALTURA(m)	VOLUMEN(m3)
10.80	19.53	0.35	<b>69.76</b>

VOLUMEN DE CONCRETO DEL SADINEL				
LARGO(m)	ANCHO(m)	ALTURA(m)	CANTIDAD	VOLUMEN(m3)
9.8	0.13	0.1	2	0.25
8.6	0.13	0.1	5	0.56
2.87	0.15	0.1	3	0.13
<b>TOTAL</b>				<b>0.94</b>

VOLUMEN DE CONCRETO DE MUROS				
LARGO(m)	ANCHO(m)	ALTURA(m)	CANTIDAD(m)	VOLUMEN(m3)
9.8	0.13	2.25	2	5.73
8.6	0.13	2.25	5	12.58
2.87	0.15	2.25	3	2.91
1	0.13	2.1	3	-0.82
0.85	0.15	2.1	3	-0.80
0.85	0.13	1.35	1	-0.15
0.5	0.35	0.13	2	-0.05
<b>TOTAL</b>				<b>19.40</b>

VOLUMEN DE CONCRETO DE LA LOSA ENTREPISO				
LARGO(m)	ANCHO(m)	ALTURA(m)	CANTIDAD(m)	VOLUMEN(m3)
18.18	9.8	0.12	1	21.38
0.28	1.2	0.13	5	0.11
<b>TOTAL</b>				<b>21.49</b>
<b>TOTAL, SARDINEL, MUROS Y LOSA</b>				<b>41.83</b>



**Figura No 4.23 Muros y Losa primer nivel Sistema Encofrado Túnel.  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

<b>AREA DE ENCOFRADO DE MUROS</b>				
<b>LARGO(m)</b>	<b>ANCHO(m)</b>	<b>ALTURA(m)</b>	<b>CANTIDAD(m)</b>	<b>TOTAL(m2)</b>
9.8	1	2.35	4	92.12
8.6	1	2.35	10	202.10
2.87	1	2.35	6	40.47
1	1	2.1	6	-12.60
0.85	1	2.1	6	-10.71
0.85	1	1.35	2	-2.30
0.5	0.35	1	4	-0.70
<b>TOTAL</b>				<b>308.38</b>

<b>AREA DE ENCOFRADO LOSA DE ENTREPISO</b>				
<b>LARGO(m)</b>	<b>ANCHO(m)</b>	<b>ALTURA(m)</b>	<b>CANTIDAD(m)</b>	<b>TOTAL(m2)</b>
18.18	9.8	1	1	178.16
18.18	9.8	0.12	2	6.72
<b>TOTAL</b>				<b>184.88</b>

<b>TOTAL, MUROS Y LOSA</b>				<b>493.26</b>
----------------------------	--	--	--	---------------



**Figura No 4.24 Sistema Encofrado Túnel.  
Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela.**

<b>CUADRO COSTOS Y PESOS DEL SISTEMA TÚNEL</b>		
<b>EFCO</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO DÓLARES</b>	<b>PESO KILOS</b>
PÓRTICOS TUNEL Y CULATAS	41,069.04	9,419.00
ESQUINEROS	80,314.91	18,420.00
ESQUINEROS	3,834.96	880.00
PERFIL HTS, PLATAFORMAS, CULTAS	64,137.65	14,365.00
HTS, BROCALES, TUERCAS, PERNOS	74,999.67	14,999.00
CIERRE, MUROS, LOSA, DINTEL, ANG.	99,223.17	14,564.00
ANGULOS COLUMNAS	8,568.72	1,965.00
<b>TOTAL</b>	<b>372,148.12</b>	<b>74,612.00</b>

<b>EFCO</b>	<b>COSTO CAJON 2.4 X 2.87 (DOLARES)</b>		
<b>PIEZA</b>	<b>CANT.</b>	<b>COSTO</b>	<b>TOTAL</b>
A-21	2	1,354.93	2,709.86
A-25	1	806.64	806.64
A-26	1	623.51	623.51
A-14	2	283.41	566.82
A-170	2	94.83	189.66
A-140	2	107.70	215.40
A-111	1	164.16	164.16
A-121	2	372.80	745.60
A-120	2	372.80	745.60
A-133	4	104.21	416.84
A-124	2	108.57	217.14
B-166	1	73.25	73.25
81180	122	1.30	158.60
82180	120	1.66	199.20
82182	2	3.55	7.10
31530	1	129.75	129.75
<b>TOTAL</b>			<b>7,969.13</b>

<b>CUADRO COSTOS DOLARES POR M2 DE ENCOFRADO TÚNEL</b>			
<b>COSTO/M2 ENCOFRADO</b>	<b>COSTO/M2 USO</b>	<b>COSTO/KG</b>	<b>PESO/CAJON</b>
372,148.12	756	372,148.12	7,969.13
492.26	<b>350</b>	74,612.00	4.99
<b>756.00</b>	<b>2.16</b>	<b>4.99</b>	<b>1,597.73</b>

Cuadros comparativos de costos por m2 del encofrado Forsa vs. Sistema Túnel.

<b>COSTO/M2 DE ENCOFRADO USANDO SISTEMA ENCOFRADO FORSA</b>					
<b>USOS</b>	<b>800</b>				<b>DOLARES</b>
<b>MATERIAL</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANT.</b>	<b>COSTO</b>	<b>TOTAL</b>	
ENCOFRADO FORSA	M2	1	532.95	0.67	
DESMOLDANTE	GLB	1	0.23	0.23	
OTROS	GLB	1	0.54	0.54	
				<b>1.44</b>	
<b>EQUIPO</b>					
HERRAMIENTAS M.	GLB	1	0.07	0.07	
				<b>0.07</b>	
<b>MANO OBRA</b>					
OBREROS	GLB	1	2.86	2.86	
				<b>2.86</b>	
<b>TOTAL DOLARES</b>				<b>4.37</b>	

<b>COSTO/M2 DE ENCOFRADO USANDO SISTEMA ENCOFRADO TÚNEL</b>					
<b>USOS</b>	<b>350</b>				<b>DOLARES</b>
<b>MATERIAL</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANT.</b>	<b>COSTO</b>	<b>TOTAL</b>	
ENCOFRADO TÚNEL	M2	1	756.00	2.16	
DESMOLDANTE	GLB	1	0.23	0.23	
OTROS	GLB	1	0.54	0.54	
				<b>2.93</b>	
<b>EQUIPO</b>					
HERRAMIENTAS M.	GLB	1	0.13	0.13	
GRUA	HM/M2	1	0.84	0.84	
				<b>0.97</b>	
<b>MANO OBRA</b>					
OBREROS	GLB	1	0.79	0.79	
				<b>0.79</b>	
<b>TOTAL DOLARES</b>				<b>4.69</b>	

## **CAPÍTULO V: SEGURIDAD EN EL SISTEMA DE ENCOFRADO TÚNEL.**

### **5.1 Normas de seguridad.**

La norma peruana encargada de velar por los asuntos de “Seguridad en la Construcción” en el país es la Norma G.050 señala lo siguiente:

En el **capítulo I**, sobre generalidades.

En el **artículo 1.1 sobre sus objetivos**. La presente Norma especifica las consideraciones mínimas indispensables de seguridad a tener en cuenta en las actividades de construcción civil. Asimismo, en los trabajos de montaje y desmontaje, incluido cualquier proceso de demolición, refacción o remodelación. La presente Norma se aplica a todo el ámbito de la construcción, en concordancia con la Resolución Suprema N'021 - 83 TR del 23 de marzo de 1983.

**En el artículo 1.5.1 sobre las consideraciones generales**, menciona lo siguiente:

El lugar de trabajo debe reunir las condiciones necesarias para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores.

Se mantendrá en buen estado y convenientemente señalizadas, las vías de acceso a todos los lugares de trabajo.

El empleador programará, delimitará desde el punto de vista de la seguridad y la salud del trabajador, la zonificación del lugar de trabajo en la que se considera las siguientes áreas:

- Área administrativa.
- Área de servicios (SSHH, comedor y vestuarios).
- Área de Operaciones de obra.
- Área de preparación y habilitación de materiales y elementos prefabricados.
- Área de almacenamiento de materiales.
- Área de parqueo de equipos.
- Vías de circulación peatonal y de transporte de materiales.
- Guardianía.
- Áreas de acopio temporal de desmonte y de desperdicios.

Asimismo se deberá programar los medios de seguridad apropiados, la distribución y la disposición de cada uno de los elementos que los componen dentro de los lugares zonificados.

Se adoptarán todas las precauciones necesarias para proteger a las personas que se encuentren en la obra y sus inmediaciones, de todos los riesgos que puedan derivarse de la misma.

El ingreso y tránsito de personas ajenas a la obra deberá ser utilizando el equipo de protección personal necesario, y será reglamentado por el responsable de Seguridad de la Obra.

Se debe prever medidas para evitar la producción de polvo en la zona de trabajo, con la aplicación de paliativos de polvos y en caso de no ser posible utilizando equipo de protección personal y protecciones colectivas.

**En el artículo 1.5.5 sobre el Comité de Seguridad,** menciona lo siguiente:

En toda obra se formará el Comité de Seguridad que estará presidido por el responsable, según al siguiente detalle:

- Obra de autoconstrucción: el responsable de la obra es el propietario o el maestro de obra.

- Obra de contrato:

Hasta 20 trabajadores, el profesional responsable.

De 20 a 100 trabajadores el profesional responsable y el representante de los trabajadores.

Más de 100 trabajadores: Un ingeniero especialista en seguridad, el ingeniero responsable y el representante de los trabajadores.

**En el artículo 1.5.6 sobre la información y formación,** dice lo siguiente:

Se facilitara a los trabajadores:

- Información sobre los riesgos de seguridad y salud por medio e vitrinas de información general, folletos, avisos gráficos, etc.

- Instrucción para prevenir y controlar los riesgos de accidentes.
- Manuales de seguridad que ayuden a prevenir y controlar los riesgos de accidentes.

**En artículo 1.6 sobre el plan de seguridad y salud**, menciona lo siguiente:

Toda obra de construcción, deberá contar con un Plan de Seguridad y Salud que garantice la Integridad física y salud de sus trabajadores, sean estos de contratación directa o subcontrata y toda persona que de una u otra forma tenga acceso a la obra.

El plan de seguridad y salud, deberá integrarse al proceso de construcción.

**En el artículo 1.6.1 con respecto a los estándares de seguridad y salud y procedimientos de trabajo**, Menciona lo siguiente:

Previo a la elaboración de estándares y procedimientos de trabajo, se deberá hacer un análisis de riesgos de la obra, con el cual se identificarán los peligros asociados a cada una de las actividades y se propondrán las medidas preventivas para eliminar o controlar dichos peligros. Luego se identificarán los riesgos que por su magnitud, sean considerados "Riesgos Críticos" los mismos que deberán ser priorizados y atendidos en forma inmediata.

**En el artículo 1.10 con respecto al equipo básico de protección personal (EPP)**, dice lo siguiente:

Todo el personal que labore en una obra de construcción, deberá usar el siguiente equipo de protección personal:

**Subcapítulo 1.10.1** Ropa de trabajo adecuada a la estación y a las labores por ejecutar (overol o camisa y pantalón o mameluco).

**Subcapítulo 1.10.2** Casco de seguridad tipo jockey para identificar a la categoría ocupación de los trabajadores, los cascos de seguridad serán de colores específicos. Cada empresa definirá los colores asignados a las diferentes categorías y especialización de los obreros.

**Subcapítulo 1.10.3** Zapatos de seguridad y adicionalmente, botas impermeables de jebe, para trabajos en zonas húmedas.

Subcapítulo **1.10.8** Para trabajos en altura, se proveerá al trabajador un cinturón de seguridad formado por el cinturón propiamente dicho, un cabo de Manila de diámetro mínimo de y longitud suficiente que permita libertad de movimientos al trabajador, y que termine en un gancho de acero con tope de seguro.

Subcapítulo **1.10.9** El trabajador, en obras de altura, deberá contar con una línea de vida, consistente en un cable de cuero de 3/8" su equivalente de un material de igual o mayor resistencia.

En el **capítulo II**, con respecto a las **actividades específicas, referidas a las condiciones de seguridad en el desarrollo de una obra de construcción**, se menciona:

En el artículo **2.4** sobre los **trabajos con equipo de izaje**, dice lo siguiente:

En **2.4.1** Todo equipo de elevación y transporte será operado exclusivamente por personal que cuente con la formación adecuada para el manejo correcto del equipo.

En **2.4.2** Los equipos de elevación y transporte deberán ser operados de acuerdo a lo establecido en el manual de operaciones correspondientes al equipo.

En **2.4.3** El ascenso de personas sólo se realizará en equipos de elevación habilitados especialmente para tal fin.

En **2.4.4** Las tareas de armado y desarmado de las estructuras de los equipos de izar, serán realizadas bajo la responsabilidad de un Técnico y por personal idóneo y con experiencia.

En **2.4.5** Para el montaje de equipos de elevación y transporte se seguirán las instrucciones estipuladas por el fabricante.

En **2.4.6** Se deberá suministrar todo el equipo de protección personal requerido, así como previos elementos para su correcta utilización (cinturones de seguridad y puntos de enganche efectivos).

En **2.4.7** Los puntos de fijación y arriostamiento serán seleccionados de manera de asegurar la estabilidad del sistema de izar con un margen de seguridad.

En **2.4.8** Los equipos de izar que se construyan o importen, tendrán indicadas en lugar visible las recomendaciones de velocidad y operación de las cargas máximas y las condiciones especiales de instalación tales como contrapesos y fijación.

En **2.4.9** No se deberá provocar sacudidas o aceleraciones bruscas durante las maniobras.

En **2.4.10** El levantamiento de la carga se hará en forma vertical.

En **2.4.11** No se remolcará equipos con la pluma.

En **2.4.12** No levantar cargas que se encuentren trabadas.

En **2.4.13** Dejar la pluma baja al terminar la tarea.

En **2.4.14** Al circular la grúa, lo hará con la pluma baja, siempre que las circunstancias del terreno lo permitan.

En **2.4.15** Al dejar la maquina, el operador bloqueará los controles y desconectará la llave principal.

En **2.4.16** Antes del inicio de las operaciones se deberá verificar el estado de conservación de estrobos, cadenas y ganchos. Esta verificación se hará siguiendo lo establecido en las recomendaciones del fabricante.

En **2.4.17** Cuando después de izada la carga se observe que no está correctamente asegurada, el maquinista hará sonar la señal de alarma y descenderá la carga para su arreglo.

En **2.4.18** No se dejarán los aparatos de izar con carga suspendida.

En **2.4.19** Cuando sea necesario guiar las cargas se utilizarán cuerdas o ganchos.

En **2.4.20** Se prohíbe la permanencia y el pasaje de trabajadores en la "sombra de caída".

En **2.4.21** Los sistemas de operación del equipo serán confiables y especial los sistemas de frenos tendrán características de diseño y construcción que aseguren una respuesta segura en cualquier circunstancia de uso normal. Deberán someterse a mantenimiento permanente ven caso de duda sobre su funcionamiento, serán inmediatamente puestos fuera de servicios y sometidos a las reparaciones necesarias.

En **2.4.22.** Para los casos de carga y descarga en que se utilice winche con plataforma de caída libre; las plataformas deberán estar equipadas con un dispositivo de seguridad capaz de sostenerla con su carga en esta etapa.

En **2.4.23.** Para la elevación de la carga se utilizarán recipientes adecuados. No se utilizará la carretilla de mano, pues existe peligro de desprendimiento o vuelco del material transportado si sus brazos golpean con los bordes del forjado o losa, salvo que la misma sea elevada dentro de una plataforma de elevación y ésta cuente con un cerco perimetral cuya altura sea superior a la de la carretilla.

En **2.4.24.** Las operaciones de usar se suspenderán cuando se presente vientos superiores a 80 k/h.

En **2.4.25.** Todo equipo accionado con sistemas eléctricos deberá contar con conexión a tierra.

En el artículo **2.4.26.** Con respecto a los **Estrobos y Eslingas**, se menciona lo siguiente:

Se revisará el estado de estrobos, eslingas cadenas y ganchos, para verificar su funcionamiento. La fijación del estrobo debe hacerse en los puntos establecidos; si no los hay, por el centro de gravedad, o por los puntos extremos más distantes.

- Ubicar el ojal superior en el centro del gancho.
- Verificar el cierre del mosquetón de seguridad.

- Al usar grilletes, roscados hasta el fondo.
- Los estrobos no deberán estar en contacto con elementos que los deterioren.
- La carga de trabajo para los estrobos será como máximo la quinta parte de su carga de rotura.

En el artículo **2.4.27** con respecto a **los ganchos**, menciona lo siguiente con respecto a los ganchos:

Los ganchos cumplirán las siguientes prescripciones:

Los ganchos serán de material adecuado y estarán provistos de pestillo u otros dispositivos de seguridad para evitar que la carga pueda soltarse.

Los ganchos deberán elegirse en función de los esfuerzos a que estarán sometidos.

Las partes de los ganchos que puedan entrar en contacto con las eslingas no deben tener aristas vivas.

La carga de trabajo será mayor a la quinta parte de la carga de rotura.

Por cada equipo de izaje se designará a una persona para que, mediante el código gestual, indique las maniobras que el operador debe realizar paso a paso.

El señalador indicará al operador la maniobra más segura y pasará la carga a la menor altura posible.

### **Señales de Izaje.**

#### **Características de las señales gestuales o de izaje:**

Una señal gestual deberá ser precisa, simple, amplia, fácil de realizar y comprender y claramente distinguible de cualquier otra señal gestual.

La utilización de los dos brazos al mismo tiempo se hará de forma simétrica y para una sola señal gestual.

Los gestos utilizados, por lo que respecta a las características indicadas anteriormente, podrán variar o ser más detallados que las representaciones recogidas en el apartado 3, condición de que su significado y comprensión sean, por lo menos, equivalentes.

### **Reglas particulares de utilización.**

- La persona que emite las señales, denominada "encargado de las señales" dará las instrucciones de maniobra mediante señales gestuales al destinatario de las mismas, denominado "operador".
- El encargado de las señales deberá poder seguir visualmente el desarrollo de las maniobras sin estar amenazado por ellas.
- El encargado de las señales deberá dedicarse exclusivamente a dirigir las maniobras y a la seguridad de los trabajadores situados en las proximidades.
- Si no se dan las condiciones previstas en el segundo punto, se recurrirá a uno o varios encargados de las señales suplementadas.
- El operador deberá suspender la maniobra que esté realizando para solicitar nuevas instrucciones cuando no pueda ejecutar las órdenes recibidas con las garantías de seguridad necesarias.

### **Accesorios de señalización general.**

El encargado de las señales deberá ser fácilmente reconocido por el operador.

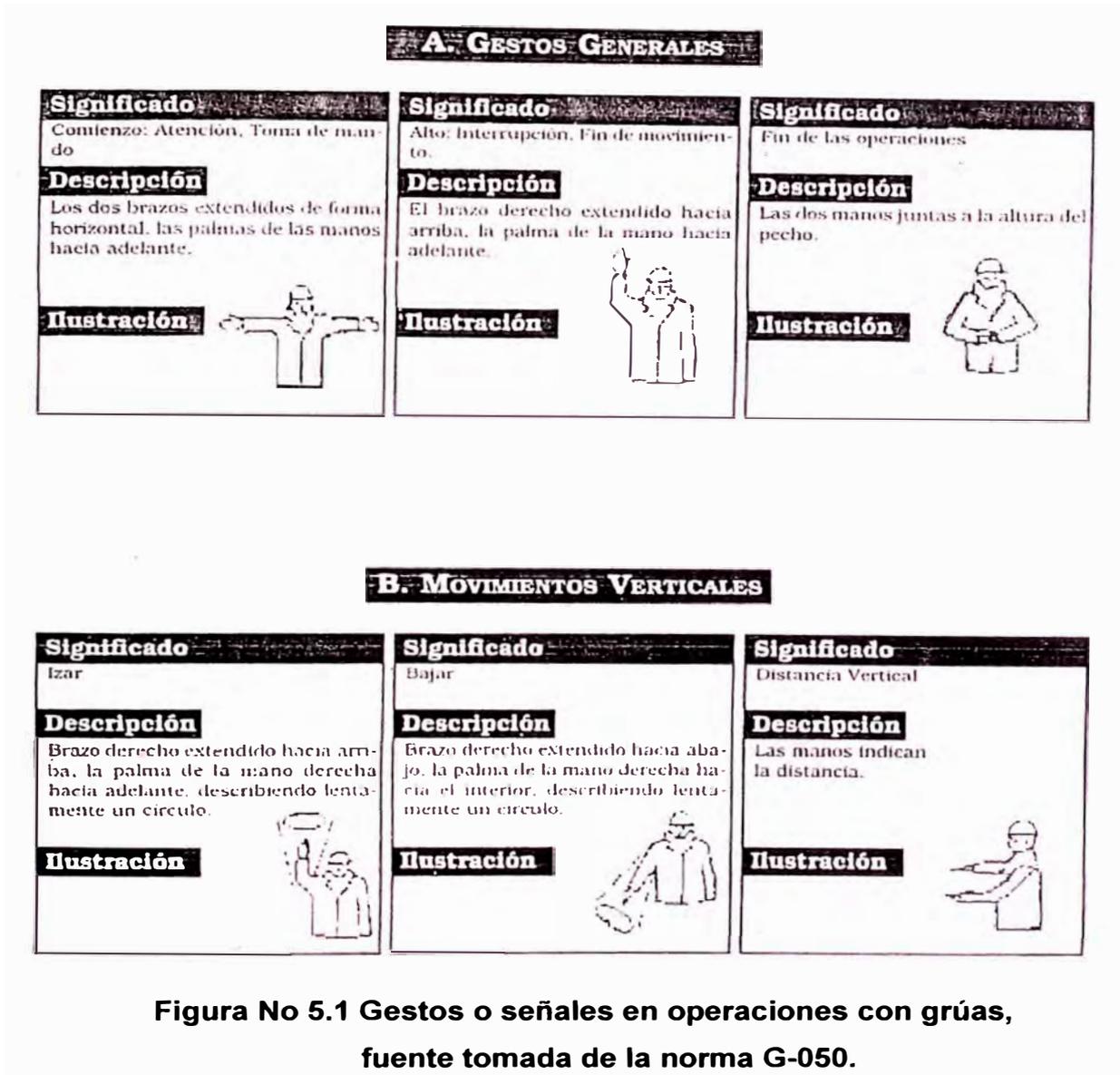
El encargado de las señales llevará uno o varios elementos de identificación apropiados tales como chaqueta, manguitos, brazal o casco y, cuando sea necesario paletas señalizadoras.

Los elementos de identificación indicados serán de colores vivos, de ser posible iguales para todos los elementos, y serán utilizados exclusivamente por el encargado de las señales.

### **Gestos codificados.**

Consideración previa. El conjunto de gestos codificados que se incluyen no impiden que puedan emplearse otros códigos, en particular en determinados

sectores de actividad, aplicables a nivel comunitario e indicadores de idénticas maniobras.



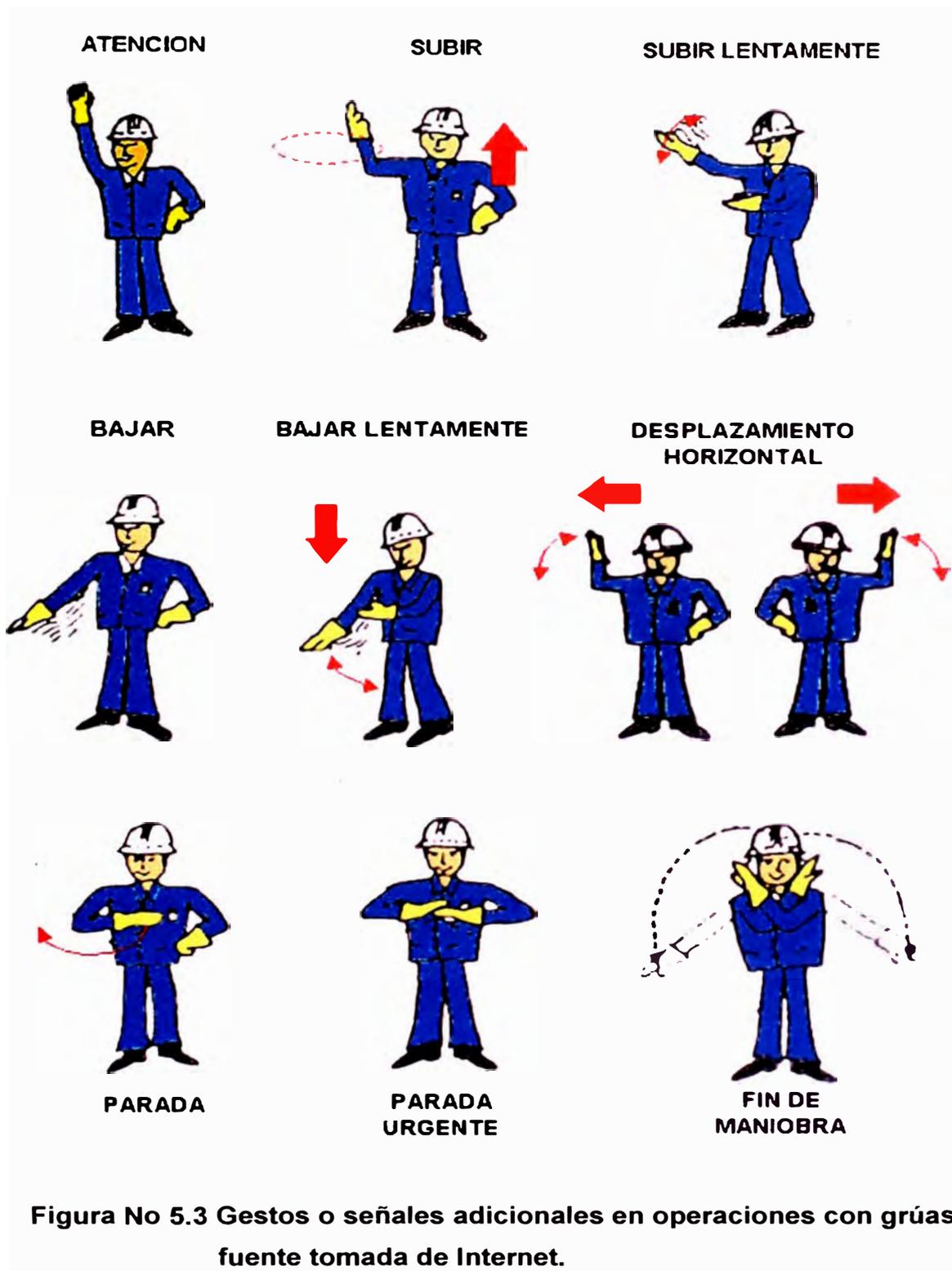
### C. MOVIMIENTOS HORIZONTALES

<p><b>Significado</b> Avanzar</p> <p><b>Descripción</b> Los dos brazos doblados, las palmas de las manos hacia el interior, los antebrazos se mueven lentamente hacia el cuerpo.</p> <p><b>Ilustración</b></p> 	<p><b>Significado</b> Retroceder</p> <p><b>Descripción</b> Los dos brazos doblados, las palmas de las manos hacia el exterior, los antebrazos se mueven lentamente alejándose del cuerpo.</p> <p><b>Ilustración</b></p> 	<p><b>Significado</b> Hacia la derecha: Con respecto al encargado de las señales.</p> <p><b>Descripción</b> El brazo derecho extendido más o menos en horizontal, la palma de la mano derecha hacia abajo hace pequeños movimientos lentos indicando la dirección.</p> <p><b>Ilustración</b></p> 
<p><b>Significado</b> Hacia la izquierda. Con respecto al encargado de las señales.</p> <p><b>Descripción</b> El brazo izquierdo extendido más o menos en horizontal, la palma de la mano izquierda hacia abajo hace pequeños movimientos lentos indicando la dirección.</p> <p><b>Ilustración</b></p> 	<p><b>Significado</b> Distancia horizontal.</p> <p><b>Descripción</b> Las manos indican la distancia</p> <p><b>Ilustración</b></p> 	

### D. PELIGRO

<p><b>Significado</b> Peligro: Alto o parada de emergencia.</p> <p><b>Descripción</b> Los dos brazos extendidos hacia arriba, las palmas de las manos hacia adelante.</p> <p><b>Ilustración</b></p> 	<p><b>Significado</b> Rápido.</p> <p><b>Descripción</b> Los gestos codificados referidos a los movimientos se hacen con rapidez.</p> <p><b>Ilustración</b></p>	<p><b>Significado</b> Lento</p> <p><b>Descripción</b> Los gestos codificados referidos a los movimientos se hacen muy lentamente.</p> <p><b>Ilustración</b></p>
---	--	---

Figura No 5.2 Gestos o señales en operaciones con grúas.  
fuente tomada de la norma G-050.



## 5.2 Identificación de puntos críticos, medidas de seguridad y planes de contingencia.

Para el desarrollo de este capítulo se tomara en cuenta los estudios riesgos, medidas preventivas y normas de seguridad que se deben de cumplir al trabajar con una grúa torre, dispositivos de seguridad, obligaciones y prohibiciones del operador de grúas (Gruista), etc. según el Real Decreto y la Ley de Prevención y riesgos Laborales, junto con otras normas como Unificación de Normas Españolas 58-101-92, el Real Decreto 836/2003 y Notas Técnicas de Prevención como la NTP 125, de España.

### Riesgos y medidas preventivas en la grúa torre.

#### Riesgos directos:

Circunstancias peligrosas	Medidas preventivas
Caída de personas en el desplazamiento por la torre y trabajos en la misma.	En la torre existirá una escala fija, en toda su longitud con aros salvavidas; de no ser así se utilizará cinturón de seguridad con dispositivo paracaídas deslizable por un cable tendido en toda la altura de la torre. Para los trabajos de montaje y desmontaje, los montadores irán provistos de cinturón de seguridad que sujetarán a la estructura. Se utilizará calzado antideslizante.
Caída de personas en el desplazamiento por la pluma, la contrapluma y trabajos en las mismas.	Cuando un operario tenga que subir a la pluma o la contrapluma utilizará cinturón de seguridad. La cuerda salvavidas del mismo se deslizará sobre un cable tendido longitudinalmente a la misma.
Caída de personas desde pasarelas y plataformas de servicio.	En las plataformas de servicio, andamios, pasarelas, etc., existirán barandillas y plintos. El piso será antideslizante.
Desplome de la grúa por rotura del cable de tracción o fallo en los husillos.	Mantener en perfectas condiciones de utilización los elementos auxiliares de elevación, cables, husillos, etc., de acuerdo con lo establecido en la O.G.S.H.T.
Atrapamientos en los puntos de contacto de los cables-poleas o en los engranajes.	Los trabajos de conservación y mantenimiento se efectuarán siempre con la grúa parada. En las poleas, tambores y engranajes, existirán las protecciones adecuadas: cubrepoleas, carcasas, etc. La ropa de trabajo estará ajustada al cuerpo y a las extremidades, los operarios no llevarán anillos, medallas, etc.

**Cuadro No 5.1 Riesgos directos en trabajos con grúas.**  
fuente tomada de Internet.

Circunstancias peligrosas	Medidas preventivas
Contacto eléctrico indirecto, debido a derivaciones del sistema eléctrico a los elementos mecánicos de la grúa.	En las grúas existirá una puesta a tierra asociada a un interruptor diferencial de sensibilidad mínima 300 miliamperios. La resistencia de la puesta a tierra no debe sobrepasar los 80 ohmios. Para conseguir en una grúa móvil una buena toma de tierra es recomendable enterrar un cable de cobre en toda la longitud de la vía, provisto de una piqueta en cada extremo y empalmar cada tramo de ésta a dicho cable con otros del mismo diámetro. Empalmar los dos railes entre sí.
Contacto eléctrico directo, debido al contacto de la carga o de los cables de la grúa con líneas eléctricas aéreas.	Ver NTP-72 (Trabajos con elementos de altura en presencia de líneas eléctricas aéreas).
Atrapamientos de personas entre la grúa móvil y elementos fijos, edificios, maquinaria, etc.	La distancia mínima entre las partes más salientes de la grúa y los obstáculos más próximos será de 70 cm.
Desplome de la grúa torre debido a: Colocación defectuosa de la vía.	El tendido de la vía será rectilíneo y perfectamente horizontal, tanto longitudinal como transversalmente. La separación entre railes será constante.
Deficiencia en el lastre de la base o de la contrapluma.	Deberán seguirse las instrucciones dadas por el fabricante. El lastre de la base puede estar formado por grava en cajones o por bloques de hormigón. Los bloques de hormigón deberán repartirse simétricamente en uno y otro lado del eje de la grúa, estarán tarados y marcados con la indicación de su peso.
Salirse de las vías.	La grúa se deslizará sobre carriles y éstos tendrán en sus extremos unos topes cuya altura no será inferior a los 3/5 del diámetro de la rueda de la grúa; asimismo se utilizarán dispositivos limitadores del recorrido de la grúa situados a un metro de los topes para aumentar la seguridad.
Fallos del terreno en grúas instaladas cerca de zanjas, excavaciones, etc.	Se deberá estudiar perfectamente el paso de la vía junto a zanjas, excavaciones, terraplenes, etc., para evitar el desplome del terreno y la caída de la máquina, tomándose las medidas adecuadas, entibación, relleno, etc., en cada circunstancia.

**Cuadro No 5.2 Riesgos directos en trabajos con grúas.**

fuelle tomada de Internet.

Caída de la carga.	El cable deberá tener la suficiente longitud. Vigilar que haya pestillo de seguridad. Colocar limitadores de carga. Cuidar la distancia a grúas cercanas, edificios, chimeneas, etc. Un programa de conservación y mantenimiento evitará la rotura del cable. Los cables no se usarán para cargas superiores a las que están calculados. Todo cable que presente una deformación o estrangulación debe ser sustituido, así como los que presenten un cordón o varios hilos rotos.
--------------------	---

**Cuadro No 5.3 Riesgos directos en trabajos con grúas.**

fuelle tomada de Internet.

## Riesgos indirectos:

Circunstancias peligrosas	Medidas preventivas
Desplome de la grúa.	No debe utilizarse la grúa con velocidad del viento igual o superior a 60 Km/h. o al límite fijado por el constructor. Cuando la velocidad del viento supere este límite hay que llevar la grúa móvil sobre el tramo de seguridad del rail y anclarla con las tenazas. La pluma debe orientarse en el sentido de los vientos dominantes y ser puesta en veleta (giro libre), desfrenando el motor de orientación. No deben arrancarse con la grúa objetos adheridos al suelo. No deben elevarse cargas con tiros inclinados.
Caída de la carga o parte de ella.	Las cargas de forma alargada se sujetarán con eslingas dobles para evitar que puedan caer por deslizamiento. Cuando sea preciso se guiarán con cuerdas, estando la persona que guía la carga fuera del alcance de caída de la misma. Las plataformas de transporte de materiales estarán apantalladas; de no ser posible el apantallamiento, las cargas se atarán a las plataformas.
Caída de personas al recoger la carga junto a aberturas exteriores (se hace mención de este riesgo, no siendo imputable a la grúa ni a las maniobras con esta máquina realizadas, por considerarlo muy grave y origen de accidentes).	Se instalarán en las plantas de los edificios plataformas en voladizo, dotadas de barandillas y rodapié para la descarga de los materiales.
Caída del gruista.	En caso necesario, el gruista se colocará sobre una plataforma volada del borde del forjado, dotada de barandillas y rodapiés.

### Cuadro No 5.4 Riesgos Indirectos en trabajos con grúas.

fuelle tomada de Internet.

#### Normas de seguridad durante el funcionamiento.

Antes de iniciar el funcionamiento:

El operador de la grúa (Gruista) debe probar el buen funcionamiento de todos los movimientos y de los dispositivos de seguridad. Previamente se deben poner a cero todos los mandos que no lo estuvieran.

Durante el funcionamiento:

- El Gruista debe saber que no se han de utilizar las contramarchas para el frenado de la maniobra.
- Se recomienda para que el cable este tensado no dejar caer el gancho al suelo.
- El conductor de la grúa no puede abandonar el puesto de mando mientras penda una carga del gancho.

- En los relevos debe el Gruista saliente indicar sus impresiones al entrante sobre el estado de la grúa y anotarlo en un libro de incidencias que se guardará en la obra.

- Los mandos han de manejarse teniendo en cuenta los efectos de inercia, de modo que los movimientos de elevación, traslación y giro cesen sin sacudidas. Si estando izando una carga se produce una perturbación en la maniobra de la grúa, se pondrá inmediatamente a cero el mando del mecanismo de elevación.

Los interruptores y mandos no deben sujetarse jamás con cuñas o ataduras. Sólo se deben utilizar los aparatos de mando previstos para este fin.

- Se prohibirá arrancar con la grúa objetos fijos. El conductor debe observar la carga durante la traslación. Dará señales de aviso antes de iniciar cualquier movimiento.

- Se debe evitar dentro de lo posible que la carga vuele por encima de las personas.

- Estará totalmente prohibido subir personas con la grúa así como hacer pruebas de sobrecarga a base de personas.

**Nota: Libro de Incidencias:** Hojas destinadas a hacer anotaciones de control y seguimiento del plan de seguridad y salud y debe mantenerse siempre en la obra, en poder del coordinador en seguridad y salud, y si no fuese necesaria la figura del coordinador, en poder de la dirección facultativa.

#### **Dispositivos de seguridad: Limitadores.**

Aparte de los sistemas mecánicos de seguridad, existen en la grúa limitadores electromecánicos, los cuales estarán siempre reglados y constantemente vigilados.

Son los siguientes:

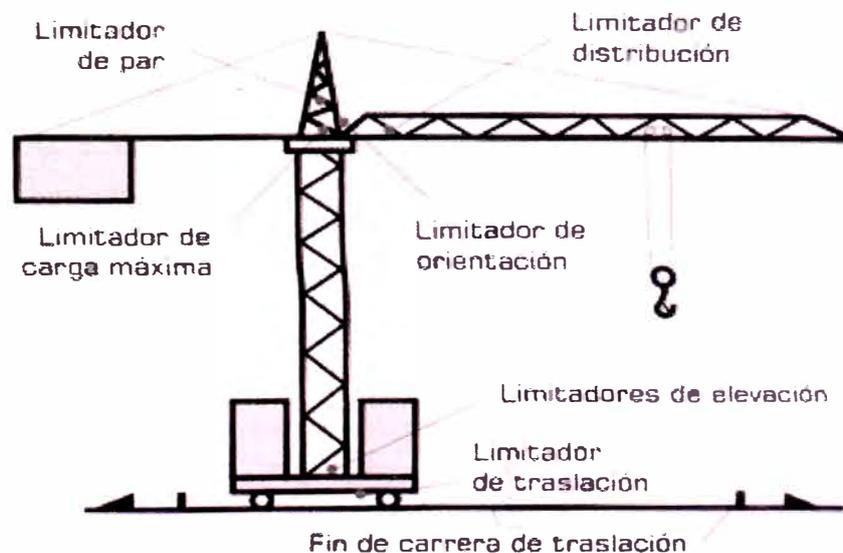
Limitador de par máximo o de momento: corta el avance del carro y la subida del gancho cuando se eleva una carga superior a la prevista para cada alcance. Permite bajar el gancho y retroceder el carro.

Limitador de carga máxima: corta la subida del gancho cuando se intenta levantar una carga que sobrepasa la máxima en un 10%. Permite bajar el gancho.

Limitadores en recorrido en altura del gancho: son dos fines de carrera superior e inferior, de los movimientos de elevación y descenso, que actúan sobre el mecanismo tanto en la subida como en la bajada, pudiendo efectuar el movimiento contrario.

Limitador de traslación del carro: corta el avance del carro de distribución, antes de llegar a los topes de goma, en los extremos de la flecha.

Limitador del número de giros de la torre: actúa sobre el mecanismo de orientación y limita el número de vueltas, dos o tres, de la parte giratoria en uno y otro sentido, con el fin de no dañar la manguera eléctrica. Puede sustituirse este dispositivo colocando un colector de anillos.



**Figura No 5.4 Dispositivos de seguridad en grúas,  
fuente tomada de Internet.**

Además las grúas deben de disponer topes de las vías y sistemas de sujeción del aparato a las vías mediante mordazas, además de poseer escaleras dotadas de aros salvavidas, plataformas y pasarelas con barandillas, cable tendido

longitudinalmente a lo largo de la pluma y la contra-pluma y en su caso cable tendido longitudinalmente a lo largo de la torre.

Nota: Los dispositivos de fin de carrera de traslación, situado a 0,5 metros antes de los topes.

### **Seguridad en el empleo de elementos bajo tensión eléctrica.**

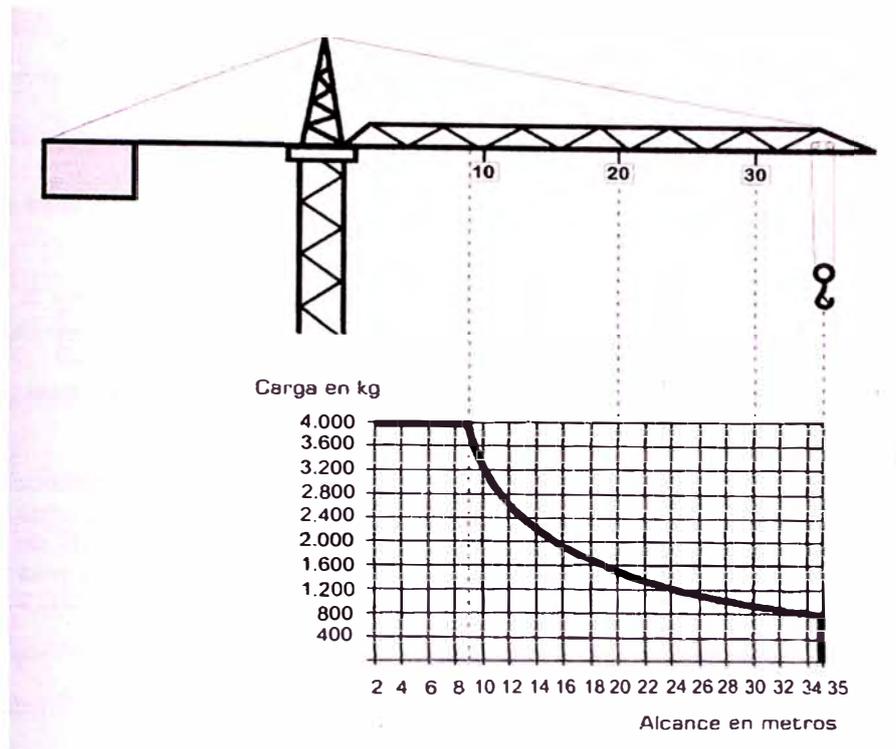
En este caso, la grúa debe de estar provista de dispositivos que impidan a toda persona no autorizada acceder a las piezas bajo tensión y a los órganos cuyo reglaje afecte a la seguridad; en particular, los armarios de contactores deberán estar bajo llave y las cajas que contienen las resistencias protegidas, de manera que impidan la introducción de las manos.

En caso de tener mando a distancia, todos los circuitos de mando y control serán de muy baja tensión.

### **Indicadores de carga y alcances.**

Se fijará sobre la grúa una placa en lugar visible, de forma, tamaño y material adecuado que especifique: alcance, carga máxima y distancia.

Esto es necesario, ya que esta placa indicadora vendrá dada en función de la curva de la Fig. 2, donde por ejemplo si se lleva una carga de 4.000 kg desde el mástil hacia la punta, en el momento en que pase el carro los 9 metros actuará el limitador de par máximo.



**Figura No 5.5 Diagrama de cargas y alcances para grúa torre.**  
fuente tomada de Internet.

### **Elección del operador de la grúa (Gruista).**

La grúa es, seguramente, la máquina más importante de la obra. Por este motivo, deberá ser confiada a una persona responsable y capacitada, ya que del Gruista va a depender la marcha de la obra y, en una parte importante la seguridad de todos los operarios que en ella trabajan.

Por tanto, la conducción de la grúa se hará exclusiva y especialmente designada para ello.

Para regular esta situación, entró en vigor el 5 de mayo de 1998 una Resolución de la Consejería de Economía, por la que se establece los requisitos para la obtención del título de Gruista, que es exigible para manejar grúas torre desmontables de obras.

Para obtener el título de Gruista se necesitará haber superado:

Una prueba previa de conocimientos generales sobre aritmética, dibujo y electricidad.

Un curso teórico-práctico de 200 horas de duración. Las personas que hayan acreditado experiencia profesional en el manejo de dichas grúas, realizarán un curso teórico de 50 horas.

Un examen teórico práctico.

Un examen médico sobre agudeza visual, sentido de la orientación, equilibrio y agudeza auditiva.

### **Actitudes ergonómicas del Gruista (operador de grúas).**

El operario deberá reposar periódicamente dado que los reflejos son muy importantes para manejar adecuadamente la grúa.

Cuando se considere necesario se utilizará la cabina situada en la parte superior de la grúa (caso de poseerla) o la plataforma instalada en voladizo en el último forjado del edificio en construcción.

### **Obligaciones del Gruista (operador de grúas).**

Existirá un libro de obligaciones del Gruista a pie de obra.

Obligaciones diarias del Gruista:

- Comprobar el funcionamiento de los frenos.
- Observar la normalidad de funcionamiento de la grúa, solo si se perciben ruidos o calentamientos anormales.
- Verificar el comportamiento del lastre.
- Colocar la carga de nivelación para evitar que el cable de elevación quede destensado y enrolle mal en el tambor de elevación.
- Al terminar el trabajo subir el gancho hasta el carrito, amarrar la grúa a los carriles, dejar la pluma en dirección al viento, con el freno desenclavado y cortar la corriente.

Obligaciones semanales del Gruista (operador de grúas):

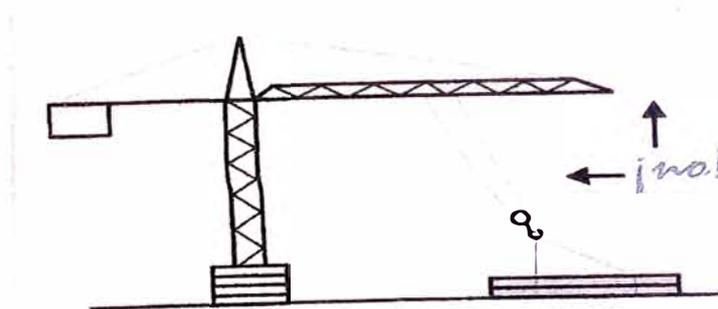
- Reapretar todos los tornillos y principalmente los de la torre, pluma y corona giratoria.
- Verificar la tensión del cable del carro, así como el cable de carga y su engrase.
- Comprobar el buen funcionamiento del pestillo de seguridad del gancho.
- Se deben probar las protecciones contra sobrecargas, interruptores fin de carrera, mecanismo de elevación, izado y descenso de la pluma y traslación en los dos movimientos.
- Comprobar tramos de vía.
- Vigilar las partes sujetas a desgaste, como cojinetes, superficies de los rodillos, engranajes, zapatas de freno, etc., debiendo avisar para su cambio caso de ser necesario.

#### **Prohibiciones del Gruista (operador de grúas).**

El Gruista efectuará solamente operaciones correctas, debiendo conocer aquellas que están terminantemente prohibidas.

La norma UNE 58-101 en su parte segunda indica, entre otras, las siguientes prohibiciones:

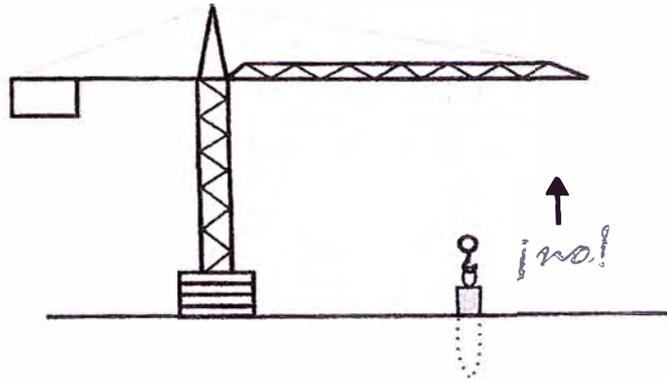
- Utilizar los elementos de elevación para hacer tracciones oblicuas de cualquier tipo.



**Figura No 5.6 Prohibido realizar tiros oblicuos.**

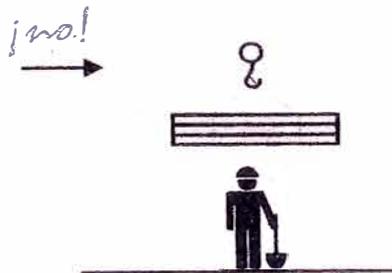
**fuentes tomadas de Internet.**

- Arrastrar o arrancar objetos fijos del suelo o paredes, así como cualquier otra operación extraña a las propias de mantenimiento de caras



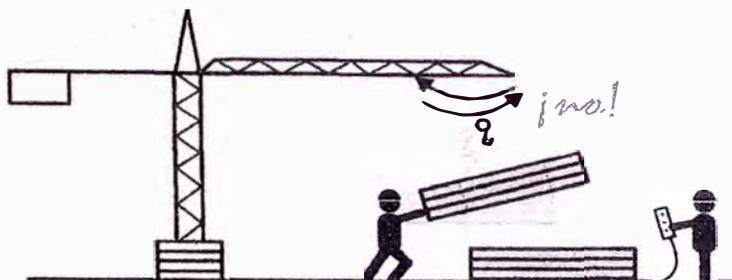
**Figura No 5.7 Prohibido arrancar objetos del suelo o paredes.**  
fuente tomada de Internet.

- Elevar una carga superior a las indicadas en las especificaciones de la grúa.
- Transportar cargas por encima del personal



**Figura No 5.8 Prohibido pasar las cargas por encima del personal.**  
fuente tomada de Internet.

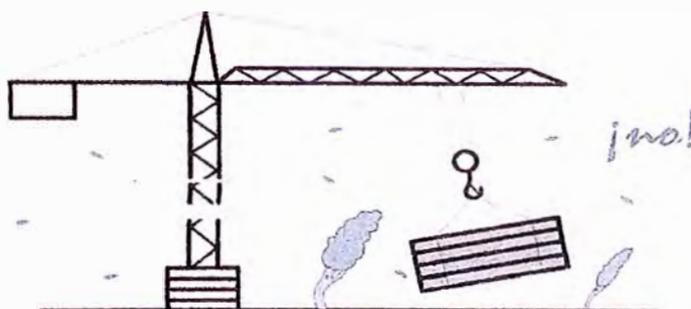
- Transportar cargas por zonas transitadas por viandantes o vehículos si no se ha cortado el paso y señalizado anteriormente.
- Balancear las cargas para depositarlas en puntos donde no llega normalmente el aparejo de elevación.



**Figura No 5.9 Prohibido balancear cargas.**

**fuelle tomada de Internet.**

- Utilizar las grúas para el transporte del personal.
- Trabajar con una velocidad del viento superior a 72 km/h, o cuando las cargas por su forma y tamaño fuesen difíciles de controlar aunque la velocidad del viento sea menor.



**Figura No 5.10 No trabajar con la grúa si el viento impide su correcto dominio, fuente tomada de Internet.**

### **Normas de uso y mantenimiento**

- Controlar la máquina únicamente desde el asiento del conductor.
- Prohibir la presencia de trabajadores o terceros en el radio de acción de la máquina.
- La grúa de celosía no puede utilizarse como medio para transportar personas, excepto que la máquina disponga de asientos previstos por el fabricante con este fin.

- No subir ni bajar con la grúa de celosía en movimiento.
- Durante la conducción, utilizar siempre un sistema de retención (cabina, cinturón de seguridad o similar). Fuera de la obra, en las grúas con ruedas, hay que utilizar el cinturón de seguridad obligatoriamente.
- Al reiniciar una actividad tras producirse lluvias importantes, hay que tener presente que las condiciones del terreno pueden haber cambiado. Asimismo, hay que comprobar el funcionamiento de los frenos.
- En operaciones en zonas próximas a cables eléctricos, es necesario comprobar la tensión de estos cables para poder identificar la distancia mínima de seguridad. Estas distancias de seguridad dependen de la tensión nominal de la instalación y serán de 3, 5 o 7 m dependiendo de ésta.

La prevención de riesgos laborales en el sector de la construcción

- Si la visibilidad en el trabajo disminuye por circunstancias meteorológicas o similares por debajo de los límites de seguridad, hay que aparcarse la máquina en un lugar seguro y esperar.
- No está permitido bajar pendientes con el motor parado o en punto muerto.
- Realizar las entradas o salidas del solar de la obra con precaución y, si fuese necesario, con el apoyo de un señalista.
- Cuando las operaciones comporten maniobras complejas o peligrosas, el maquinista tiene que disponer de un señalista experto que lo guíe.
- Antes de iniciar la jornada laboral, hay que comprobar si las condiciones del terreno (humedad) han cambiado.
- Mantener el contacto visual permanente con los equipos de obra que estén en movimiento y los trabajadores del puesto de trabajo.

- Con el fin de evitar choques (colisiones), deben definirse y señalizarse los recorridos de la obra.
- Evitar desplazamientos de la grúa de celosía en zonas a menos de 2 m del borde de coronación de taludes.
- Comprobar la existencia de placas informativas instaladas en un lugar visible.
- Asegurarse de que el gancho de la grúa dispone de pestillo de seguridad y las eslingas están bien colocadas.
- Revisar el buen estado de los elementos de seguridad.
- Hay que respetar las limitaciones de carga indicadas por el fabricante.
- Bajo ningún concepto un operario puede subir a la carga.
- No abandonar el puesto de trabajo con la grúa con cargas suspendidas.
- Comprobar la correcta colocación de los mecanismos estabilizadores antes de entrar en servicio la grúa.
- Realizar las operaciones de carga y descarga con el apoyo de operarios especializados.
- Si se tiene que apoyar sobre terrenos blandos, se ha de disponer de tablonés para utilizarlos como plataformas repartidoras de carga.
  - Prohibir transportar cargas por encima del personal.
  - Mantener siempre que sea posible la carga a la vista.
  - Prohibir arrastrar las cargas.
- Durante el montaje y desmontaje de la pluma de celosía, nunca acceder a la parte superior de la misma y utilizar elementos auxiliares.
- La retirada de los bulones, pasadores, etc. se ha de realizar mediante la extracción controlada, procurando no golpear de forma violenta.

- En operaciones de mantenimiento, no utilizar ropa holgada, ni joyas, y utilizar los equipos de protección adecuados.
- En operaciones de mantenimiento, la máquina ha de estar estacionada en terreno llano, el freno de estacionamiento conectado, la palanca de transmisión en punto neutral, el motor parado y el interruptor de la batería en posición de desconexión.
- Efectuar las tareas de reparación de la grúa de celosía con el motor parado y la máquina estacionada.
- Los residuos generados como consecuencia de una avería o de su resolución tienen que segregarse en contenedores.

Estacionar la grúa de celosía en zonas adecuadas, de terreno llano y firme, sin riesgos de desplomes, desprendimientos o inundaciones (como mínimo a 2 m de los bordes de coronación). Hay que poner los frenos, sacar las llaves del contacto, cerrar el interruptor de la batería y cerrar la cabina y el compartimento del motor.

## CONCLUSIONES.

- El Sistema de encofrado Túnel (SET), es usado únicamente en edificaciones con muros de ductilidad limitada (EMDL).
- El sistema de encofrado túnel es un sistema de encofrado metálico del tipo industrializado, que permite reducir notablemente los tiempos de ejecución de la obra.
- El diseño arquitectónico en relación a la distribución de los ambientes su ubicación y dimensiones, tiene que estar elaborado en función a las dimensiones de los moldes (paneles-túnel) del sistema de encofrado túnel.
- El sistema de encofrados túnel tiene un número determinado de moldes (paneles-túnel) para toda una planta, cuya ubicación esta marcada en el plano de montaje.
- Este sistema de encofrado requiere de la utilización de una torre-grúa o de una grúa de celosía, para el montaje y desmontaje de los moldes (paneles-túnel) del sistema.
- El personal a cargo del montaje y desmontaje de los moldes (paneles-túnel) debe estar familiarizado con la forma operativa del sistema y de las herramientas usadas para el mismo fin.
- El sistema de encofrado túnel debe quedar bien alineado, aplomado y nivelado, antes de cada vaciado, por tal razón es indispensable contar con un equipo básico de topografía en obra.
- El sistema de encofrado túnel, permite vaciados monolíticos de muros y losa de todo un nivel de piso en una jornada de un día de trabajo.
- Este sistema de encofrado necesita de unos sardineles de 10cm, como guía para facilitar la colocación de los moldes (paneles-túnel), ubicados en las bases de todos los muros.
- A partir del segundo nivel, es necesario la colocación de plataformas, hacia donde se rodaran los moldes (paneles-túnel) para poder izarlos y desmontarlos.

- Las formas definidas de los moldes (paneles-túnel) del encofrado túnel, permiten obtener buenos acabados en muros y losas, que tan solo con un solaqueado final quedan listos para pintar.
- Este tipo de sistema de encofrado de operación simple y repetitiva permite tener un mejor control de la obra así como del desarrollo del proceso constructivo.

## **RECOMENDACIONES.**

### **Con respecto a los encofrados del sistema túnel.**

- Todos los equipos y herramientas e inclusive algunos repuestos, involucrados en el desarrollo del proceso constructivo deben estar obra y totalmente operativos, antes del inicio de los trabajos.
- Al igual que el punto anterior los materiales a ser usados, deben estar comprados en su totalidad y en obra salvo el concreto que de ser premezclado debe estar comprometido y su llegada obra programado con anticipación. En el caso de ser preparado en obra, los materiales llámese cemento arena piedra y aditivos deben estar comprados y puestos en obra en su totalidad previo al inicio de los trabajos.
- El personal a cargo de los trabajos de montaje y desmontaje de los encofrados Túnel, debe estar localizado y contratados, los que deberían participar de una charla y entrenamiento previo sobre la forma de operar con el sistema y de los temas relacionados con la seguridad.
- El importante verificar diariamente el buen estado de la grúa y sus partes así como de las eslingas usadas par el izamiento de los paneles de encofrado del sistema, ya que una falla en momento de operación de montaje puede generar accidentes graves.
- Los vaciados con el Sistema de Encofrado Túnel, se deberían efectuar hasta los días viernes, de tal manera de encargar a una cuadrilla de trabajadores, para que el día sábado realicen el desmontaje, del sistema ya que de no hacerlo, el día lunes tendrían serios problemas para retirarlos.

### **Relacionadas con las edificaciones con muros de ductilidad limitada.**

- Cuando se construya con este tipo de encofrados y de manera industrializada, lo primero que debe solucionarse es la disponibilidad de un concreto idóneo para los espesores tan delgados de muros y losas, un concreto trabajable con asentamiento entre 8" a 10" con incorporación de aditivos super plastificacantes aceleradores del fraguado y aceleradores de resistencias tempranas.
- Las cajas de paso eléctricas y tuberías deben forrarse bien de tal manera que, no se rellenen de concreto al momento del vaciado, de lo contrario obligaría a efectuar un trabajo de repicado y limpieza adicional innecesario.
- Se debe tener en cuenta que si se van a dejar tuberías embebidas (embutidas) en el concreto, sobre todo en muros, estas deberán tener suficiente recubrimiento de concreto, que garantice la no aparición de fisuras. Si ocurre que el espesor de dicho recubrimiento va a ser menor de 2.5cms, es conveniente usar mallas pajareras adosadas a los ductos con alambre. De esta forma se minimizan los problemas de fisuración asociados al poco recubrimiento.
- Con respecto a las instalaciones sanitarias, es recomendable trabajar las baterías de los servicios (Baños, cocinas, lavanderías, etc.) en banco previo al armado del encofrado y tenerla listas solo de montarlas. Así mismo con respecto al acero de refuerzo, al haber simetría y semejanza de un piso a otro es posible habilitar y armar con anticipación todo el acero que sea posible, que este solo de tomarlo y colocarlo en la posición que le corresponda.
- Los moldes o paneles del Sistema de Encofrado Túnel, deben limpiarse y lubricarse todos los días después de desmontarlos, inclusive los fines de semana de tal modo que el día lunes estén listo para el montaje.
- Debe tenerse especial cuidado en la elaboración de los sardineles ya que de su buena ejecución depende no tener problemas en el montaje de los encofrados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre de Yraola Fernando, "Encofrados Túnel", mamografía del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y el Cemento, No 355, 1978, pp 47, Madrid-España. Internet.
- ANDAMIOS DALMINE S. A., División Construcción, sistema de paneles especiales, encofrados semi-túnel, Barquisimeto, Edo. Lara, Venezuela. Internet.
- Álvarez Coronado Juan Anselmo, Anglas Cisneros Eduardo, "Los Encofrados en La Edificación", Tesis de Grado, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, UNI-FIC, Lima-Perú 1966.
- Ávila Fernández José "Técnicas Modernas en Obras de Concreto Armado", Informe de Suficiencia, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, UNI-FIC, Lima-Perú 2005.
- APADANA BANA COMPANY, Tunnel Formwork System, Tunnel form systems is preferred for all type of building projects due to its speed and quality, Iran 2008, Internet.
- Catalogo, FORSA 2010.
- CONCRETE CONSTRUCTION MAGAZINE, "Building Fast", Residential Concrete Magazine, 01 enero 2006, Internet.  
  
Encofrados EFCO, Tipo de proyectos Paneles, Losas, Encofrados, Apuntalamientos, documento MHTML Internet.
- Figueroa Cadillo Robert Giovanni, "Productividad en el Sistema de encofrado Metálico", Informe de Suficiencia, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, UNI-FIC, Lima-Perú 2005.
- FORSA S. A. "Verticalidad y buen plomo en vértices y aristas, fundamentos del sistema FORSA", documento MHTML, Internet. 2010.

- García Mendoza Miguel Ángel, "Sistema de encofrados Ulma en edificaciones de obras civiles", Informe de suficiencia, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, UNI-FIC, Lima-Perú 2005.
- Ing. Jaureguiberry Mario, "Norma Grúas", Facultad de Ingeniería Industrial Seguridad e Higiene. Publicación de Internet. PDF Internet.
- MESA IMALAT, "Tunnel form Systems", Modular Tunnel form, and Classic Tunnel form, Ankara Turkey. Internet.
- Nalvarte Romero Henry Cristhians, "Diseño de Encofrados Tradicionales de Madera", Informe de Suficiencia, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, UNI-FIC, Lima- Perú 2002.
- Nasvik, Joe, "Building with tunnel forms: of the many benefits of tunnel forms, speed is paramount". Concrete Construction Publication, October 2003, Internet.
- Norma de Seguridad en La Operación de Grúas, PDF Internet, ACP Agosto 2004.
- PERI S. A. U. España, Encofrados, Andamios, Sistemas, documento MHTML Internet.
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Seguridad Durante la Construcción, Norma G-050, Lima Perú 2010.
- Tamborero de Pino José, Grúas torre. Recomendaciones de seguridad en el montaje, desmontaje y mantenimiento (II), Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, PDF Internet.
- TUNNEL FORMS PAGE, Tunnel Forms by Outinord, Outinord is a French Corporation, publication Jan 2009, Internet.
- TRANSKON GROUP OF COMPANIES, Formwork Systems, Tunnelystem, Malaysia, Internet.

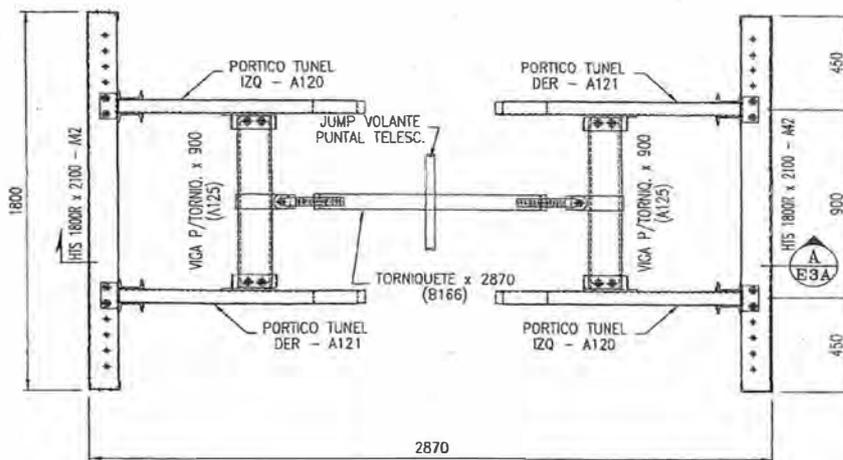
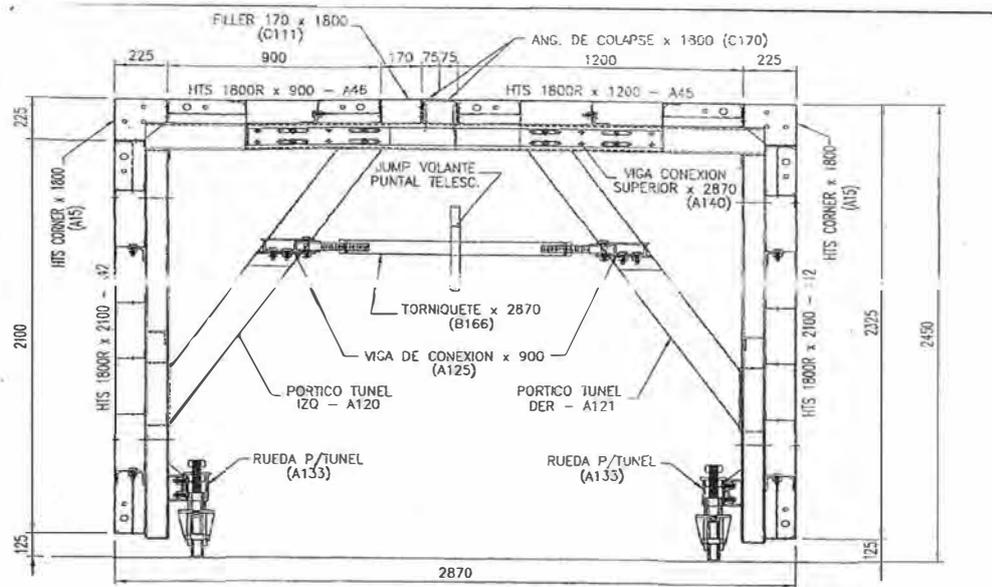
- UNISPAN, Sistema de Encofrados y Andamios Metálicos, documento MHTML, Internet, 2010.

ULMA Construcciones, asesoramos, organizamos montajes, formamos y ayudamos a pie de obra, documento MHTML, Internet, 2010.

- Vega Arias Javier, "Aparatos de Elevación. Reglas de Calculo", Normas UNE 58-132-91, Grúas Torre, Monografias.com, Internet.

- WORLD HOUSING ENCYCLOPEDIA, Housing report, "Tunnel form building", 15-10-2003 Turkey.

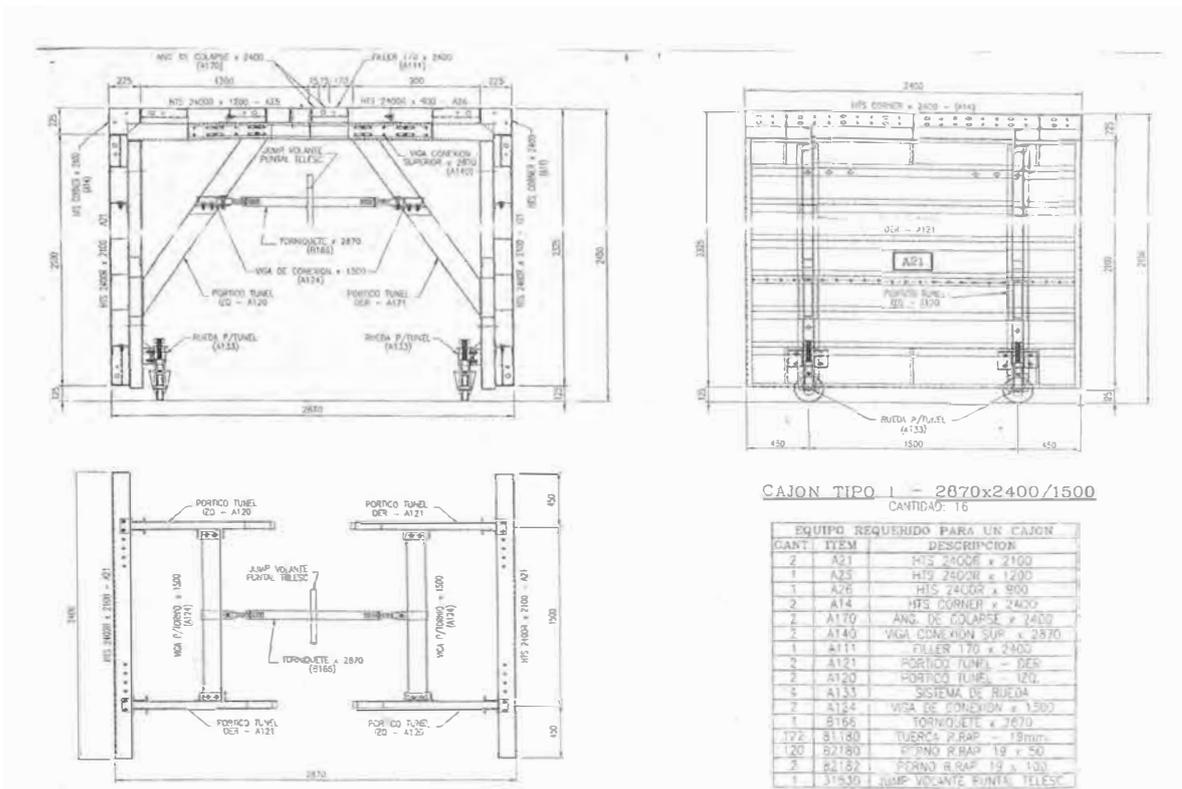
**ANEXOS.**



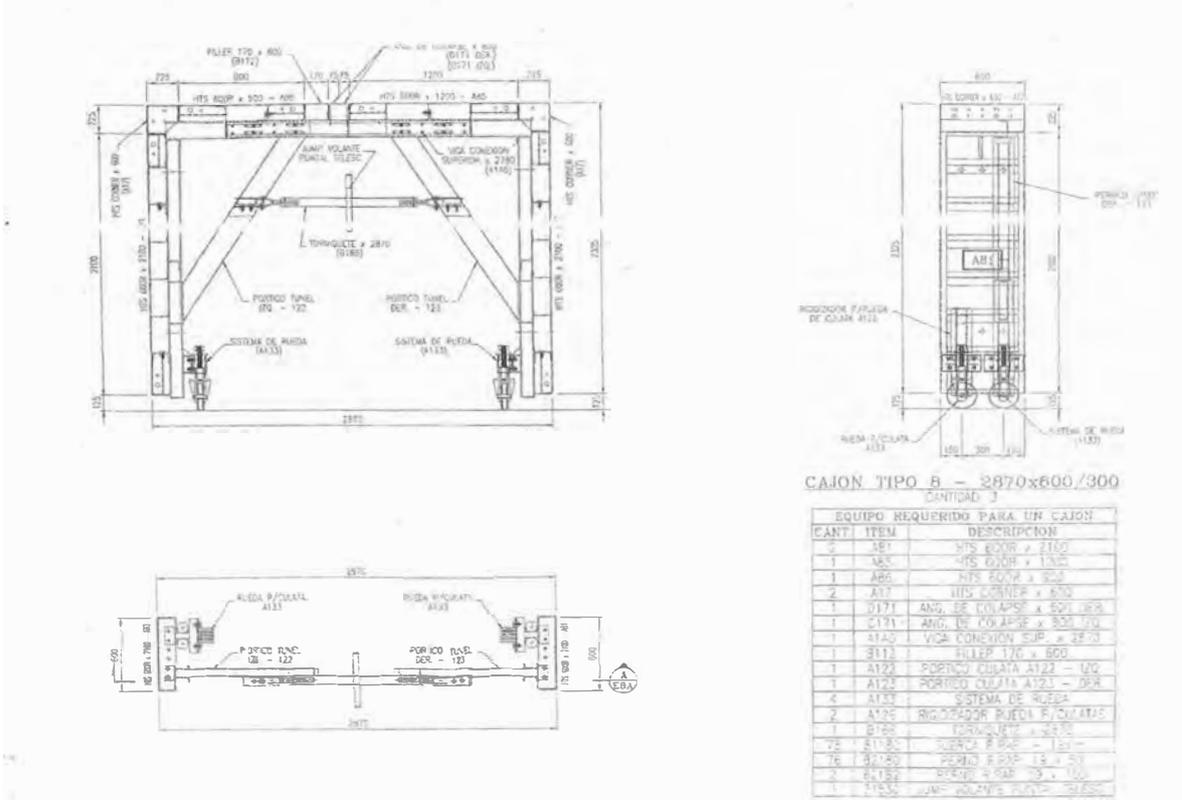
**CAJON TIPO 3-A - 2870x1800/900**  
CANTIDAD: 02

EQUIPO REQUERIDO PARA UN CAJON		
CANT.	ITEM	DESCRIPCION
2	A42	HTS 1800R x 2100
1	A45	HTS 1800R x 1200
1	A46	HTS 1800R x 900
2	A15	HTS CORNER x 1800
2	C170	ANG. DE COLAPSE x 1800
2	A140	VIGA CONEXION SUP. x 2870
1	C111	FILLER 170 x 1800
2	A121	PORTICO TUNEL -- DER.
2	A120	PORTICO TUNEL - IZO.
4	A133	SISTEMA DE RUEDA
2	A125	VIGA DE CONEXION x 900
1	B166	TORNIQUETE x 2870
74	81180	TUERCA R.RAP. - 19mm.
72	82180	PERNO R.RAP. 19 x 50
2	82182	PERNO R.RAP. 19 x 100
1	31530	JUMP VOLANTE PUNTALE TEDESC.

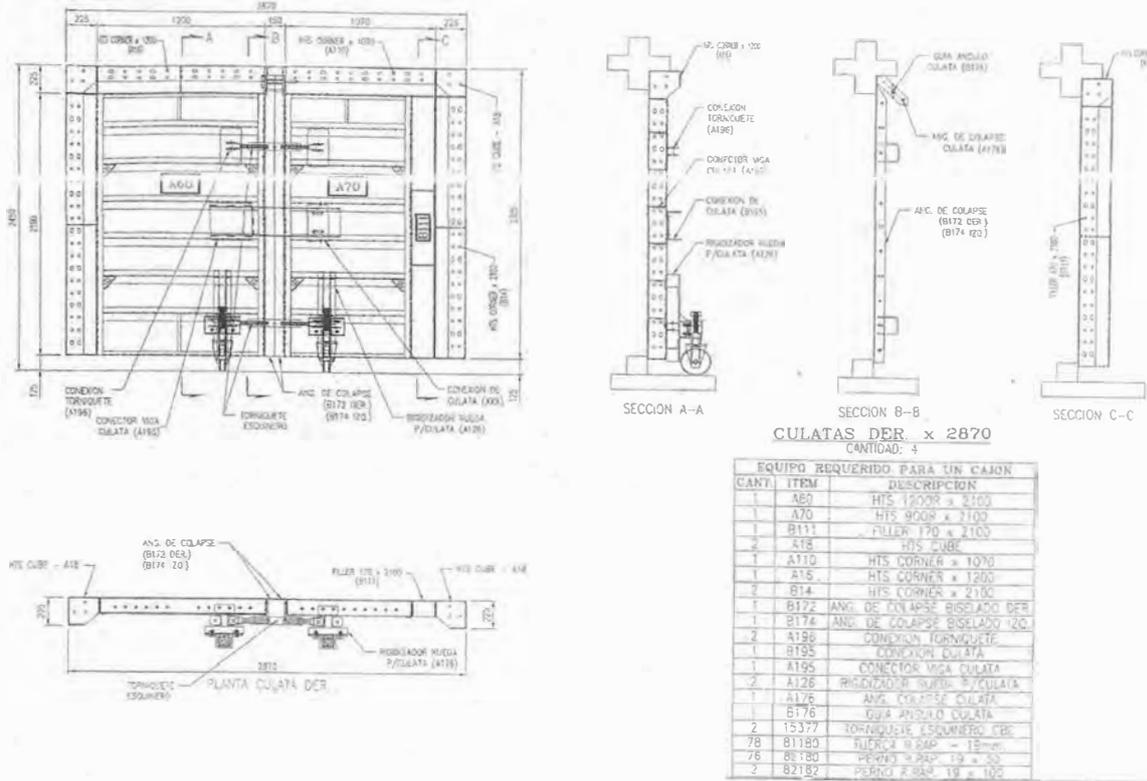
**Panel-Túnel EFCO de 2.87mx1.8m Sistema de Encofrado Túnel**



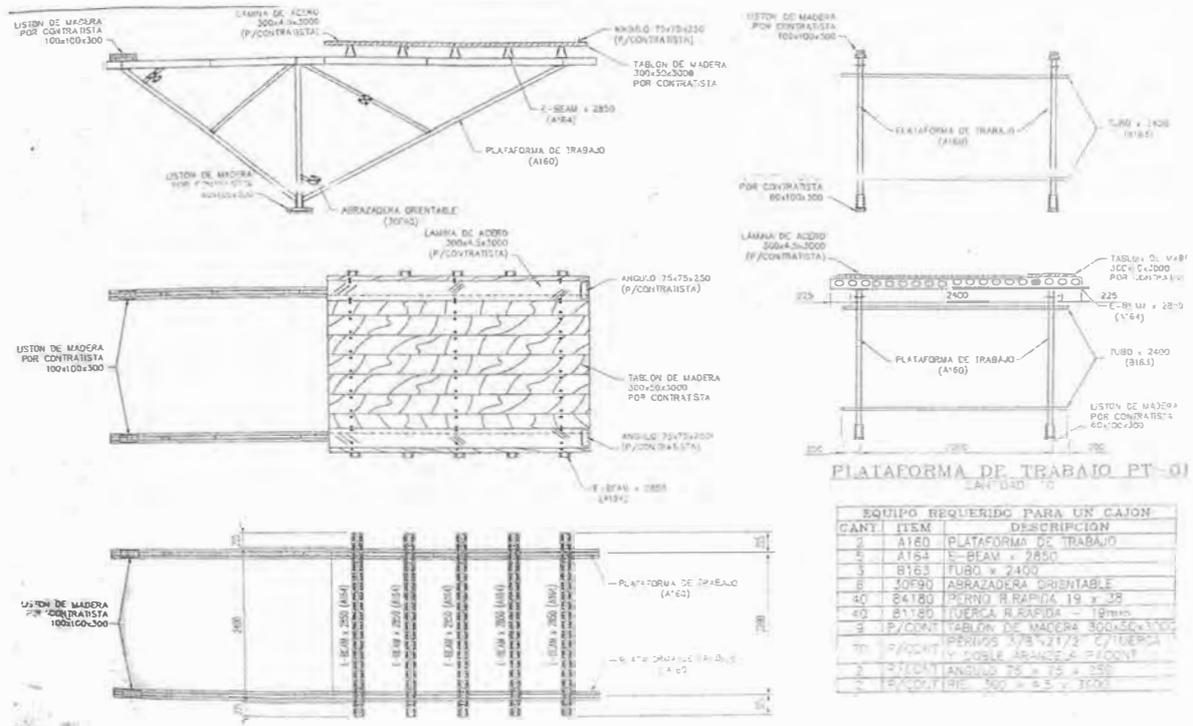
Panel-Túnel EFCO de 2.87mx2.40m del Sistema de Encofrado Túnel



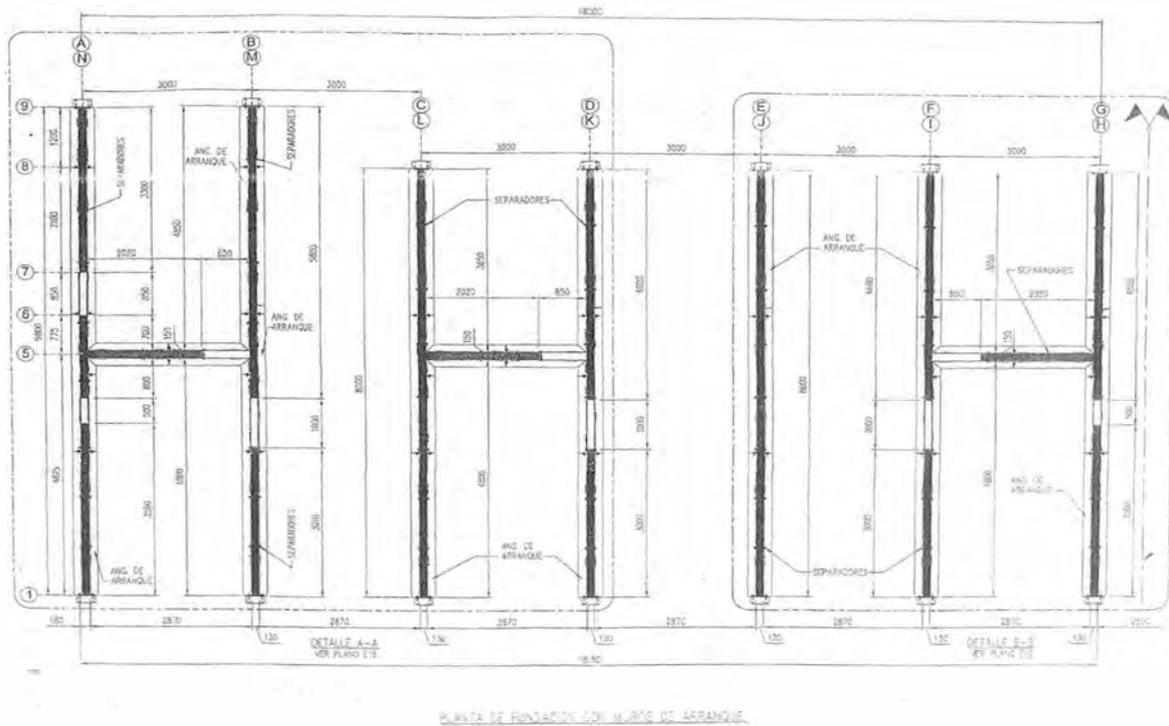
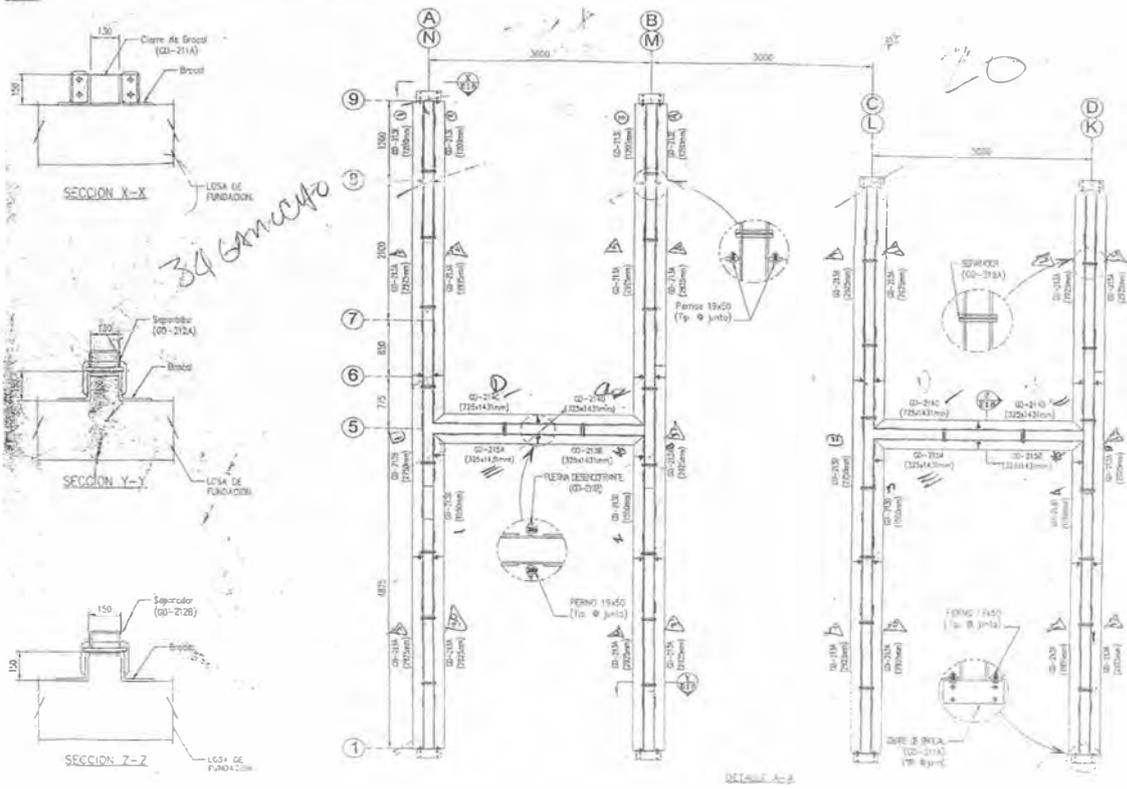
Panel-Túnel EFCO de 2.87mx0.60m del Sistema de Encofrado Túnel



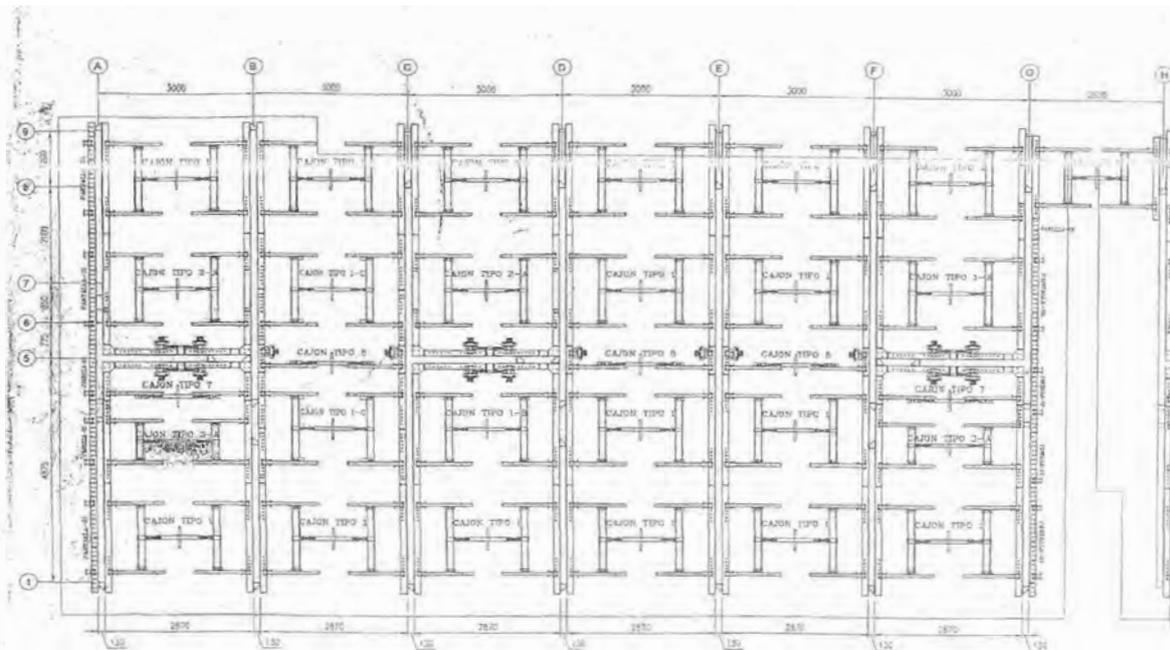
**Panel-culata EFCO 2.87m Sistema de Encofrado Túnel**



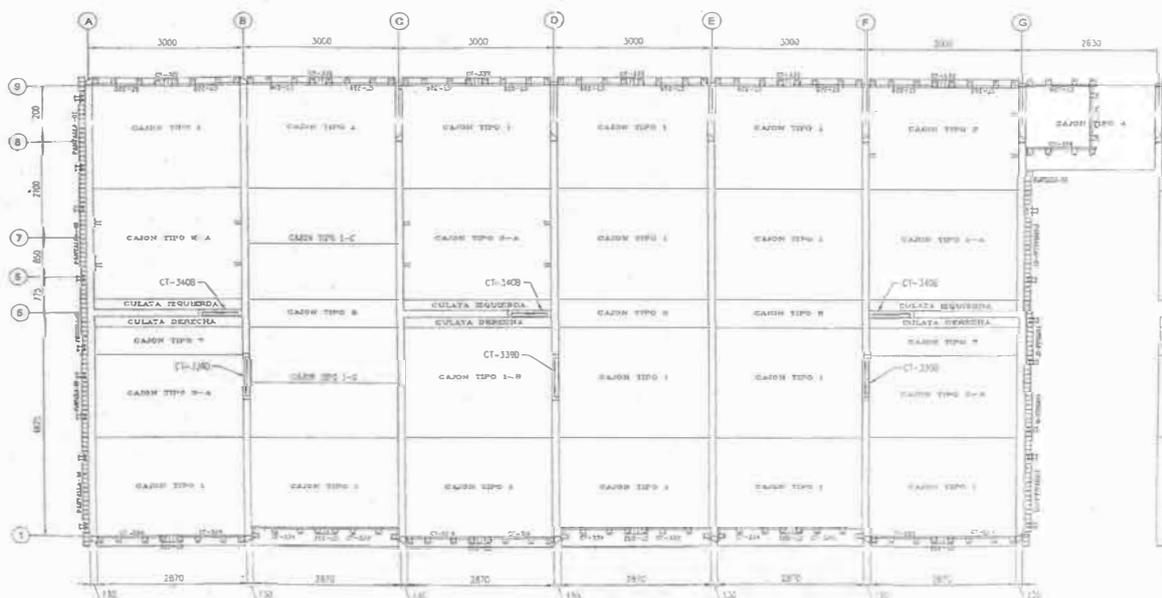
**Plataforma de Trabajo EFCO Sistema de Encofrado Túnel**



### Encofrado de Sardineles EFCO Sistema de Encofrado Túnel

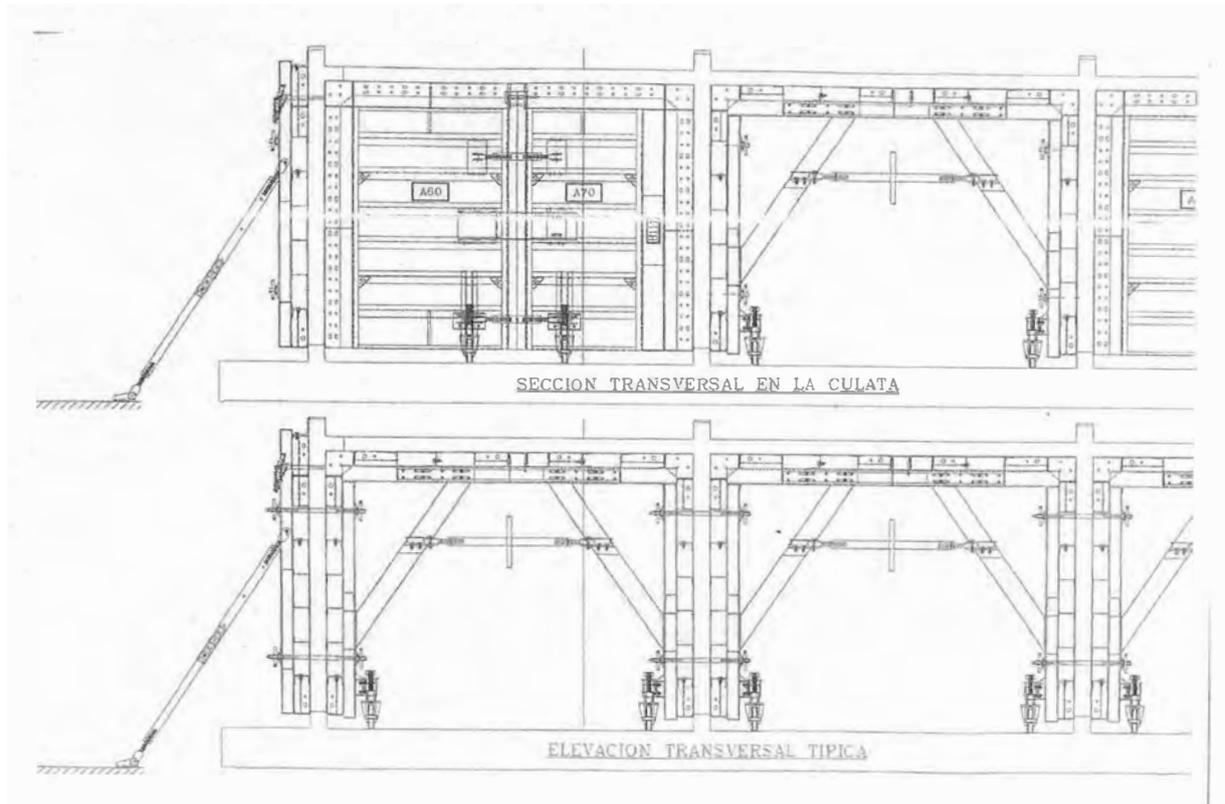


PLANTA TÍPICA DISTRIBUCIÓN DE CAJONES A NIVEL DE PORTICOS

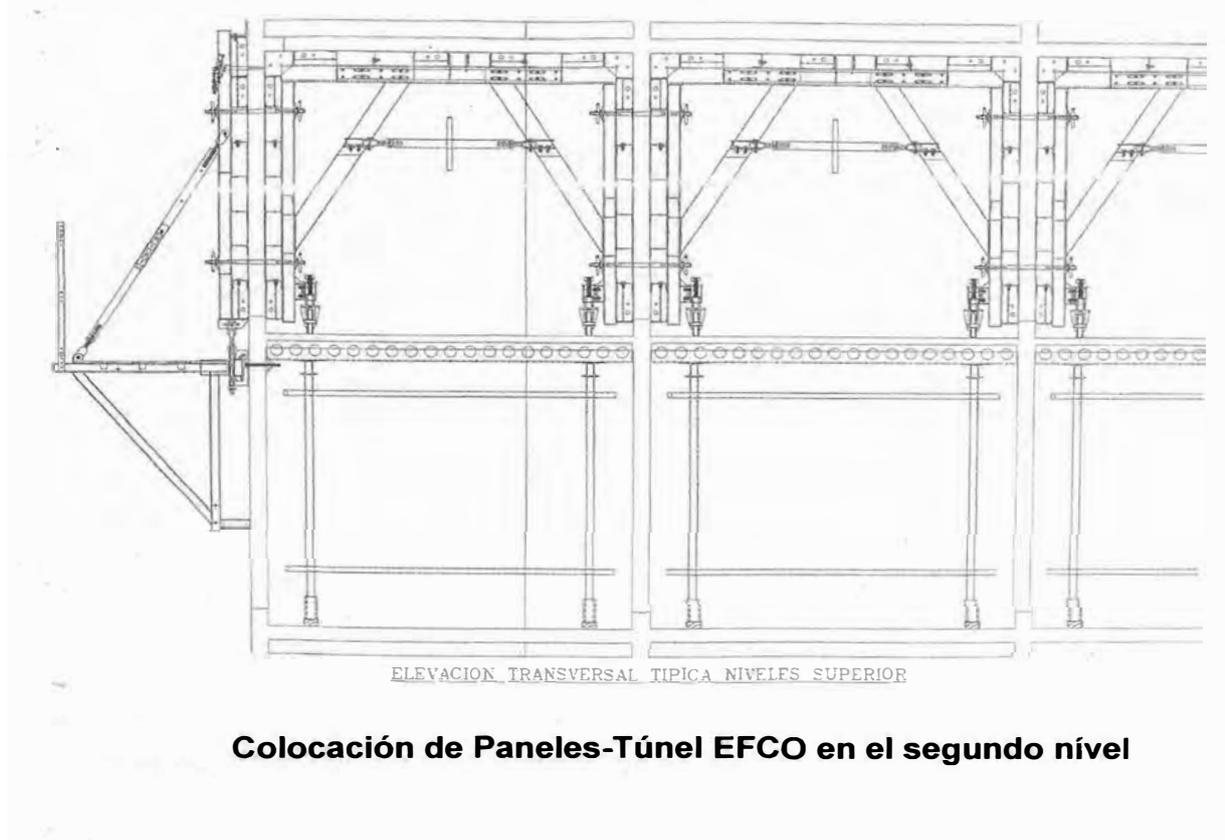


PLANTA TÍPICA DISTRIBUCIÓN DE CAJONES MAS CIERRE DE LOSA

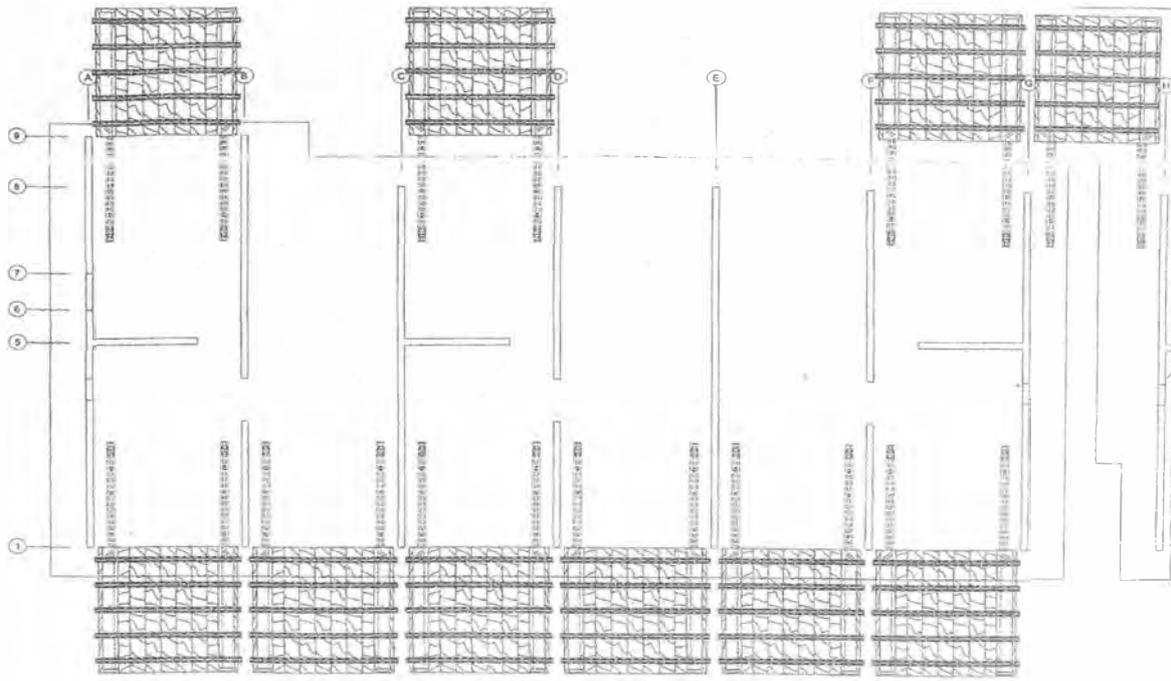
**Plano de Montaje de Paneles-Túnel EFCO**



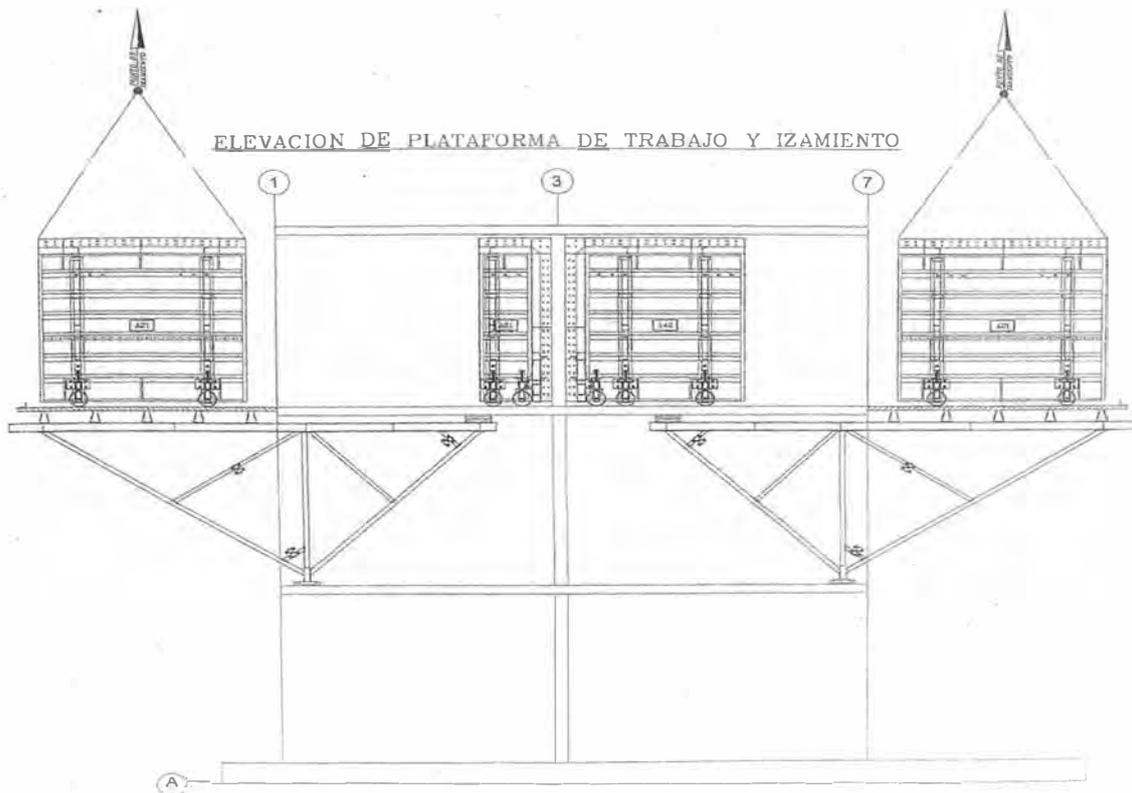
**Colocación de Paneles-Túnel EFCO en el primer nivel (arranque)**



**Colocación de Paneles-Túnel EFCO en el segundo nivel**



PLANTA TÍPICA DISTRIBUCIÓN DE PLATAFORMA DE TRABAJO



ELEVACION DE PLATAFORMA DE TRABAJO Y IZAMIENTO

## Plataformas de Trabajo, Desmontaje Sistema de Encofrado Túnel EFCO