

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



**“ANÁLISIS DE PROCESOS Y RENDIMIENTOS
CONSTRUCTIVOS PARA ELEMENTOS POSTENSADOS EN
EDIFICIOS”**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

WENDHELT CAMONES MOLLEPAZA

Lima- Perú

2014

DEDICATORIA

Para mi hija Romina que es la luz de mi vida, para mi esposa Sulma que se levanta todas las noches a atender a nuestra hija para que yo duerma un poco más.

Para mis amigos de la facultad Jorge, Franz, Omar, Javier, Marcio que siempre me levantaron los ánimos y sobre todo para mis padres que me apoyaron tanto en los momentos más difíciles de mi vida, a ustedes viejitos los amo demasiado.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS	7
INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES	10
CAPÍTULO II: DEFINICIONES	11
CAPÍTULO III: PROCESOS Y RENDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS PARA ELEMENTOS POSTENSADOS	12
3.1. INFORMACION GENERAL DE LOS MATERIALES PARA LOSAS POSTENSADAS.....	12
3.1.1. Acero pretensado.....	12
3.1.2. Concreto	12
3.1.3. Acero pasivo	12
3.1.4 Forma De Trabajo.....	13
3.1.5 Estructuras Postensadas Con Tendones Adherentes	18
3.1.6 Estructuras Postensadas Con Tendones No Adherentes.....	19
3.1.7 Juntas	19
3.1.8 Normas y reglamentos de referencia.	19
3.2. MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CABLES	20
3.3. INSTALACION.....	21
3.3.1 Procedimiento General De Instalación	21
3.3.2 Procedimiento De Instalación Para Losas Postensadas	21
3.3.3 Procedimiento De Instalación Para Vigas Postensadas.....	25
3.3.4 Revisión De La Losa Antes Del Vaciado.....	26
3.4. COLOCACION DEL CONCRETO.....	27

3.5 TENSADO Y ACABADO FINAL DEL CABLE	28
3.5.1 Preparación Para El Tensado.....	28
3.5.2 Tensado De Cables.....	30
3.6. PROCEDIMIENTOS DE INYECCIÓN PARA ESTRUCTURAS POSTENSADAS.....	33
3.6.1 Materiales	33
3.6.2 Dosificación	34
3.6.3 Descripción De La Operación De La Inyección	35
3.6.4 Control De Calidad Y Registros	37
3.6.5 Tratamiento De Las Muestras:.....	38
3.6.6 Seguridad Y Medioambiente.....	40
3.7. PROBLEMAS QUE PUEDEN SURGIR EN OBRA Y SUGERENCIAS.....	41
3.8. SECUENCIA CONSTRUCTIVA.....	45
3.9 RENDIMIENTOS DE AVANCE POR CUADRILLAS	46
3.10 NORMAS Y REGLAMENTOS DE REFERENCIA.....	47
CAPÍTULO IV: APLICACIÓN EN EDIFICIOS DE SAN ISIDRO - LIMA	49
4.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO	49
4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:	50
4.3 COMPARATIVA ECONÓMICA.....	52
4.4 CRONOGRAMA COMPARATIVO	56
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1.-CONCLUSIONES	57
5.2.- RECOMENDACIONES.....	60
BIBLIOGRAFIA.....	61
ANEXOS	62

RESUMEN

- El presente Informe de Suficiencia reúne los procesos constructivos para la instalación de losas postensadas, en el cual se detallan los procedimientos a seguir como:
- El almacenamiento de cables, los cuidados que se deben tener en cuenta y el área propicia con su respectiva protección.
- El método de instalación con sus respectivos procedimientos normados.
- La correcta colocación del concreto en el elemento postensado para luego tras llegar a tensarlo y darle el acabado final del cable. El cable no debe ser tensado hasta que el concreto posea la resistencia especificada para poder resistir las nuevas fuerzas que se generan.
- En el Perú los procedimientos constructivos para construir una estructura postensada aún no se generaliza y en el rubro de la construcción es un sistema novedoso que trae muchas ventajas en tiempo, costo y durabilidad de obra, lo cual es importante mencionar que por un diferente proceso constructivo implicará afectar los demás procedimientos precedentes y consecuentes como el habilitado y armado de acero, el encofrado, desencofrado y vaciado de concreto de la estructura, por tanto el objetivo principal de este presente informe es establecer procedimientos y rendimientos para losas postensadas de un edificio de Lima.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N°1.-	Definiciones	11
Cuadro N°2.-	Información general del acero pretensado	13
Cuadro N°3.-	Alternativas de dosificación	35
Cuadro N°4 -	Presiones en intervalo de tiempo	38
Cuadro N°5.-	Ensayos que deben ser elaborados en el proceso de inyección.	39
Cuadro N°6.-	Cuadro de rendimientos	47
Cuadro N°7.-	Rendimientos en la instalación para losas postensadas.	48
Cuadro N°8.-	Cuadro de descripción de ambientes del edificio	51
Cuadro N°9.-	Cuadro de costos de precios de losas aligeradas por m2	54
Cuadro N°10.-	Cuadro de costos de precios de losas postensadas por m2	54
Cuadro N°11.-	Cuadro de ratios de costos de obras preliminares	54
Cuadro N°12.-	Cuadro de ratios de costos de estructuras	55
Cuadro N°13.-	Cuadro de ratios de costos generales	55
Cuadro N°14.-	Presupuesto con losas aligeradas	56
Cuadro N°15.-	Presupuesto con losas postensadas	56
Cuadro N°16.-	Distorsión en el tiempo de cada procedimiento	57

LISTA DE FIGURAS

Figura N°1.- Diagrama de momentos y deformaciones	14
Figura N°2.- Fuerza compresiva p	14
Figura N°3.- Diagrama de deformaciones y tensiones	15
Figura N°4.- Fuerza compresiva con excentricidad	15
Figura N°5.- Diagrama de deformaciones y tensiones con excentricidad	16
Figura N°6.- Diagrama de momentos flectores producidos por q.	16
Figura N°7.- Diagrama de fuerzas axiales producidos por p	17
Figura N°8.- Diagrama con fuerza w de sentido contrario q	17
Figura N°9.- Diagrama de momentos	17
Figura N°10.- Fuerzas de desviación producidas por los tendones	18
Figura N°11.- Fuerzas de desviaciones en dos direcciones	18
Figura N°12.- Imagen de tendón adherente	19
Figura N°13.- Imagen de tendón no adherente	20
Figura N°14.- Vista de una junta de vaciado	21
Figura N°15.- Anclaje y Cono deberán colocarse perpendiculares a anclaje de piso.	23
Figura N°16.- Recortar la funda de cable hasta no más de 3 cm de la cara del anclaje.	25
Figura N°17.- Posicionamiento de horquillas Ø8 mm	25
Figura N°18.- Eliminación del encofrado y del tapón de plástico	29
Figura N°19.- Proceso de tensado durante el cual no hay operaciones cerca del gato hidráulico.	32
Figura N°20.- Cono normado según la ASTM	41
Figura N°21.- Detalle típico de copla	43
Figura N°22.- Vista satelital de la ubicación de la obra	50
Figura N°23.- Vista de oficinas acabadas	52

Figura N°24.- Imagen aérea tomada desde la torre grúa	52
Figura N°25.- Plano de cables de un techo típico	53
Figura N°26.- Vista 3D de la torre terminada	53
Figura N°27.- Comparativa grafica entre la construcción con losas aligeradas y postensadas	59

LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

Ton	:	Toneladas
Kg	:	kilogramos
HH	:	Horas Hombre
HM	:	Horas Maquina
M3	:	Metros cúbicos
mm	:	Milímetros
m	:	Metros
cm	:	Centímetros
°C	:	Grados
H0	:	Hora inicial
Hf	:	Hora Final
HD	:	Hombre Día
PP	:	Polipropileno
PSI	:	Libra por pulgada cuadrada
Bar	:	Unidad de presión aproximadamente equivalente a 1 atm
PVC	:	Policloruro de vinilo
REND m/HH	:	Rendimiento metros lineales por hora hombre
REND m2/HH	:	Rendimiento metros cuadrados por hora hombre
ϵ_{b1}	:	Deformación en la capa superior a compresión
ϵ_{b2}	:	Deformación en la capa inferior a tracción
σ	:	Esfuerzo
e	:	Excentricidad

INTRODUCCIÓN

El proyecto surge de la necesidad de dar a conocer una tipología de estructura relativamente desconocida, intentado ofrecer una perspectiva lo suficientemente amplia de la misma como para que el estudiante/profesional sea capaz de conocer su proceso constructivo con el fin de llegar a comprender cuales son las ventajas e inconvenientes que tiene este tipo de estructura frente otros tipos de losa utilizados actualmente en edificación.

Las losas postensadas consisten en unas losas con armaduras activas, las cuales, se tesan una vez fraguado el concreto y alcanzada la resistencia necesaria para resistir las tensiones inducidas. El tesado de la armadura activa induce unas tensiones en la losa generalmente de signo opuesto a las acciones gravitatorias aplicadas (peso propio, sobrecargas...etc.) con lo que se obtiene un mejor comportamiento de la estructura. Las cargas transmitidas por el tesado se resumen en fuerzas que comprimen la estructura en los anclajes y fuerzas de desviación inducidas por el trazado curvilíneo de los tendones. Las fuerzas inducidas en los anclajes (compresión) tienen como finalidad contrarrestar las tensiones, generalmente de tracción, que posteriormente se producirán en dichos puntos de la estructura.

Aunque en Europa se tenía ya experiencia en el uso del postensado en puentes y otras tipologías constructivas, en edificación fue EEUU el pionero en la utilización del postensado como sistema constructivo. El primer ejemplo de utilización de losas postensadas en edificios data de 1955, en edificios construidos mediante el sistema "lift-slab" que consiste en vaciar las losas en planta baja sirviendo unas de encofrado de las otras y posteriormente izarlas hasta su posición definitiva. En estos primeros ejemplos el postensado surgió de la necesidad de aligerar el peso reduciendo las flechas y la fisuración del concreto armado. A principios de los 60, Lin introdujo la técnica del "Load Balancing" o compensación de cargas lo que permitió visualizar el postensado como un sistema de cargas que actuaban en el concreto en el sentido opuesto a las cargas externas de uso. En los países europeos existieron reticencias al uso de este tipo de estructuras debido a la ausencia de Instrucciones para el diseño de las estructuras, ausencia de comparativos económicos de este tipo de estructuras frente a otras utilizadas hasta entonces, el carácter conservador de proyectistas

y constructores así como la especialización que necesita este tipo de estructuras. No fue hasta los 70 cuando se empezaron a poner a punto normativas y recomendaciones que facilitaban el proyecto de las losas postensadas.

Actualmente y cada vez más los espacios diáfanos van cobrando importancia en nuestras vidas intentando buscar la flexibilidad de usos, así como, diversidad de distribuciones interiores. Este tipo de estructura permite aumentar las luces entre pilares por lo que se reduce el número de éstos con las consiguientes ventajas que ello supone.

Una de las mayores restricciones, sino la mayor, de utilizar grandes luces son las alturas necesarias para las estructuras. Estos limitan en gran medida las edificaciones ya que entre un piso y el siguiente se deben albergar los suelos, las alturas libres de uso, las instalaciones...etc., por lo que cuanto menor sea el espesor de losa mayor aprovechamiento de edificabilidad tendremos, ya que para una misma altura podríamos llegar a construir una planta más quedando justificado económicamente el uso de estructuras postensadas.

Además del aspecto funcional y económico, como es evidente, debemos centrar la atención en el aspecto resistente. Uno de los defectos mayores del concreto es la escasa resistencia a tracción lo que hace que aparezcan grietas aun cuando el estado de carga es reducido, lo que afecta directamente tanto a la durabilidad, la resistencia y su deformabilidad, ya que dichas fisuras reducen la rigidez de los elementos que componen la estructura. Esto puede afectar de forma directa al resto del proceso constructivo ya que pueden dar lugar a daños en tabiques, solados, carpinterías, etc.

Esto pone de manifiesto las limitaciones de la utilización del concreto armado en la construcción de elementos que trabajan a flexión obligándonos a utilizar alturas de grandes dimensiones con el fin de poder aumentar las luces entre pilares, con la consiguiente pérdida de altura entre estructuras, además de la utilización de concretos de alta resistencia que sin embargo no evitarán la aparición de las temidas fisuras debido a la fluencia.

A continuación se describe el procedimiento general de instalación para las losas postensadas, los materiales a emplear en la confección de la lechada y las precauciones durante la inyección y proceso de tensado deberán cumplir las disposiciones de las Normas ASTM.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES

La mayoría de las edificaciones altas en el Perú son de 20 a 24 pisos. Algunas se proyectan en la década de los 60, estando ubicadas en el Centro Histórico de Lima, en las intersecciones de las avenidas Nicolás de Piérola y Tacna.

En la década de los 70, se proyectó y construyó la torre del Centro Cívico, en el centro de Lima, con una altura de aproximadamente 102 m y 36 pisos.

En la década de los 90 se proyectó y construyó la torre del intercambiador de calor de Cementos Lima, en Atocongo, con 9 niveles de alturas especiales y 110 m de altura aproximada, que se convirtió en el edificio más alto del Perú.

En varios casos se ha deseado construir edificios de más altura, pero hay reglamentaciones municipales que lo impiden.

A fines del 2000 se iba a construir un conjunto de edificios de vivienda, en El Golf de San Isidro, con 40 pisos, pero se tuvo problemas municipales y financieros. En otras ciudades de América Latina, como Buenos Aires y Santiago de Chile, sí se tienen varios edificios de más de 40 pisos.

Dentro de estos lineamientos municipales en San Isidro, se optó por mejorar el proceso y sistema de construcción. Como la restricción es la altura se debería pensar en una construcción que tenga una altura útil de servicio mayor que la convencional de losas aligeradas y macizas y por ello se pensó en hacer edificios con losas postensadas aumentando la altura útil de servicio lo cual posibilita tener un mayor número de pisos.

CAPÍTULO II: DEFINICIONES

El significado de los términos usados en este informe de suficiencia es el siguiente:

Cuadro N°1 Definiciones

TERMINOS	DEFINICIONES
Sistema No Adherido	Sistema de postensado en que el cable está permanentemente libre de movimiento relativo respecto al concreto al cual este le va a aplicar las cargas de postensado, debido a la grasa y funda que posee.
Sistema Adherido	Sistema de postensado en el cual el cable se postensa y cuyo ducto es inyectado con lechada de inyección, permaneciendo adherido completamente a la masa de concreto que conforma el elemento
Acero para postensado	Cable de alta resistencia usado para concreto pretensado. Consta de 7 hebras conforme a la norma ASTM A-416, salvo indicación contraria en el proyecto.
Anclaje	Dispositivo usado para anclar el acero de postensado a los elementos de concreto.
Ducto-Funda	Cubierta en la cual el acero de postensado es colocado para prevenir la adherencia durante la colocación del concreto y, en el caso de cables que permanecen no adheridos, proteger la grasa que inhibe la corrosión y provee la aislación del cable a la humedad en ambientes corrosivos.
Lechada de inyección	Pasta cementicia utilizada para lograr el monolitismo entre concreto y cable, inyectada a través de los puntos superiores del ducto. Esta lechada, está compuesta principalmente de Agua, cemento, expansor y en algunos casos, un aditivo fluidificante. Se utiliza sólo para el sistema adherido.
Grasa	Material usado para proteger el cable de la corrosión y/o lubricar el acero de postensado. Se utiliza sólo para el sistema adherido.
Cono	Dispositivo plástico temporal usado en conjunto con el anclaje durante el vaciado del elemento con el objeto de dejar la abertura necesaria en el concreto donde se introducirá el equipo necesario.
Gato	Gato hidráulico usado para tensar cables.
Copla	Dispositivos para unir extremos de acero para postensado.

VSL Perú SAC "Manual de Instalación para Losas Postensadas"

CAPÍTULO III: PROCESOS Y RENDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS PARA ELEMENTOS POSTENSADOS

3.1. INFORMACION GENERAL DE LOS MATERIALES PARA LOSAS POSTENSADAS.

3.1.1. Acero pretensado

El acero utilizado para el hormigón postensado debe ser un cable de siete hebras liberado de tensiones y fabricado de acuerdo a la norma astm-416, libre de corrosión, con una resistencia de tensión final mínima garantizada de 19.05 ton/cm².¹

Cuadro N°2 Información general del acero pretensado

VARIABLE	ACERO Ø 0.5"	ACERO Ø 0.6"
Diámetro Nominal	1.27 cm	1.52 cm
Área	0.987 cm ²	1.40 cm ²
Módulo de Elasticidad	1970 a 2040 kg/cm ²	1970 a 2040 kg/cm ²
Resistencia Final	18.8 toneladas	26.6 toneladas
Fuerza Máxima	15.0 toneladas	21.2 toneladas
Fuerza de Anclaje	13.2 toneladas	18.7 toneladas

3.1.2. Concreto

- Resistencia cilíndrica a los 28 días : $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \text{ min}$
- Resistencia mínima para el tensado : $f_{ct} = 180 \text{ kg/cm}^2$

Estos Datos son válidos salvo indicación contraria en el proyecto.

3.1.3. Acero pasivo

- Calidad : ASTM A615 Grado 60
- Tensión de Fluencia : 4200 kg/cm²

¹. Nilson. A. "Diseño de Estructuras de Concreto Preesforzado", Mc. GRAW HILL INTERAMERICANA S.A, Bogotá 2001

3.1.4 Forma De Trabajo

El postensado introduce un estado de tensiones previas a la carga de la estructura con la finalidad, de disminuir o eliminar las tracciones sufridas por el concreto al cargar la estructura.

Como primer paso para el estudio de la forma de trabajo de una losa postensada consideraremos una viga isostática con una carga q uniformemente distribuida²

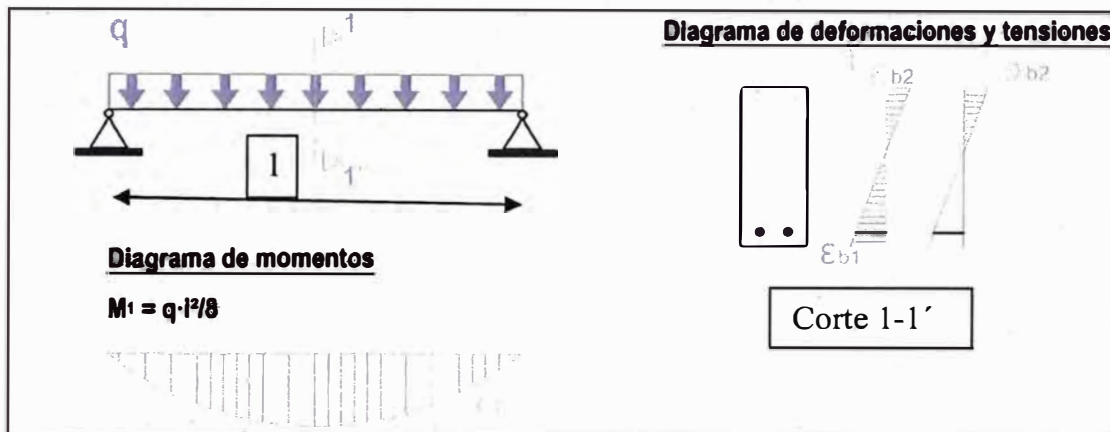


Figura N°1.-Diagrama de momentos y deformaciones

El estado tensional en el corte 1-1' se observa en el diagrama de la derecha, considerando el material ideal, homogéneo, elástico lineal sin soportar esfuerzos de tracción. Una primera mejora podría consistir en inducir una fuerza compresiva p centrada en la sección transversal de la pieza.

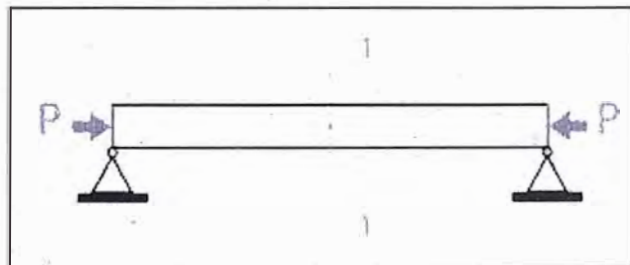


Figura N°2.- Fuerza compresiva p

² Nilson. A. "Diseño de Estructuras de Concreto Preesforzado", Mc. GRAW HILL INTERAMERICANA S.A, Bogota 2001

Esta fuerza p puede ser inducida mediante la introducción de un cable que posteriormente se tensa y se ancla en los extremos de la viga. Se crea de este modo un estado tensional equilibrado, el cable comprime la viga y esta tracciona el cable. El estado de deformaciones y tensiones en el punto 1-1' de la viga queda de la siguiente forma:

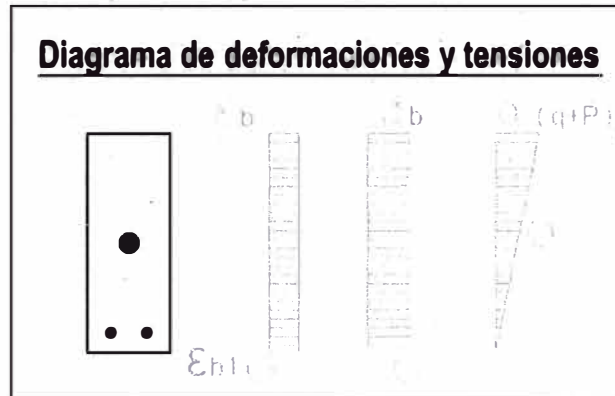


Figura N°3.- Diagrama de deformaciones y tensiones

Superponiendo el estado de cargas producido por q y el producido por p se puede observar que para un valor adecuado de p se pueden contrarrestar por completo las tensiones de tracción.

Aunque como se muestra en el diagrama el material no trabaja de forma uniforme, ya que hay zonas con tensiones nulas y otras con compresiones elevadas.

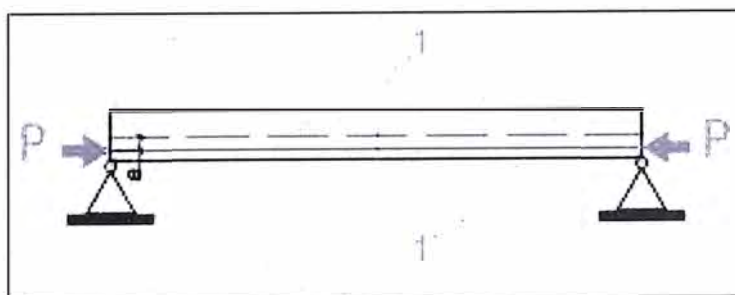


Figura N°4.- Fuerza compresiva con excentricidad

En estas condiciones la fuerza p somete a compresión y flexión a la viga con el estado tensional siguiente:

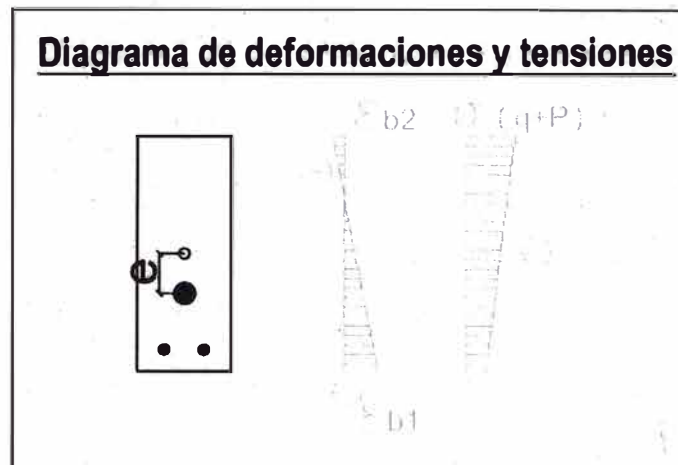


Figura N°5.- Diagrama de deformaciones y tensiones con excentricidad

Ajustando ahora tanto los valores de p como de e se puede obtener un diagrama tensional en el que se observa un trabajo más uniforme de la viga con respecto al caso anterior donde la fuerza p estaba aplicada en el eje de la viga. Todos estos estados tensionales han sido estudiados en la sección central de la viga por lo que los valores y excentricidad de p han sido calculados para anular las tensiones en la sección central de la viga, por lo que en los extremos de la viga quedarían como tensiones dominantes las producidas por la carga p ya que los diagramas de fuerzas axiales (N) y de momentos flectores (M) de p son constantes mientras que los de q no lo son.

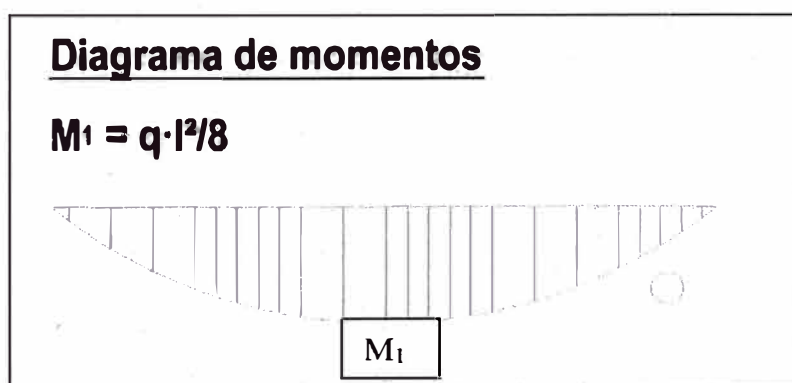


Figura N°6.- Diagrama de momentos flectores producidos por q .

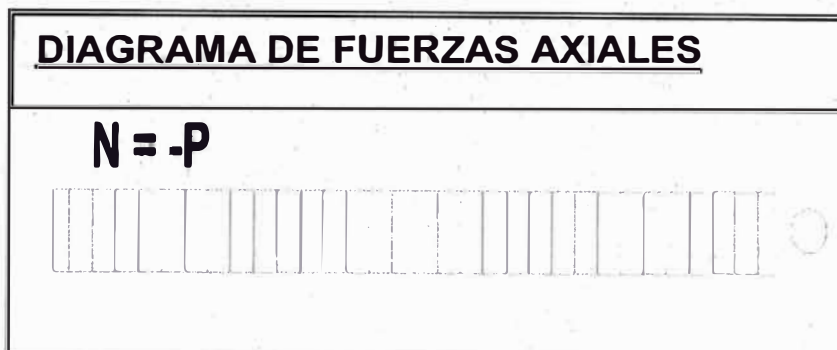


Figura N°7.- Diagrama de fuerzas axiales producidos por p

Con el fin de mejorar la forma de trabajo de la viga en todas sus secciones damos una curvatura calculada al cable:

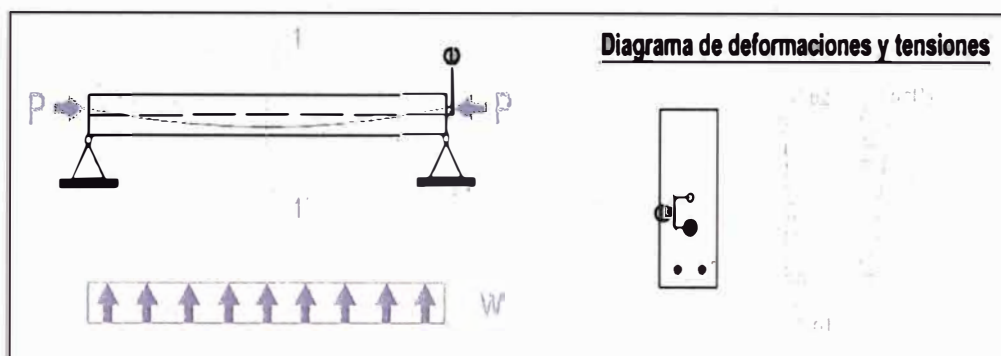


Figura N°8.- Diagrama con fuerza w de sentido contrario q

Como se observa en el diagrama anterior ahora tenemos, aparte de la carga en los extremos producida por p , una fuerza w de sentido contrario a q , produciendo el diagrama de flectores $M(p)$ que permite una distribución más homogénea de las tensiones a lo largo de la viga.



Figura N°9.- Diagrama de momentos

Una vez observados los resultados y extrapolando el caso de viga simplemente apoyada al de viga continua apoyada sobre pilares observamos que

el trazado del cable debe seguir el trazado del diagrama de momentos flectores de la viga, teniendo en cuenta que a su paso por la parte superior de los pilares se crean tensiones.

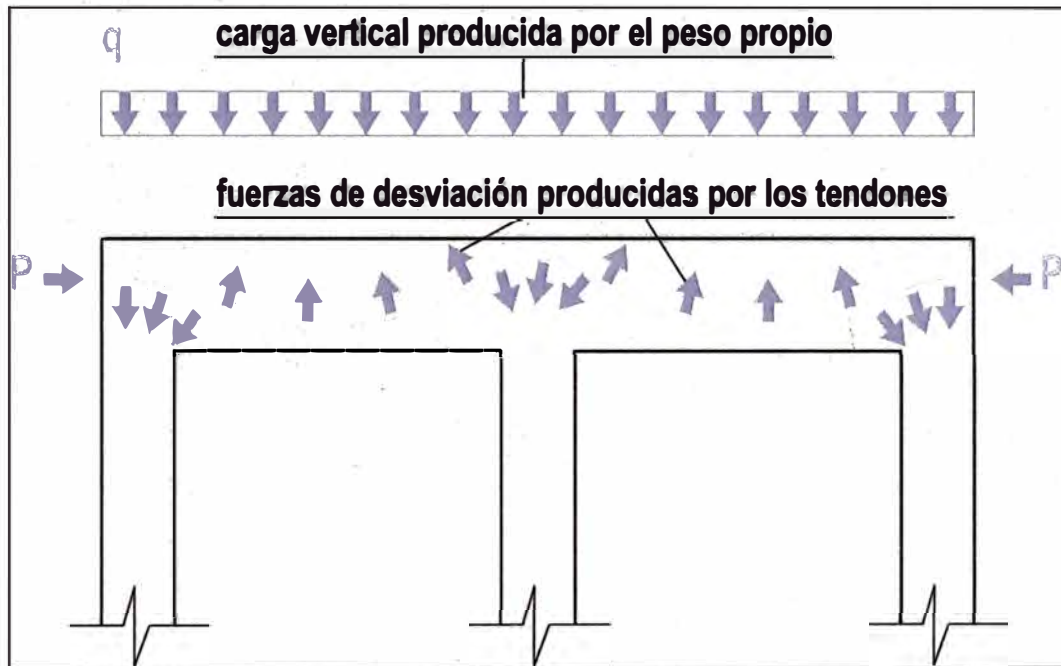


Figura N°10.- Fuerzas de desviación producidas por los tendones

El caso de la losa sería similar al visto anteriormente pero trabajando en las dos direcciones tal y como observamos en el siguiente gráfico:

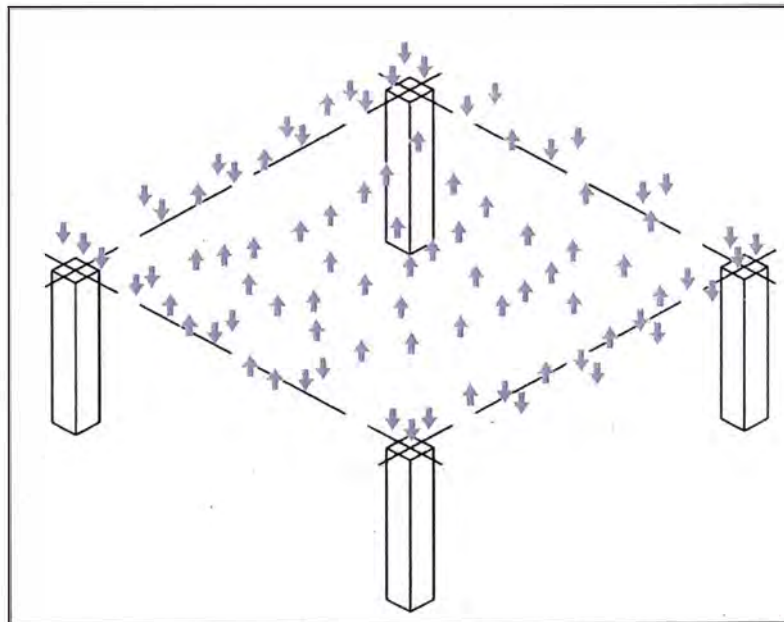


Figura N°11.- Fuerzas de desviaciones en dos direcciones

Existen dos tipos de estructuras postensadas según el tipo de tendón utilizado:

- Estructuras postensadas con tendones adherentes.
- Estructuras postensadas con tendones no adherentes.

3.1.5 Estructuras Postensadas Con Tendones Adherentes

Los sistemas adherentes necesitan, a diferencia de los no adherentes, en la zona de longitud libre del tendón una vaina corrugada global metálica o de PP (Polipropileno), que cumple dos funciones, la primera la alojar los cordones y segunda proporcionar mediante sus corrugas la adherencia necesaria entre la lechada de cemento y el concreto. La vaina puede ser circular u ovalada. En este sistema los cordones no están enfundados con el fin de facilitar la adherencia de los mismos con la lechada que se inyecta posteriormente. Para su ejecución primero se colocan las vainas replanteadas en el encofrado según proyecto y una vez vaciado se introduce el cordón procediendo al tesado del mismo y a la introducción a presión de una lechada de cemento la cual rellena el espacio entre la vaina y el cordón garantizando la adherencia del conjunto con el concreto.

La tipología adherente restringe la altura del encofrado, ya que las vainas suelen ser de mayor tamaño que las utilizadas para la ejecución de postensados no adherentes, por lo que resulta menos interesante su utilización en edificación, además también necesita de la inyección de lechada en el interior de la vaina lo que limita su utilización, ya que necesita de grandes espacios y maquinarias muy incómodas de utilizar en edificación, el tipo de postensado adherente es más propio de construcciones civiles tales como puentes.

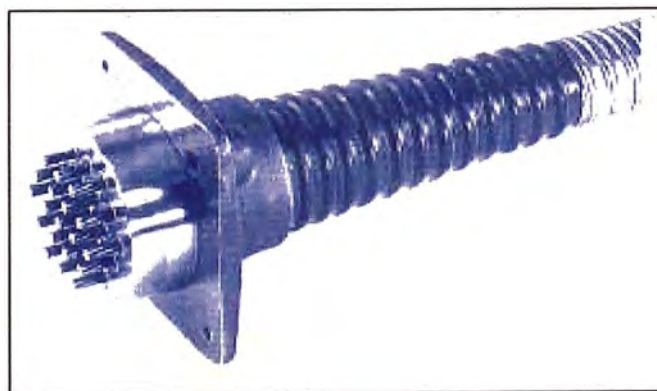


Figura N°12.- Imagen de tendón adherente

3.1.6 Estructuras Postensadas Con Tendones No Adherentes

Las losas postensadas con tendones no adherentes están formadas por armaduras pasivas y armaduras activas, estas últimas constituidas por cordones de acero de alto límite elástico, engrasados y embutidos en una vaina de polietileno de alta densidad.³

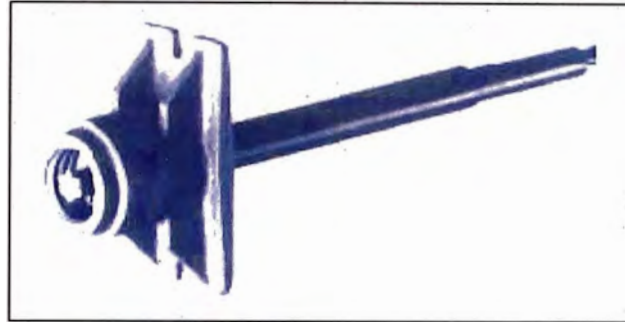


Figura N°13.- Imagen de tendón no adherente

3.1.7 Juntas

Existen 3 tipos fundamentales de deformaciones horizontales en losas postensadas:

- Las propias de la retracción del concreto.
- Generadas por variaciones térmicas.
- Derivadas del pretensado, que se descomponen en 2:
 - Acortamiento elástico producido por la pre compresión.
 - La fluencia originada por la pre compresión.

Se necesitan juntas, pues los pilares y muros coaccionan el libre movimiento de la losa, pudiendo llegar a producir tracciones inadmisibles.

Las juntas reducen la resistencia final de la estructura, por lo que tienen que ejecutarse únicamente las necesarias, intentando reducir su número.⁴

3.1.8 Normas y reglamentos de referencia.

^{3,4} VSL Perú SAC "Manual de Instalación para Losas Postensadas", Lima 2013



Figura N°14.- Vista de una junta de vaciado

3.2. MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE CABLES

3.2.1. Durante la descarga ha de tenerse el cuidado de no dañar la funda plástica para el postensado no adherido, se recomienda el uso de eslingas de nylon para este propósito. Las cuerdas deben estrangular los cables, siempre enganchar los rollos pasando la cuerda por el centro de éstos. Enganche cada ojo de la cuerda en el equipo de izaje (Grúa). Nunca debe usarse cadena o garfios para la descarga pues ellos ocasionan graves daños en los cables.

3.2.2. El proceso de descarga debe ser realizado lo más cerca posible del área de almacenaje para evitar movimientos excesivos de los materiales ya que estos aumentan la probabilidad de daño a la funda u otros componentes del sistema.

3.2.3. Los cables deben almacenarse en áreas donde se encuentren seguros y no expuestos a la intemperie. Se establece el plazo máximo de 30 días entre que el cable es depositado en obra y el proceso de tensado. Cuando se requiera un mayor tiempo de almacenaje del cable en la obra, el usuario deberá protegerlo aplicando un aceite soluble.

3.2.4. Las cuñas y anclajes se deben almacenar en áreas limpias y libres de humedad

3.2.5. Cuando reciba el equipo de tensado asegúrese que tanto el equipo hidráulico como el manómetro no se encuentren nunca separados, pues son calibrados como una unidad.

3.2.6. Almacene el equipo en un lugar limpio y seco, limitado el acceso solo a personal calificado.

3.3. INSTALACION

3.3.1 Procedimiento General De Instalación

a.- En lo posible, el mismo equipo de trabajo deberá instalar y tensar los cables del proyecto completo.

b.- Se recomienda instalar el postensado antes que los conductos eléctricos y el comienzo de los trabajos mecánicos. La ubicación de los cables y su perfil deben mantenerse preferentemente a otras especialidades o materiales que deban ser incorporadas (como la armadura tradicional)

c.- Antes de iniciar cualquier trabajo, el encargado de la obra debe poseer toda la información y los planos necesarios para ello.

d.- Muchos cables van despachados en paquetes o zunchos atados, el paquete amarrado es como un resorte enrollado y se desenrolla al cortar las amarras. Esta operación puede resultar peligrosa y se debería tener cuidado al desenrollar el cable.

e.- Las desviaciones del perfil vertical o altura de soportes del cable se deben mantener con una tolerancia de 3 mm para losas con espesores bajo los 20 cm, +/- 8 mm para losas con espesores entre 20 cm y 60 cm y +/- 10 mm para losas con dimensiones mayores a 60 cm. El comportamiento de la losa es relativamente insensible a la ubicación horizontal del cable, sin embargo, es muy importante evitar que se produzcan desviaciones excesivas en el cable.

3.3.2 Procedimiento De Instalación Para Losas Postensadas

a.- Se deberá marcar en el encofrado de borde, el centro de cada cable de acuerdo a los planos aprobados. El encofrado de borde también ha de mostrar el tamaño del cono en aquellos lugares que puedan presentar conflicto.

b.- De existir conflictos y los anclajes no puedan ser colocados de acuerdo a planos, se deberán hacer los replanteos necesarios de la estructura sin modificar su capacidad portante. ⁷

c.- Perforar el encofrado de borde donde los anclajes activos han de ser colocados como se muestra en los planos correspondientes.

d.- Engrasar la punta del cono plástico que ha de ser introducido en el anclaje una el cono con el anclaje y posteriormente introduzca el conjunto en la perforación previamente realizada, clavando fuertemente este conjunto al eje del borde indicado. Deberá tenerse cuidado de fijarlo bien para evitar que se introduzca lechada en la cavidad a ser usada por las cuñas. Es importante que el anclaje quede totalmente perpendicular al encofrado como se muestra en la Figura N° 15. Si se presentan obstrucciones, mover estas o desplazar suavemente el anclaje de su posición para evitarlas. Observar que en el proyecto de postensado, las dimensiones del equipo son conocidas (el gato tensor mide aproximadamente 55 cm), si vemos que el tensado no va a poder ser realizado, será necesario reubicar los anclajes según como se discutió en el punto (b). En losas bandeadas, la ubicación horizontal de cables y anclajes normalmente no es crítica y se pueden realizar movimientos en este plano. Sin embargo, el perfil vertical es crítico y deberá mantenerse dentro de las tolerancias indicadas en ítem 3.3.1 (e). ⁸

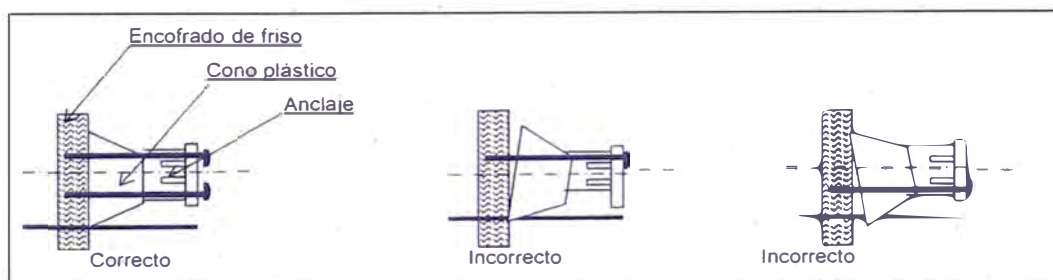


Figura N°15.- Anclaje y Cono deberán colocarse perpendiculares a anclaje de piso.

e.- Marque sobre el encofrado la ubicación de los soportes a ser utilizados, según lo indicado en el plano de soportes. Marque además cada cierto tramo, la ubicación de los cables para facilitar su colocación.

^{5,6} VSL Perú SAC "Manual de Instalación para Losas Postensadas", Lima 2013

f.- Se deberá seleccionar el cable para el sector de trabajo de acuerdo al código de colores indicado en el plano correspondiente o en el despacho de bodega.⁷

g.- En losas con capiteles, se inicia la colocación partiendo de los cables uniformes sobre cada una de las columnas; luego se procede a colocar los cables de banda (cables de capitel) y finalizamos con los uniformes. Desenrolle los cables en su posición desde el extremo del anclaje muerto (si existiese) hacia el extremo a tensionar. Si el cable va a ser tensado de ambos extremos, cuando se desenrolle, este se deberá dejar suficiente extremo libre a cada lado para poder proceder al tensado (45 cm mínimo especificado). Si el cable presenta un tensado intermedio, deberá ser desenrollado solo hasta un poco más allá de la junta de construcción. El resto del cable deberá permanecer enrollado y protegido hasta el próximo vaciado esté listo a realizarse.⁸

h.- Después que los cables estén colocados, se remueve la funda del extremo del cable que será tensionado, lo necesario y requerido para ser colocado a través del anclaje y encofrado de bode lateral correspondientes, según lo mostrado en la Figura N°16. Se removerá solo el pedazo de funda necesario, de tal forma que no exista más de 3 cm de cable desnudo dentro del concreto a ser vaciado. Para ambientes muy corrosivos puede ser necesario colocar una protección plástica entre la funda y el anclaje

i.- En general cuando se posicionan tanto los cables de banda como los uniformes hay que tener presente lo siguiente:

- Para losas de espesor igual o mayor a 18 cm, los anclajes colocados en forma vertical no podrán tener una separación menor 10 cm
- Para losas cuyo espesor es menor a 18 cm, los anclajes han de colocarse en forma horizontal y su separación no debe ser inferior a 15 cm
- Si en los planos del proyecto se indica algo distinto estos prevalecen sobre los puntos anteriores.⁹

^{7,8,9} VSL Perú SAC "Manual de Instalación para Losas Postensadas", Lima 2013

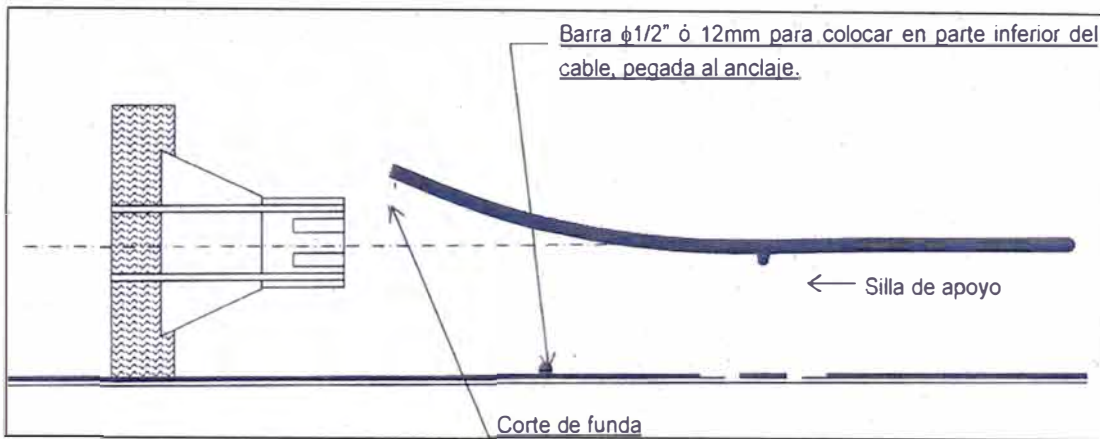


Figura N°16.- Recortar la funda de cable hasta no más de 3 cm de la cara del anclaje.

j- En caso que el extremo de los anclajes, ya sea pasivo o activo, no existía armadura vertical, se deberá proveer de horquillas de $\varnothing 8$ mm según Figura N°17 entre cada anclaje y por fuera de los anclajes extremos. Para un grupo de N anclajes se colocarán N+1 horquillas.

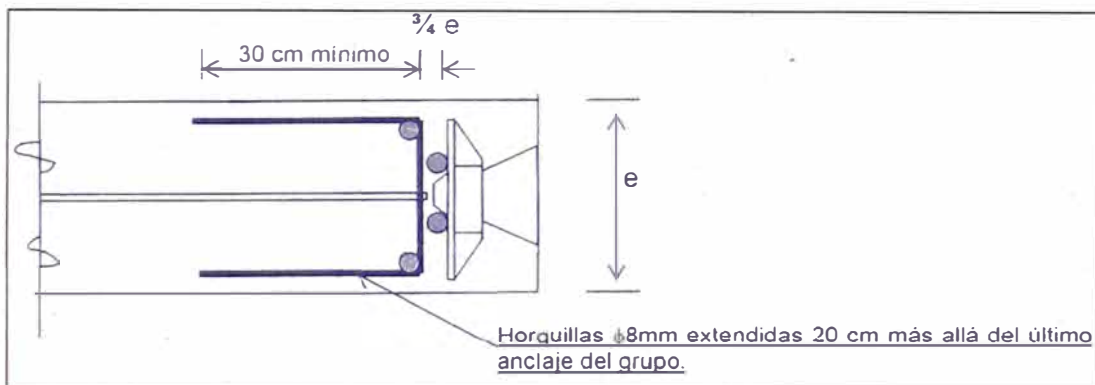


Figura N°17.- Posicionamiento de horquillas $\varnothing 8$ mm

k.- Para el caso de losas no adherentes, los cables que deban ser colocados en grupos (usualmente en las bandas) no deberán exceder de 5 cables cuando se trate de cables $\varnothing 0.5$ " ó 3 cables cuando se trate de cables de $\varnothing 0.6$ ". En cables adherentes, se deberá generar grupos de máximo 2 cables cuya separación entre grupos será de al menos 3 cm, con el fin de permitir que el concreto fluya fácilmente por debajo de los mismos. Debe tenerse el cuidado de verificar que los cables no se encuentren cru-

zados a través de la losa. Se deberá mantener los cables lo más rectos que sea posible de acuerdo los planos de diseño, las curvas (ondas) en el tendido de los cables pueden originar fricciones mayores a las normales las cuales pueden verse reflejadas en elongaciones bajas al momento de tensar.

l.- Disponga los cables de acuerdo al plano de soportes correspondiente. Los amarres del cable al sistema de soporte deben causar ninguna deformación visible a la funda o al ducto. Los cables deben quedar bien fijos con el objeto de prevenir cualquier desplazamiento durante la colocación del concreto.

m.- El extremo de anclaje muerto debe ser asegurado en su posición utilizando para ello el refuerzo ($2 \text{ } \varnothing 12 \text{ mm}$ ó $2 \text{ } \varnothing \frac{1}{2}''$) y las sillas de apoyo indicados para los anclajes. Nunca clave este anclaje al encofrado perimetral, salvo indicación contraria del proyecto.

n.- Inspeccionar el perfil del cable y repare cualquier daño; ya sea al ducto, con el objeto de prevenir obstrucciones que impedirían su posterior inyección; o a la funda, evitando el contacto del cable con el concreto que afectaría el libre tránsito del cable en este último. En ambos casos la reparación se hará en base a cinta para embalaje.

3.3.3 Procedimiento De Instalación Para Vigas Postensadas.

a.- El sistema de soporte de este tipo de elementos debe tratar de abarcar en lo posible todo el ancho de la viga y alcanzar el fondo de esta, amarrándose a los estribos correspondientes. Trazar y amarrar las barras de soportes en la posición marcada en los planos, directamente a los estribos. Asegurándose que estas barras estén firmes y dentro de las tolerancias verticales dadas en la sección 3.1.5 o en los documentos del contrato donde pudiesen indicarlo. Los cables deberán ser posicionados en grupos, de manera que permitan la colocación y penetración del concreto a la viga.

b.- Para el caso de vigas, las alturas de soporte están definidas al centro de gravedad del grupo de cables considerados, lo cual es diferente a lo indicado para las losas, donde se especifica la altura de la silla a usar, estando el centro de gravedad de cada cable a 20 mm por sobre dicha silla, salvo que los planos del proyecto muestren otro detalle en particular.

c.- Para proyectos que involucran vigas y losas, donde se utilizan cables postensados como refuerzo de temperatura, estos pueden utilizarse como reemplazo de las barras de $\varnothing 8\text{mm}$ en los soportes.

d.- Coloque los anclajes de acuerdo a los diagramas mostrados en los planos. En muchos casos se producen conflictos con la armadura de los pilares y vigas que acceden a este punto. En tales casos, consultar al profesional de la obra por la solución a estos conflictos. El refuerzo especificado alrededor de los anclajes es muy importante ya que de esta forma se evitan posibles fallas del concreto durante el tensado debido a la cantidad de cables que involucra normalmente una viga postensada, estas barras de refuerzo ($2 \varnothing 12 \text{ mm} \text{ ó } 2 \varnothing \frac{1}{2}''$) se detallan en los planos, salvo indicación contraria del proyecto.

3.3.4 Revisión De La Losa Antes Del Vaciado.

La revisión de la losa deberá ser hecha por el encargado de la obra, el cual dará la partida al vaciado una vez realizada. Entre otros, los siguientes puntos deberán ser revisados.

a.- Que el perfil del cable sea suave y en forma correcta (sin curvas reservas) entre puntos de referencia

b.- Que no existan desviaciones excesivas del cable en la horizontal, respetando las indicaciones dadas o las solicitadas particularmente por supervisión de campo.

c.- Que el ducto o la funda plástica no estén dañadas y así fuese están deben ser reparadas.

d.- Verificar que las sillas de apoyo y soportes se encuentren de acuerdo a lo indicado en los planos

e.- Los anclajes vivos deben estar completamente unidos a los conos y este conjunto debe estar fijamente clavado y perpendicular al encofrado de borde.

f.- Que las dos barras $\varnothing 12 \text{ mm}$ ó $\varnothing \frac{1}{2}''$ indicadas para fijación se encuentran fijas y amarradas a los anclajes, salvo indicación contraria del proyecto.

g.- Revisar el método a usar para la colocación del concreto con el objeto de prevenir de antemano posibles alteraciones en la estabilidad de los cables.

h.- Como nos afecta directamente la armadura tradicional involucrada en las losas debe ser revisada.

3.4. COLOCACION DEL CONCRETO

Se recomienda el siguiente procedimiento durante la colocación del concreto.

3.4.1. El vaciado no debe iniciar a menos que los cables soportes y refuerzos tradicionales se encuentran de acuerdo a lo especificado en los planos aprobados.

3.4.2. El concreto deberá ser colocado de tal manera que asegure la posición de los cables del postensado y no altere la posición del refuerzo tradicional. Si los cables se desplazan de su posición original se deberán regresar a su ubicación inicial nuevamente antes de seguir con el vaciado.

3.4.3. El vibrado del concreto en la zona de anclajes es crítico para prevenir y eliminar cangrejeras y segregación. Debe tomarse las precauciones para el concreto vibrado por debajo de los anclajes y/o cables. Esto último es muy importante en el caso que se presenten paquetes de varios cables en la losa.

3.4.4. Cuidados que hay que tener durante la colocación del concreto

a.- Colocación por camión: Debe evitarse la acumulación excesiva de concreto en un punto dado de la losa y que cuando se haga escurrir el concreto, la operación no desplace los cables

b.- Colocación a través de agua: El concreto deberá dejarse caer del balde de una altura tal que no produzca al desplazamiento de los cables, al igual que en el caso anterior.

c.- Colocación por bomba: las tuberías de la bomba deben ser soportadas por sobre los cables, de ninguna manera descansar sobre ello. Por ningún motivo se debe descargar el cebo de la bomba sobre la losa. Por último, la manguera de descarga debe ser mantenida en una posición tal que no cause el desplazamiento del sistema postensado.

d.- No apoye los vibradores sobre los cables. Tanto como sea posible, evite el contacto entre la sonda vibradora y los cables durante la colocación y compactación del concreto.

3.5 TENSADO Y ACABADO FINAL DEL CABLE

La operación de tensado no puede comenzar mientras los cilindros de concreto curados bajo las condiciones de trabajo no hayan sido ensayados y su resistencia este por sobre resistencia requerida para esta operación, la cual está indicada en las especificaciones del proyecto.¹⁰

3.5.1 Preparación Para El Tensado.

a.- El encofrado de borde de la losa deberá ser removido lo más pronto posible para así facilitar la extracción del cono plástico y la posterior limpieza de la cavidad. La actividad se facilita mientras menos edad tenga el concreto. El resto de los encofrados permanecerá en su lugar hasta después del tensado.

b.- Remueva el cono plástico



Figura N°18.- Eliminación del encofrado y del tapón de plástico.

c.- Limpie en el anclaje la cavidad para la cuña, removiendo para ello cualquier pasta de concreto existente, la cual impediría una sólida unión entre las cuñas y anclajes

¹⁰ VSL Perú SAC "Manual de Instalación para Losas Postensadas", Lima 2013

d.- Verifique la integridad del concreto a ambos lados del cono y en toda la superficie expuesta. Si existieran: grietas, segregación cangrejas o cualquier otra anomalía NO TENSE se deberán hacer las reparaciones correspondientes

e.- Verifique que el cable se encuentre perpendicular al anclaje y que el anclaje este paralelo a la cara del concreto. Si cualquiera de estos elementos esta fuera de alineación, informar al profesional de Obra para instrucciones.

f.- Remueva el exceso de grasa y cualquier polvo arena o pasta de concreto que se encuentre en la cola del cable. No es necesario lavar la cola de cable; solo se requiere remover el exceso de materiales de su superficie.

g.- Instale en forma definitiva el par de cuñas correspondientes. Asegúrese que la orientación de las cuñas sea tal que la nariz del gato pueda apoyarse completamente en ambas mitades de la cuña (normalmente esto se consigue uniendo verticalmente las dos cuñas)

h.- Asiente firmemente las cuñas en la cavidad con un acuñador.

i.- Usar un dispositivo para establecer una dimensión de referencia constante desde la cara del borde concreto. Use pintura en aerosol (spray) para establecer el punto de referencia de las medidas de la elongación. Si existiera tensado en los dos extremos del cable, es importante marcarlos antes de iniciar el proceso de tensado. No sobrepinte, pues no se obtendrá una marca muy precisa.

j.- Chequee el equipo de tensado como sigue:

- Asegúrese que el equipo este limpio, especialmente en el área de las cuñas y la nariz del gato.
- El cable eléctrico deberá ser de 3 hebras y no deberá ser de más de 30 m en longitud.

j.- Conecte todas las mangueras entre la bomba y el gato hidráulico e instale el manómetro.

k.- Encienda la bomba y realice la operación de sacar y meter el pistón para verificar que la bomba no tenga perdidas y que la nariz acuñadora entes funcionando correctamente (evite sacar el pistón hasta el fondo).

l.- Verifique la calibración del equipo para darte la presión adecuada al cable.

3.5.2 Tensado De Cables.

a.- El cable no debe ser tensado hasta que el concreto posea la resistencia especificada, pero se podrá realizar lo más pronto posible una vez alcanzada la resistencia solicitada, salvo indicación contraria al proyecto

b.- El área de trabajo o el andamiaje donde los trabajadores realizaran la faena de tensado deberá encontrarse limpias.

c.- Tensar lo cables según lo indicado en el proyecto, medir la elongación obtenida, comparar la elongación teórica versus la elongación obtenida y registrar los valores en el registro, si existiesen variaciones entre las elongaciones teóricas y las obtenidas por sobre las tolerancias permitidas, el tensado debe cesar hasta determinar las causas que la originan.

d.- El indebido cuidado y uso del equipo tensado, puede resultar en daño total o parcial al equipo y/o daño al personal que lo opera y/o personas que se encuentren en la cercanía de la zona de trabajo. Solo el personal calificado y consciente del manejo y de las precauciones debidas para realizar esta operación deberán encontrarse en el área de trabajo durante el tensado. El personal que tensa deberá permanecer fuera de la línea del cable que está siendo tensado. Nunca se deberá permitir que alguien se pare en la vecindad del gato o entre el gato y la bomba mientras se tensa.

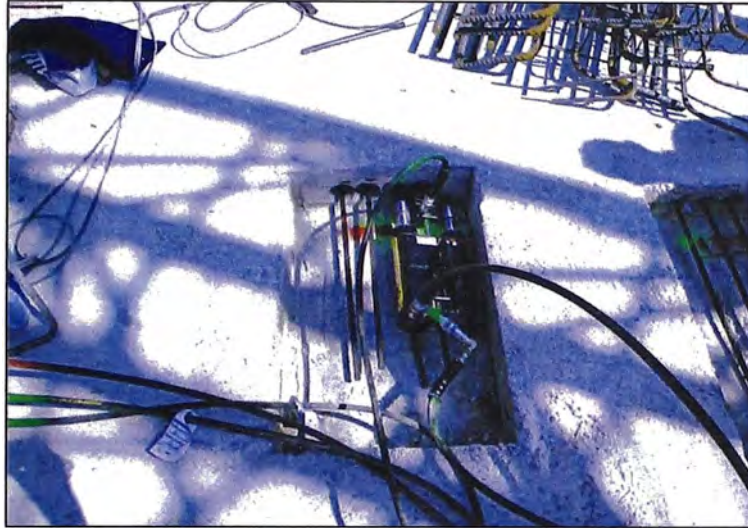


Figura N°19.- Proceso de tensado durante el cual no hay operaciones cerca del gato hidráulico

e.- El gato y la bomba deberán amarrarse a algún elemento fijo, para prevenir que el equipo sea expulsado fuera de la construcción en caso fallase un cable durante el tensado. Esto se debe cumplir cuando se trabaja sobre andamios y/o en el perímetro exterior de los edificios.

- Asegúrese que la nariz de acuíñamiento este retraída.
- Abra las cuñas del gato empujando hacia atrás el portamordazas.

f.- Posicione el gato sobre el cable a ser tensado y empújelo hasta que la nariz del gato descansa sobre el anclaje. Nunca intente arreglar la posición del gato ya sea golpeando con martillo o empujándolo una vez que se le ha impreso carga al equipo. Remueva el gato y reposicione si es necesario.

g.- Empuje las mordazas hacia adelante para enganchar el cable asegurando que

- Las mordazas están paralelas
- El cable está en la posición correcta de acuerdo a las mordazas.

h.- El operador de la bomba debe usar preferentemente el control remoto

i.- Si la elongación del cable es mayor que la carrera del pistón, se deberán llevar a cabo estiramientos adicionales. Deberá tenerse el cuidado de no abrir completamente el gato en el primer estiramiento. Cuando usamos

un gato de 20 cm de carrera, tratar de dejar aproximadamente 15 cm para la última estirada.

j.- Después de retirar el gato del cable, coloque el dispositivo de marca apoyado en la superficie de concreto, mida la distancia entre el borde del dispositivo y la marca de referencia lo más preciso posible y anótelos en el registro de tensado, esta distancia será la elongación real obtenida del cable. Esta elongación deberá ser comparada con el valor teórico indicado en los planos

k.- Verifique las elongaciones. Cuando se tenga tensado en ambos lados, sume las elongaciones de ambos extremos para obtener elongación total.

l.- Las elongaciones deberán estar dentro de $\pm 7\%$ de los valores mostrados en los planos (salvo indicación contraria en el proyecto). La medición de la elongación deberá ser lo más precisa posible

Tense la totalidad de los cables disponibles, luego mida la elongación obtenida. Si están bajo la tolerancia aplíquese un 5% de sobrecarga a los que están bajos e indíquelo claramente en el reporte de tensado. Si los resultados exceden la tolerancia indicada ($\pm 7\%$) NO TENSE más los cables hasta que se identifique el problema y sea corregido

m.- Causas de elongaciones erróneas

- Procedimiento inadecuado de marca en el cable
- Lectura inadecuada del manómetro
- Procedimiento de tensado propio
- Pérdida de asentamiento excesiva
- Mal funcionamiento del equipo
- Fricción excesiva del cable en la losa
- Colocación inadecuada de las cuñas
- Desechos o pasta de concreto en la cavidad de asentamiento de las cuñas
- Mordazas del gato sucias
- Mordazas en gato no alineadas
- Excesiva elongación puede bajar fricción o coeficiente de excentricidad o bien sobretensado del cable.

3.6. PROCEDIMIENTOS DE INYECCIÓN PARA ESTRUCTURAS POS-TENSADAS

3.6.1 Materiales

Como indicación general, todos los productos de inyección deberán estar exentos de cualquier sustancia que pueda provocar algún perjuicio para los cables, el propio material de inyección o el concreto, tales como cloruros, sulfuros, nitratos etc.

Los productos básicos para la inyección adherente con lechada de cemento serán CEMENTO, AGUA y ADITIVOS.

a.- Cemento:

El cemento que vaya a ser utilizado en la realización de la lechada de inyección, debería ser del tipo Cemento SOL Tipo I.

Para mejorar la inyección de la lechada, es aconsejable el empleo de cementos que no posean una alta resistencia inicial, puesto que reduce notablemente el tiempo de utilización de la lechada.

El suministro del cemento debe realizarse en bolsas de 42,5 kg. El suministro no puede ser a granel ya que complica de manera excesiva la operación y productividad de los trabajos.

El cemento debe emplearse en las mejores condiciones posibles, por lo que se extremarán las precauciones en su almacenamiento a fin de evitar que se moje o que tenga menos esponjamiento del que se requiere. Es recomendable establecer periodos para el suministro según el plan de consumo diario o semanal, para que sea de fabricación lo más reciente posible. Sin embargo, jamás deberá ser utilizado en el caso que llegue desde fábrica con temperatura elevada, ya que complicaría la trabajabilidad de inyección de la mezcla.

b.- Agua

El agua para la lechada no requerirá suministro a altas presiones, pero si con la suficiente abundancia para mantener el ritmo de trabajo y poder efectuar la limpieza de equipos y conductos.

Si no se dispone del suministro de agua potable continua, se deberán instalar depósitos provisionales realimentados periódicamente de tal forma

que siempre se disponga de reserva suficiente para media jornada de trabajo continuo.

c.- Aditivos

Existen en el mercado aditivos para lechadas de inyección destinados a mejorar la facilidad de la puesta en obra, reducir la tendencia a la decantación, controlar la reducción volumétrica de la lechada y provocar expansiones controladas.

El empleo o no de éstos, el tipo, sus combinaciones y la dosificación de ellos se definirá de forma previa a las operaciones propias de la inyección, siguiendo siempre las indicaciones del fabricante.

3.6.2 Dosificación

Estas dosificaciones están respaldadas por ensayos previos, y satisfacen todos los requerimientos establecidos en este procedimiento. Cualquier cambio en la dosificación anterior implica una nueva realización de todos los ensayos descritos anteriormente.

Utilizar algunas de las siguientes alternativas de dosificación:

Cuadro N°3.- Alternativas de dosificación

DOSIFICACION TIPO	TIPO DE CEMENTO	RELACIÓN AGUA / CEMENTO	% DEL ADITIVO (En peso)	DOSIFICACIÓN		
				Cemento	Agua (Litros)	Aditivo
A	Sol Tipo I	0,35	0.02%	1 bolsa	15	Eucospan
			1.70%			Noeplast 200 HP

Para generar la mezcla, proceda de la siguiente forma:

- Introducir en la Máquina Inyectora la cantidad de agua requerida.
- Encender y poner en funcionamiento la Máquina Inyectora.
- Añadir el aditivo y la bolsa de cemento completa.
- Mezclar aproximadamente durante 5 minutos.

3.6.3 Descripción De La Operación De La Inyección

a.- Generalidades

Un equipo de inyección de lechada de cemento consiste en una Bati-bomba, es decir, un equipo compuesto por batidoras o mezcladoras y una bomba de inyección. Estos dos componentes del equipo pueden estar separados o unidos en un mismo conjunto compacto, pero con motores y manejo independientes para poder mantener por un lado la lechada en movimiento y por otro la acción de inyectar mezcla.

Las características de la lechada en su estado fresco o endurecido no difieren fundamentalmente de la tecnología del concreto.

b.- Revisión de Ductos de Postensado y Prueba de Aire:

- Una vez aprobados los registros de elongaciones obtenidos en el proceso de tensado, se cortan los cables (se debe dejar a lo menos 20 mm de cable más allá de la cuña), luego se sellan los nichos de anclaje con un mortero rígido (razón arena/cemento 2:1 o especificaciones especiales del proyecto).
- Los ductos deberán estar libres de polvo, materias extrañas y agua que pudiera modificar la composición de la lechada, para verificar esto, se inyectará aire a presión a los ductos antes de inyectar la lechada para asegurarse que no estén bloqueados.
- Se verificará que no existan fugas en zonas que no sean las de inyección y despiche.
- Si se presentase alguna fuga de aire en otro punto, se deberá sellar antes de iniciar la inyección.

c.- Preparación Del Equipo De Inyección:

- Revisión y lavado del equipo de inyección, éste debe estar libre de incrustaciones de cemento y debe ser lavado cuidadosamente, también debe revisarse el sellado de las conexiones.
- El cemento y el aditivo deben ser colocados en la inmediata vecindad del equipo de inyección y estar protegidos de la humedad (salpicaduras de la mezcladora, lluvia, etc.). El suministro de agua debe estar asegurado, si es necesario por medio de un estanque.

- El equipo debe ser ubicado lo más cerca posible de las conexiones de manera de suprimir pérdidas innecesarias en las tuberías. Grandes diferencias de nivel entre mezcladora y la conexión deben ser evitadas.
- Se prepara la lechada en la Bomba/Mezcladora, vertiendo en ella el volumen de agua, cantidad de cemento y aditivos requeridos según la dosificación, luego se deben mezclar hasta que se forme una mezcla uniforme (tiempo aproximado de 4 minutos).
- El control de presión durante el inyectado se hará con un manómetro de rango no menor a 200 PSI (16 bares) ubicado en la bomba.
- Después de haber obtenido la mezcla adecuada, el proceso de inyección puede ser iniciado.

d.- Inyección De Lechada.

- Para cables sin protección de fábrica contra la corrosión (aceite soluble), se recomienda inyectar durante los 45 días siguientes a la fecha de tensado del cable; si el cable, en toda su longitud, queda expuesto a la intemperie durante un período mayor a 30 días, éste deberá ser protegido con aceite soluble.
- Para cables con protección de fábrica contra la corrosión, se recomienda inyectar durante los 75 días siguientes a la fecha de tensado del cable; si el cable, en toda su longitud, queda expuesto a la intemperie durante un período mayor a 60 días, éste deberá ser protegido con una nueva capa de aceite soluble.
- La inyección sólo podrá ejecutarse cuando la temperatura del aire y de la estructura sean mayores que 5° C, y menores que 35° C, para lo cual si es necesario, se debe ejecutar por las mañanas o por las noches.
- Se debe chequear que los ductos de inyección y despiches intermedios estén abiertas.
- Se recomienda que la inyección de los ductos comience desde la zona de ductos de menor altura.

- Si la revisión de ductos ha sido realizada según lo establece el ítem 3.3.6 (c) de este documento, y se presentasen fugas de menor importancia, se tapará con la misma lechada mortero al momento de la inyección. En caso que se presenten pérdidas importantes de lechada, se limpiará el ducto con agua y repararán las fugas u obstrucciones. En este caso se volverá a hacer las pruebas más tarde.
- Se inyecta hasta que la lechada salga por cada despiche con las mismas propiedades que sale de la mezcladora (homogénea y sin burbujas) y no se observe interrupción en la salida de la lechada (aire atrapado) en forma secuencial a lo largo del ducto. Estos tubos de salida van cerrándose herméticamente a medida que van cumpliendo con esta condición (tuberías de poliestireno se doblan y se amaran con alambre corriente)
- Una vez cerrado el último despiche, se deberá mantener la presión según se indica en la siguiente tabla:

Cuadro N°4.- Presiones en intervalo de tiempo

PRODUCTO	PRESIÓN A MANTENER (bar)	TIEMPO (Seg)
LPT Bontec	4	10-15
F16	4	45-60
Multitorón	7	60-90

- Deberá disponerse durante todo el proceso de inyectado de polietileno y tarros en la zona de mangueras para inyección y despiche, para evitar que la lechada ensucie la superficie de la losa.
- Solo a 24 horas después de la operación de inyección, se pueden cortar las mangueras de despiche a ras de la losa de concreto.

3.6.4 Control De Calidad Y Registros

La siguiente tabla resume los ensayos que deben ser elaborados en el proceso de inyección:

Cuadro N°5.- Ensayos que deben ser elaborados en el proceso de inyección.

ENSAYO	FRECUENCIA	DESCRIPCIÓN Y NORMA APLICABLE	RANGO DE ACEPTACIÓN
Prueba de aire	Previo a cada inyección de lechada	Los ductos no deben estar obstruidos.	En caso que estén obstruidos, se deben identificar y destapar
Fluidez	Cada día de inyección de lechada	Cono de Marsh definido en ASTM C939-02 El volumen de ensayo corresponde a 1725 + 5 mm. (Ver nota en página siguiente).	15 – 43 segundos
Resistencia de Lechada de Inyección	Según plan de calidad de la obra	Se llevará a cabo de acuerdo a la Norma ASTM C942-99. Se ensayarán probetas cúbicas de 5 cm. La muestra de lechada debe ser extraída a la salida de la bomba, no en el depósito para la mezcla.	A los 7 días, R7: 200 kg/cm ² . A los 28 días, R28: 350 kg/cm ² .
Expansión	Al momento de definir una dosificación	Se llevará a cabo de acuerdo a la Norma ASTM C940-98 ^a . Se utilizarán recipientes de 1.000 ml, graduados cada 10 ml, y se registran los volúmenes requeridos	-2% ; +5%

VSL Perú SAC "Manual de Instalación para Losas Postensadas"

3.6.5 Tratamiento De Las Muestras:

Una de las tareas más importantes e indispensable para la valoración de la calidad de la lechada de inyección, es la obtención de muestras para evaluar su resistencia. Un error en este punto, hace que los resultados de los ensayos sean poco representativos y no evidencien las características reales la lechada de inyección que se quiere ensayar.

Cuando las muestras se toman en obra siguiendo las normas correspondientes, se llegará a los resultados esperados. La falta de cuidado al tomar las muestras no reflejará la calidad de la lechada de inyección que se está ensayando.

La frecuencia de muestreo para el proceso de inyección está definida en el plan de calidad, seguridad y medioambiente que se genera para cada proyecto.

Las principales medidas que se deben tomar con las muestras son las siguientes:

- Aplicar desmoldante.
- Dejarla en un lugar fresco (Alejado de los rayos del sol).
- No mover ni golpearlas.
- En caso que la muestra baje el nivel de lechada, no rellenar.
- Sacarla del molde al 2° DÍA y dejarla en un recipiente con agua durante al menos 2 días.
- Sacarla del recipiente, esperar que seque, etiquetar y entregar al Departamento de Calidad. Lo recomendable es poder hacerlo antes que se cumpla el 5° día posterior a la inyección
- Cuando esté inyectando en losa de avance o bajo los rayos del sol, cubrir la muestra mientras fragua (1 día), y llevar a un lugar fresco.

Nota: El ensayo de fluidez se debe realizar con un cono normado (ASTM C939-02), cuyas dimensiones y volumen de ensayo se indican en la siguiente figura:

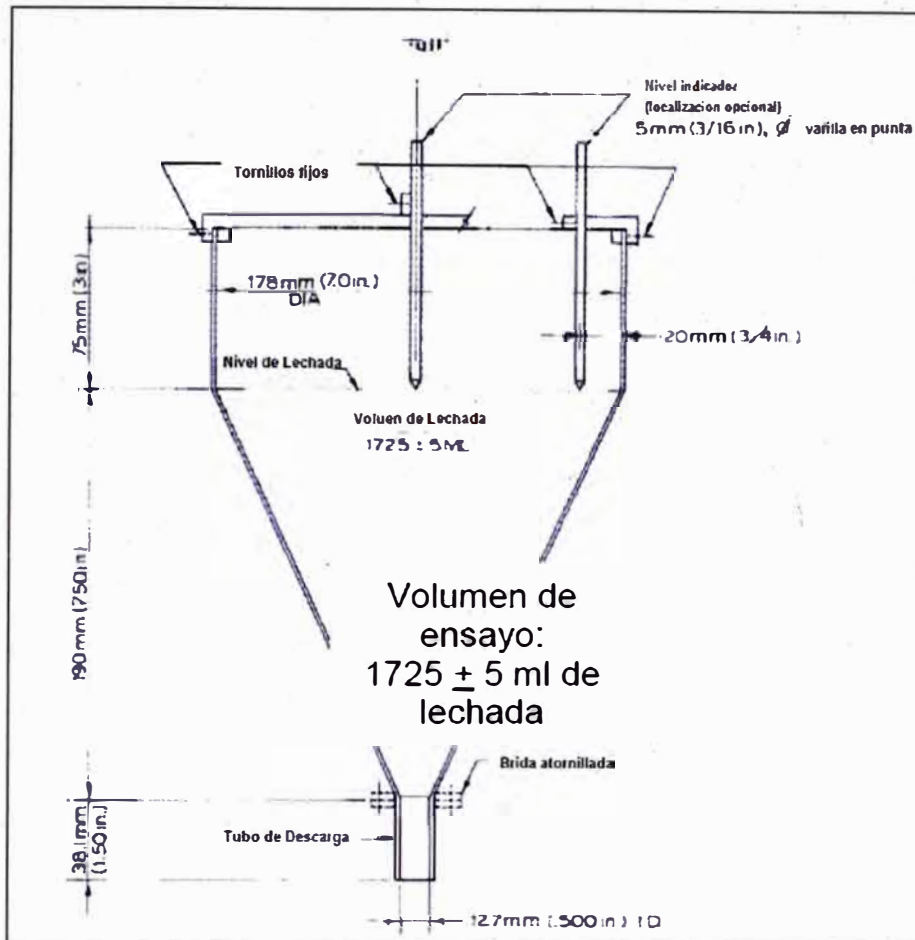


Figura N°20.- Cono normado según la ASTM

3.6.6 Seguridad Y Medioambiente

Durante las operaciones de inyección de lechada pueden producirse incidentes eléctricos e incidentes relacionados con los escapes de lechada a presión. Estos escapes pueden producir daños considerables si afectan a zonas delicadas del cuerpo como son los ojos. Por ello, se extremarán las precauciones en la zona alrededor del equipo de inyección, así como en las tomas de entrada o salida de lechada.

El personal irá provisto de lentes de seguridad y guantes, mientras que la zona de trabajo quedará delimitada para evitar presencia de personas ajenas al trabajo, quienes desconocen las operaciones que se están realizando.¹¹

¹¹ Bonilla Arturo M. "Análisis, Diseño y Construcción en Concreto Pretensado y Postensado" ACI Lima, Julio 2002.

3.7. PROBLEMAS QUE PUEDEN SURGIR EN OBRA Y SUGERENCIAS

3.7.1. En caso que se detecte algún deslizamiento de cuña que el gato este atrapado, cangrejas (bolsas de piedras, de arena o segregación) reventones (falla del concreto durante el proceso de tensado) o corte de cables durante el tensado. NO TENSE.

Estos trabajos deben ser ejecutados con instrucciones emitidas por el Departamento Técnico o emitidos por producción con la aprobación del Departamento Técnico.

3.7.2. Los cables cortos pueden ser el resultado de errores de fabricación, errores en su colocación o bien el resultado de un mal trabajo en obra, es decir por ejemplo cortar el cable antes de ser tensado. Deberá disponerse de las herramientas necesarias para corregir la longitud del cable.

3.7.3 Empalme De Cables

a.- Los cables pueden encontrarse demasiado cortos y no alcanzan a llegar al encofrado de friso correspondiente debido a una mala fabricación o errores en su colocación

b.- Si el cable está involucrado sol en un vaciado y no continua de preferencia reemplazar dicho tendón sin necesidad de utilizar una copia.

c.- Si se necesitara reparar un cable cortado o proyectar a futuro una losa ejecutada dándole continuidad a esta, la copia es necesaria.

d.- Una vez aprobado el uso de la copia, se deberá seguir el procedimiento indicado a continuación antes de proceder a la colocación del concreto.

- El profesional de Obra deberá determinar la ubicación de la copia de manera que está centrada en el espesor de la losa y no en cualquier punto de la curvatura del cable.
- Las copias no se colocaran una al lado de otra. Si se necesita empalmar más de un cable. Las copias de deberán alternar al centro de los vanos para grupos de cables.
- Se deberá usar un conducto de PVC para envolver la copia. Este debe ser de un diámetro interior mayor a la copia y de un largo tal que permita el deslizamiento de la copia en su interior, utilizando además un trozo de cable enfundado para alcanzar el borde desde donde se

deseo tensar. Se deberán usar dos conos engrasados colocadas a ambos extremos del conducto de manera de impedir que se le introduzca lechada a la copia al momento de vaciar.

- El cable original se deberá cortar con esmeril angular en el extremo a ser empalmado colocándose allí un cono y la copia a usar. A continuación se coloca el conducto del PVC para posteriormente colocar el otro cable con su cono en la copia. Después de esto, se sella bien el conjunto de tal forma que no queden huecos por donde penetre la humedad y lechada de concreto.
- La localización de la copia respecto al conducto de PVC debe permitir el libre movimiento de la copia hacia el extremo tensado. Se deberán permitir movimientos a ambos lados cuando el cable requiera ser tensado en ambos extremos. Calcular el desplazamiento relativo de la copia antes de tensar de forma que, una vez tensado, el cable quede centrado respecto al conducto.

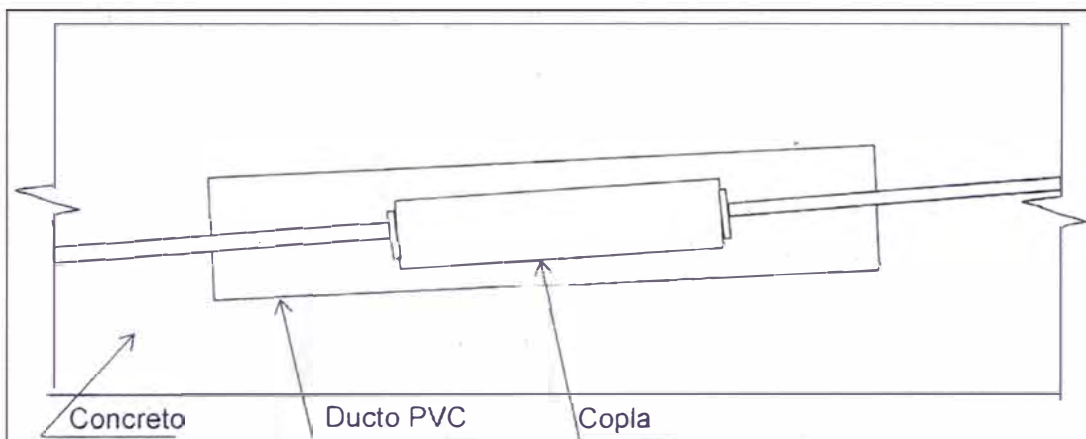


Figura N°21.- Detalle típico de copia

3.7.4. Agrietamiento De Cuñas

Las líneas de fisura normalmente aparecen en la cara expuesta de la cuña, debido a la deformación de estas alrededor del cable al momento de tensar, lo que se considera normal.

3.7.5. Problemas con el equipo tensado.

- a.- La limpieza es la clave para minimizar las fallas en los equipos. Cualquier tipo de arena, basura, arenillas u objeto extraño que ingrese al interior de la bomba o el gato puede causar un daño irreversible. Cuando el

equipo no se encuentre en uso, este debe guardarse en un lugar limpio y seco donde la posibilidad de daño sea mínima.

b.- Si el gato no logra extenderse o retraerse.

- Verifique que todos los fitting se encuentren bien cerrados. A menos que esos fitting estén completamente cerrados, las dos válvulas de bola en los acoples rápidos no se encuentran deprimidas entre ellas y por tanto el flujo de aceite no puede tener lugar.
- Revise que no estén bloqueadas las líneas de avance y retroceso. Revise las Válvulas en los acoples para asegurarse que estén funcionando. Esto se puede lograr presionándolas con el dedo, lo cual hará que se deslicen hacia adentro y hacia afuera del fitting.

c.- Si el gato presenta filtración.

- Asegúrese que la filtración no se produce en los acoples. Si fuese así remueva los acoples, límpielos cuidadosamente y vuelva a colocarlos utilizando para ello cinta de teflón alrededor de su hilo.
- Si el gato posee perdidas internas, determine donde se originan y comunique a la bodega central para que cambie el equipo. Una perdida interna indica normalmente el vencimiento de los sellos y estos deberán ser reemplazados por el equipo de mantenimiento

d.- El gato no agarra los cables o bien los daña.

- Si un cable se daña en la cercanía de las mordazas, esto indica que ellas no están lo suficientemente alineadas (una mitad puede estar desplazada respecto a la otra, lo cual puede causar el apriete del cable al centro) Gire el gato y saque las mordazas retirando para ello las placas que sustentan. Manualmente realinee las mordazas y reposiciónelas nuevamente con las placas y tornillos de soporte.
- Si el gato no agarra el cable, es probable que los dientes de las mordazas se encuentren sucios con grasa y polvo. Remueva las mordazas usando el procedimiento ya descrito anteriormente y límpielas con un solvente apropiado. Reemplace las mordazas una vez aplicada la grasa grafitada que se posee para tales efectos. Si aún las mordazas fallan reemplácelas por un juego nuevo.

e.- Perdida por asentamiento mayor a 6 mm

- La principal causa de pérdidas por asentamiento excesivas es la penetración de pasta de cemento en la cavidad de la cuña durante el vaciado, principalmente debido a que no se instaló el cono en forma correcta.
- Esta pasta no deja que las cuñas penetren hasta el fondo de la cavidad en el anclaje. Si esto ocurre, destense el cable y retire las cuñas. Usando un pequeño punto o alambre remueva toda la lechada que pueda existir entre el cable y la cavidad del anclaje. Reemplace las cuñas por un juego nuevo y re-tense. Si esto no corrige el problema. Dé vueltas al gato, ponga el control de la válvula en la bomba en la posición de retorno y revise que el pistón de asentamiento trabaja correctamente. Con el gato en esta posición verifique también el avance de la nariz de asentamiento. La nariz de asentamiento debe deslizarse más allá que la nariz propia del gato. Si los pistones de asentamiento no están funcionando o si la nariz de asentamiento se encuentra muy gastada o no se desplaza correctamente, de aviso al departamento de mantenimiento y de informe al profesional de Obra.

f.- El equipo no alcanza la presión de tensado.

- Verifique el nivel de aceite en el estanque. La bomba es capaz de operar correctamente hasta con 1 galón (4 litros) de aceite, aun cuando su capacidad es de 2 galones (8 litros). Si el nivel de la bomba está bajo. Solicite aceite especificado para hacer el recambio completo.

Advertencia: Para permitir la expansión del aceite. No llene el estanque más allá de 5 cm de su borde superior

g.- Si el regulador de presión de la bomba requiriese algún ajuste, contáctese con su superior antes de realizar esta operación. Cualquier pequeño desajuste puede originar un aumento o disminución importante en la presión de la bomba

h.- La bomba opera demasiado lenta

- Una causa común para este problema es la falla en el suministro de energía de la bomba.

i.- Manómetro.

- Si el manómetro no marca, verifique que los fitting se encuentran completamente ensamblados y firmes y que las uniones están limpias de cualquier basura.
- Si la aguja manómetro se mantiene pegada en una posición distinta al cero. Puede significar que existe aire atrapado en el manómetro presione la bola de su acople; si la aguja vuelve a cero continúe tensando en caso contrario de aviso a su superior.

3.8. SECUENCIA CONSTRUCTIVA

Para disminuir la probabilidad de aparición de fisuras:

- Juntas de vaciado.

La junta de vaciado permite que dos paños de losa se deformen independientemente durante 28 días, salvo indicación contraria en el proyecto, para luego ser vaciados en una sola losa. Estas juntas mejoran considerablemente la no aparición de fisuras en la losa.

- Precarga

Se recomienda realizar ensayos de resistencia para los cuatro primeros días del concreto, ello permitirá definir el momento para realizar una precarga, así como el valor de ella. Además permitirá definir de mejor manera el momento preciso del tensado final. Este método es bastante bueno, y por lo general reduce considerablemente la cantidad y ancho de las fisuras.

- Acero Pasivo

Es recomendable disponer una malla correspondiente de 0.1% de la cuantía de acero. Dicha medida es aplicada a todas las losas postensadas (adheridas o no adheridas)

- Curado Del Concreto

Un buen curado del concreto es efectivo, en especial en los meses de verano, pues disminuye su retracción inicial.

- Concreto

Generalmente el concreto empleado viene especificado por resistencia y por requerimientos necesarios para su correcta colocación. Sin embargo pa-

ra iguales características de resistencia y colocación, el mercado ofrece concretos con comportamientos completamente diferentes frente a la retracción. Es recomendable por cierto, tratar de utilizar concretos que experimenten menor retracción.

- **Certificación De La Obra.**

Al finalizar la obra el Jefe de Calidad emitirá un certificado de Calidad, en el que se relaciona el alcance certificado y los registros que respaldan el certificado. El profesional de Obra debe examinar el equipo de trabajo y sus cambios, registrando la idoneidad del mismo en los registros del plan de calidad.

3.9 RENDIMIENTOS DE AVANCE POR CUADRILLAS

Una vez planteados todos estos pasos en la secuencia constructiva se obtenemos los siguientes ratios de producción que se ha planteado a inicio de obra.

Cuadro N°6.- Cuadro de rendimientos

RENDIMIENTOS CASCO		PPTO VENTA	PPTO META	CASCO
Costo kg Fierro	S/. x Kg	S/. 3.33	S/. 3.51	S/. 3.37
Costo m ³ Concreto	S/. x m ³	S/. 409.48	S/.302.12	S/.258.79
Costo m ² Moldaje	S/. x m ²	S/. 31.79	S/. 42.86	S/. 54.28
Rendimiento Fierro	Ton/HD	0.16	0.36	0.352
Rendimiento Concreto	m ³ /HD	3.53	3.56	8.421
Rendimiento Moldaje	m ² /HD	4.04	5.84	7.010

Cuadro N°7.- Rendimientos en la instalación para losas postensadas.

FECHA	Ho	Hf	H trabajadas	N° de trabajadores	NIVEL	SECTOR	M2 DEL SECTOR	ML DE CABLE HABILITADO	REND ml/HH	REND m2/HH
25/11/2013	8.00	17.00	8.00	4.00	SOT 9	3	145.876	646.27	20.20	4.56
26/11/2013	8.00	22.00	13.00	4.00	SOT 9	4	211.991	1006.02	19.95	4.08
29/11/2013	8.00	22.00	13.00	4.00	SOT 9	5	246.912	1049.76	20.19	4.75
30/11/2013	8.00	21.00	12.00	5.00	SOT 9	1	252.941	650.2	10.84	4.22
03/12/2013	8.00	20.00	11.00	5.00	SOT 8	2	273.177	1165.98	21.20	4.97
06/12/2013	8.00	22.00	13.00	6.00	SOT 8	4	211.991	1006.02	12.90	2.72
07/12/2013	8.00	13.00	4.00	6.00	SOT 8	3	145.876	646.27	26.93	6.08
10/12/2013	8.00	20.00	11.00	6.00	SOT 8	5	246.912	1049.76	15.91	3.74
12/12/2013	8.00	18.00	9.00	6.00	SOT 8	1	252.941	650.2	12.04	4.68
14/12/2013	8.00	18.00	9.00	6.00	SOT 7	2	273.177	1165.98	21.59	5.06
17/12/2013	8.00	19.00	10.00	6.00	SOT 7	3	211.991	646.27	10.77	3.53
18/12/2013	8.00	20.00	11.00	6.00	SOT 7	4	145.876	1006.02	15.24	2.21
20/12/2013	8.00	20.00	11.00	6.00	SOT 7	5	246.912	1049.76	15.91	3.74
21/12/2013	8.00	15.00	6.00	6.00	SOT 7	1	252.941	650.2	18.06	7.03
26/12/2013	8.00	20.00	11.00	6.00	SOT 6	2	273.177	1165.98	17.67	4.14
03/01/2014	8.00	20.00	11.00	6.00	SOT 6	3	211.991	646.27	9.79	3.21
04/01/2014	8.00	15.00	6.00	6.00	SOT 6	4	145.876	1006.02	27.95	4.05
07/01/2014	8.00	20.00	11.00	6.00	SOT 6	5	246.912	1049.76	15.91	3.74
09/01/2014	8.00	19.00	10.00	6.00	SOT 6	1	252.941	650.2	10.84	4.22
11/01/2014	8.00	16.00	7.00	6.00	SOT 5	2	273.177	1165.98	27.76	6.50
14/01/2014	8.00	20.00	11.00	6.00	SOT 5	3	211.991	646.27	9.79	3.21
16/01/2014	8.00	18.00	9.00	6.00	SOT 5	4	145.876	1006.02	18.63	2.70
18/01/2014	8.00	14.00	5.00	6.00	SOT 5	1	252.941	650.2	21.67	8.43
21/01/2014	8.00	20.00	11.00	6.00	SOT 5	5	246.912	1049.76	15.91	3.74
22/01/2014	8.00	20.00	11.00	6.00	SOT 4	2	273.177	1165.98	17.67	4.14
23/01/2014	8.00	21.00	12.00	6.00	SOT 4	1	252.941	650.2	9.03	3.51
28/01/2014	8.00	20.00	11.00	6.00	SOT 4	3	211.991	646.27	9.79	3.21
29/01/2014	8.00	20.00	11.00	6.00	SOT 4	4	145.876	1005.96	15.24	2.21
30/01/2014	8.00	21.00	12.00	6.00	SOT 4	5	246.912	1049.73	14.58	3.43
REND PROM									16.67	4.20

3.10 NORMAS Y REGLAMENTOS DE REFERENCIA

- RNE E- 060.18

Los elementos preesforzados deben cumplir con los requisitos de resistencia especificados en esta Norma.

En el diseño de elementos preesforzados deben contemplarse la resistencia y el comportamiento en condiciones de servicio durante todas las etapas de carga durante la vida de la estructura, desde el momento en que el preesforzado se aplique por primera vez. Deben tomarse medidas con respecto a los efectos provocados por el preesforzado sobre las estructuras adyacentes debidos a deformaciones plásticas y elásticas, deflexiones, cambios de longitud y rotaciones. También deben considerarse los efectos por cambios de temperatura y retracción. Debe considerarse la posibilidad de pandeo de un elemento entre los puntos en que el concreto y el acero de preesforzado estén en contacto intermitente en un ducto de mayor tamaño que el necesario, al igual que la posibilidad de pandeo de almas y alas delgadas. Al calcular las propieda-

des de la sección antes de la adherencia del acero de preesforzado, debe considerarse el efecto de la pérdida de área debida a los ductos abiertos.

- ASTM C 939 – 02

Este método de ensayo cubre un procedimiento, usado en el laboratorio y en el campo, para la determinación del tiempo de flujo de un especificado volumen de grout de cemento hidráulico fluido a través de un cono de flujo estandarizado usado para concreto de agregado precolocado (AP); sin embargo, el método de ensayo también puede ser usado para otros grouts fluidos.

- ASTM A 416

Esta especificación trata sobre dos tipos y dos grados de torones de acero de siete alambres sin recubrimiento, para utilizar en la construcción de concreto preesforzado pretensado y postensado. Los dos tipos de torones son de baja relajación y aliviado de esfuerzos (relajación normal). El torón de baja relajación debe ser considerado como el tipo estándar. El torón aliviado de esfuerzos (relajación normal) no será suministrado a menos que sea específicamente ordenado, o por acuerdo entre el comprador y el proveedor. El Grado 1725 [250] y el grado 1860 [270] tienen resistencias últimas mínimas de 1725 MPa [250 ksi] y 1860 MPa [270 ksi], respectivamente, basadas en el área nominal del torón.

CAPÍTULO IV: APLICACIÓN EN EDIFICIOS DE SAN ISIDRO - LIMA

El siguiente punto tiene como objetivo exponer, sobre un ejemplo práctico anteriormente desarrollado en los diferentes puntos. Para ello tomaremos como ejemplo práctico la ejecución de un edificio para oficinas de 32 pisos ubicado en San Isidro-Lima.

4.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

Actualmente el proyecto se encuentra en la Av. República de Panamá N° 3428 – 3420, a la altura de la intersección con Canaval y Moreyra, en la Mz. A-1, Lotes 2 y 3, de la urbanización Limatambo, en el distrito de San Isidro, se ubican los dos terrenos, que juntos tienen 1,140 m², donde se desarrollará el proyecto de oficinas Torre Barlovento.¹²

El terreno cuenta con zonificación CM. (Comercio Metropolitano), subsector 4-E. El proyecto ha sido desarrollado con la normatividad de la Municipalidad de San Isidro y el Reglamento Nacional de Edificaciones.



Figura N°22.- Vista satelital de la ubicación de la obra

¹² Municipalidad de San Isidro "Parámetros urbanísticos y edificaciones en el distrito de San Isidro", Lima, 2012

4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

El edificio, contará con 32° pisos y 10 sótanos, para estacionamientos y oficinas, con la siguiente distribución:

Cuadro N°8.- Cuadro de descripción de ambientes del edificio

Nivel	Cuarto de Bomba y Cisterna
1° al 10° Sótano	Estacionamientos
1° piso	Hall de ingreso, Áreas Comunes, Rampas para estacionamientos
2° piso	Estacionamiento y oficina.
3° al 30° piso	Oficinas
31° y 32ª	Cuarto de Máquinas y azotea

Según el Certificado de Parámetros Urbanísticos se permite la altura de 1.5 (a+r) donde "a" es el ancho de la vía y "r" es resultante de la suma de los retiros normativos correspondientes a ambos frentes de la vía, permitiendo una altura de 102 m a la línea de fachada.

El edificio se encuentra en ejecución, el plazo de entrega concluye en abril de 2015, el contratista de la obra es la empresa Constructora CyJ Echeverryza Izquierdo empresa con gran experiencia en la ejecución de obras tanto residenciales como no residenciales.

En un principio las losas se iban a ejecutar con losa maciza y vigas peraltadas pero un posterior estudio realizado por el proyectista y el contratista determinó que económicamente sería más viable la opción de ejecutar los encofrados de la estructura mediante losas postensadas. Otro de los aspectos que determinaron la tipología final de las losas fue la necesidad de espacios diáfanos, consecuencia de la tipología edificatoria. Se necesitaban grandes luces entre pilares para conseguir los espacios que definirían las necesidades del proyecto, con otro tipo de estructura se necesitaban grandes alturas, así como, vigas peraltadas que consecuentemente limitaban excesivamente la altura libre de las diferentes plantas, complicando el trazado de instalaciones, necesitando una mayor cantidad de concreto y acero, etc.



Figura N°23.- Vista de oficinas acabadas

Una vez estudiados los diferentes aspectos, como económico, técnico, entre otros, se determinó que la mejor opción sería la ejecución de losas postensadas.

A continuación se expondrá gráficamente la solución adoptada para la ejecución del edificio mediante losas postensadas.

Se trata de un edificio de 32 pisos y 10 sótanos con un área de unos 1000 m²

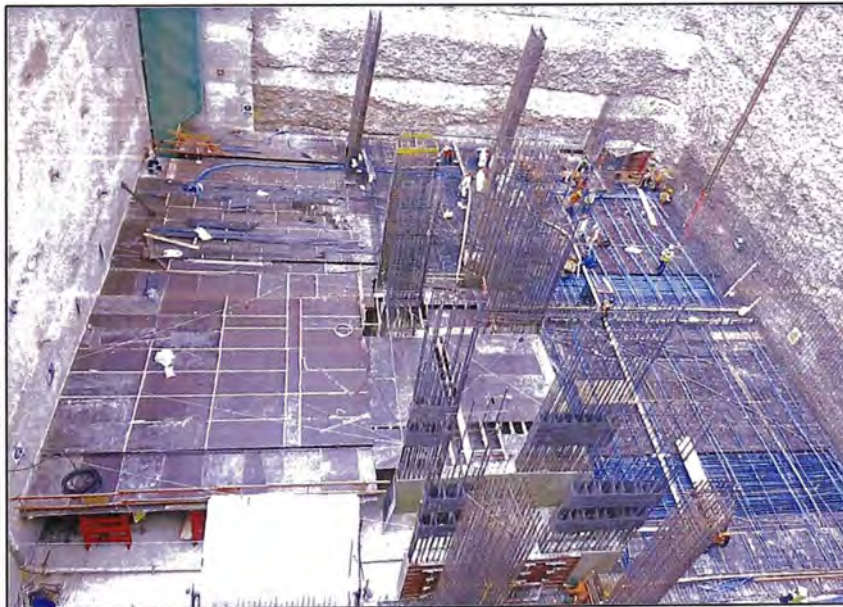


Figura N°24.- Imagen aérea tomada desde la torre grúa

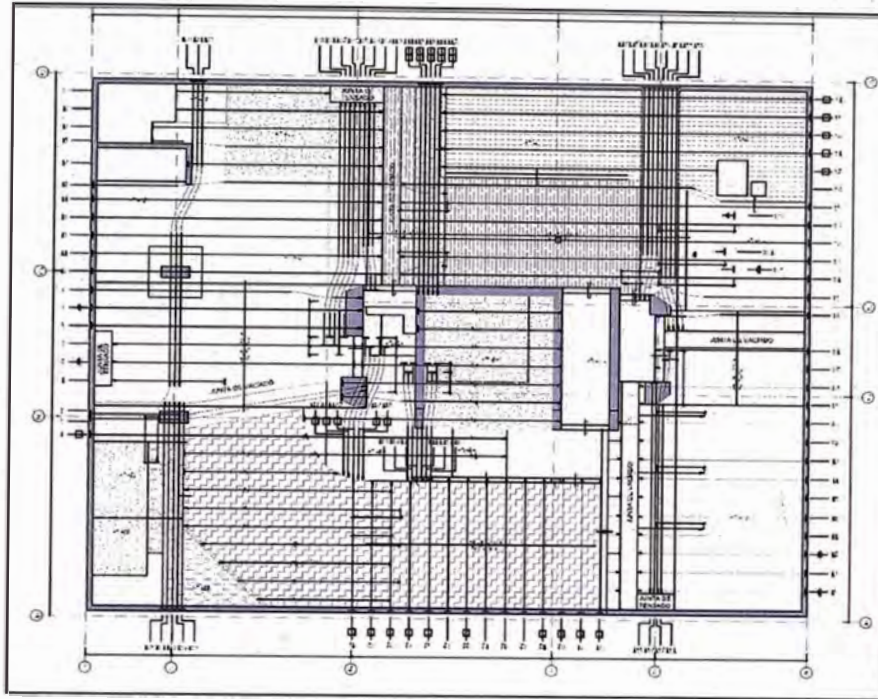


Figura N°25.- Plano de cables de un techo típico



Figura N°26.- Vista 3D de la torre terminada

4.3 COMPARATIVA ECONÓMICA

En el siguiente punto se hará una comparativa desde el punto de vista económico entre una propuesta de losas convencionales y una de losas postensadas, de este modo y vistos los aspectos técnicos tendremos una visión global de las ventajas que supone la ejecución de losas de tipo postensado frente a estructuras convencionales.

En primer lugar observaremos una comparativa entre los planes de trabajo de un tipo de estructura y otro con lo que podemos estimar el tiempo de ejecución de cada uno de ellos y comparar el ahorro de tiempo. ¹³

1.- RATIOS costo en \$ / m2

Cuadro N°9.- Cuadro de costos de precios de losas aligeradas por m2

SOSTENIMIENTO MURO ANCLADO AL 100% - LOSAS ALIGERADAS				
Cota Excavación (m):	-29.0			
	UNID	CANT	P.U. (\$)	Parcial (\$)
Encofrado	m2	5,052.83	11.51	58,163.68
Concreto	m3	2,829.58	140.74	398,237.82
Acero	kg	245,890.89	0.98	240,973.08
				697,374.58
			Ratio 1	17.89 \$/m2

Cuadro N°10.- Cuadro de costos de precios de losas postensadas por m2

SOSTENIMIENTO MURO ANCLADO AL 100% - LOSAS POSTENSADAS				
Cota Excavación (m):	-27.5			
	UNID	CANT	P.U. (\$)	Parcial (\$)
Encofrado	m2	4,473.73	11.51	51,497.60
Concreto	m3	2,505.29	140.74	352,596.20
Acero	kg	217,709.60	0.98	213,355.40
				617,449.21
			Ratio 2	15.84 \$/m2

Cuadro N°11.- Cuadro de ratios de costos obras preliminares

RATIOS OBRAS PRELIMINARES		
	ALIGERADO \$/m2	POSTENSADO \$/m2
MURO PANTALLA	17.89	15.84
FAENAS, DEMOLIC, PERMISOS	7.83	7.83
MOV. TIERRAS	6.32	5.99
RATIO OBRAS PRELIMINARES	32.04	29.66

¹³ Font Maymo J. "Rendimientos y Valorizaciones de Obras", Editorial Dossat, Madrid. 1960.

Cuadro N°12.- Cuadro de ratios de costos de estructuras

RATIOS ESTRUCTURAS		
	ALIGERADO \$/m2	POSTENSADO \$/m2
TOPOGRAFIA		2.94
RELLENOS MENORES		2.76
CONCRETO	197.45	52.98
ACERO		65.19
ENCOFRADO		25.61
POSTENSADO	0.00	22.38
RATIO ESTRUCTURAS	197.45	171.86


Cuadro N°13.- Cuadro de ratios de costos generales

DETALLE DE RATIOS										
	Ratio Preliminares	Ratio Estructuras	Ratio Arquitectura	Ratio IIEE	Ratio IISS	Partidas Administradas	Artefactos de Iluminacion	Ratio Ascensores	Ratio Muro Cortina	RATIO GRAL. SIN IGV
ALIGERADO	32.04	197.45	46.81	29.3	13.62	81.6	1.91	27.7	38.94	469.40
POSTENSADO	29.66	171.86	46.81	29.3	13.62	81.6	1.91	27.7	38.94	441.43

Cuadro N°14.- Presupuesto con losas aligeradas

Item	NIVEL	Area (m2)	PU (ratio) (U\$/m2)	Parcial (U\$)
1	TORRE BARLOVENTO (ALIGERADO)	38,988.24	469.40	18,300,991.73
Costo Directo				18,300,991.73
Gastos Generales 15.20%				2,781,750.74
Utilidades 6.50%				1,189,564.46
Parcial				22,272,306.94
IGV 18.00%				4,009,015
Total				26,281,322.18
Area Construida		38,988.24 m2		
Ratio promedio		674.083 \$/m2		

Cuadro N°15.- Presupuesto con losas postensadas

2DO ESTIMADO PPTO - TORRE BARLOVENTO				
MODELO POSTENSADO				
Proyecto:	RATIOS	Superficie (m2)	38,988.24	
Obra:	TORRE BARLOVENTO	N° Pisos	32	
Cliente:	-----	N° Subterranos	10	
Ubicación:	SAN ISIDRO, LIMA - PERU	Plazo Ejecucion (meses)	22	
Costo a	ENE 2014			
Item	NIVEL	Area (m2)	PU (ratio) (U\$/m2)	Parcial (U\$)
1	TORRE BARLOVENTO (POSTENSADO)	38,988.24	441.43	17,210,569.16
	Costo Directo			17,210,569.16
	Gastos Generales	14.35%		2,469,716.67
	Utilidades	6.50%		1,118,687.00
	Parcial			20,798,972.82
	IGV	18.00%		3,743,815
	Total			24,542,787.93
	Superficie Total		38,988.24 m2	
	Ratio promedio		629.492 \$/m2	

Como vemos de los resultados obtenidos el costo del modelo Postensado es más económico en comparación con el modelo aligerado.

4.4 CRONOGRAMA COMPARATIVO

Como los materiales a utilizar son menores en las losas postensadas el tren de trabajo se reduce 1 día y en el plazo de 22 meses ahorramos 35 días que son valiosos para la entrega de obra.

Cuadro N°16.- Distorsión en el tiempo de cada procedimiento

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ELEMENTOS VERTICALES																		
Acero Vertical Preamado	\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$8.6	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$7.6	\$6.1					
Acero Vertical Colocado	\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$8.6	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$7.6	\$6.1					
Instalaciones		\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$8.6	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$7.6	\$6.1				
Encofrado		\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$8.6	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$7.6	\$6.1				
Concreto		\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$8.6	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$7.6	\$6.1				
ELEMENTOS HORIZONTALES																		
Encofrado Fondos de vigas			\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$8.6	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$7.6	\$6.1			
Acero Vigas				\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$8.6	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$7.6	\$6.1		
Costados de Vigas				\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$8.6	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$7.6	\$6.1		
Fondo de Losas				\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$8.6	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$7.6	\$6.1		
Viguetas y bovedillas					\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$8.6	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$7.6	\$6.1	
Acero de Losas primera mallá					\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$8.6	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$7.6	\$6.1	
Instalaciones					\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$8.6	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$7.6	\$6.1	
Acero de Losas segunda mallá					\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$8.6	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$7.6	\$6.1	
Frisos de Vigas						\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$8.6	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$7.6	\$6.1
Concreto						\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$8.6	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$7.6	\$6.1
POSTENSADO																		
ELEMENTOS VERTICALES																		
Acero Vertical Preamado	\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$6.1						\$5.1	
Acero Vertical Colocado	\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$6.1						\$5.1	
Instalaciones		\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$6.1						\$5.1
Encofrado		\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$6.1						\$5.1
Concreto		\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$6.1						\$5.1
ELEMENTOS HORIZONTALES																		
Encofrado Fondos y Capiteles			\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$6.1					\$5.1
Acero de Losa				\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$6.1				
Cables y ductos de postensado				\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$6.1				
Instalaciones				\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$6.1				
Concreto				\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$6.1				
Postensado								\$8.1	\$8.2	\$8.3	\$8.4	\$8.5	\$7.1	\$7.2	\$7.3	\$7.4	\$7.5	\$7.5

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Debido a la propia naturaleza del postensado este genera ventajas respecto a la utilización de otro tipo de estructura de losas convencionales utilizadas tradicionalmente en nuestro país.

5.1.-CONCLUSIONES

- Las fuerzas producidas por el tesado neutralizan en gran medida las cargas exteriores por lo que a efectos prácticos éstas se reducen notablemente.
- El postensado hace que la estructura esté permanentemente comprimida por lo que es más rígida, durable que otro tipo de estructuras que generalmente cuentan con fisuras, quedando la deformación instantánea considerablemente reducida.
- La deformación diferida, producida por las cargas permanentes, también queda reducida notablemente debido al sistema de cargas introducido por el postensado, ya que se crean deformaciones y flechas permanentes contrarias a las cargas permanentes.
- Se consiguen estructuras más resistentes ya que las estructuras postensadas se ejecutan con materiales de alta resistencia.
- Al tener un mejor comportamiento frente a la fisuración, se mejora la resistencia de las armaduras frente a la corrosión.
- Todas estas características hacen que se consiga reducir las alturas estructurales, reduciendo la armadura pasiva y el peso propio de la estructura permitiendo a su vez aumentar las luces entre pilares e incluso en edificios de gran altura se puede lograr para una misma altura edificable una mayor cantidad de plantas con el consiguiente beneficio económico que ello supone.

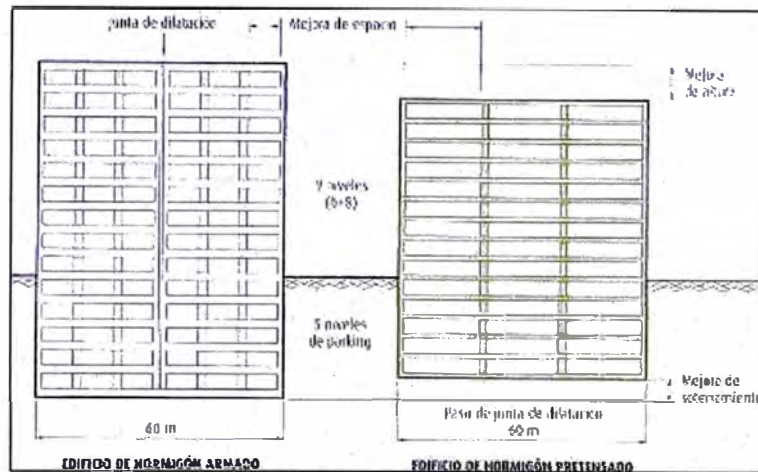


Figura N°27.- Comparativa grafica entre la construcción con losas aligeradas y postensadas

- Se aumenta la velocidad de construcción reduciendo los plazos de ejecución debido a las altas resistencias conseguidas a edades tempranas que permiten descimbrados más prematuros, continuando con los trabajos en cotas superiores.
- La sencillez de ejecución de las losas postensadas, así como la necesidad de emplear menor cantidad de concreto y armaduras pasivas, hace que los plazos de ejecución se reduzcan notablemente, reduciendo así el plazo de entrega de la estructura.
- La reducción del peso propio hacen que disminuya la carga total que llega a la cimentación, por lo que esta puede ser más ligera, ahorrando concreto y acero.
- Son estructuras más económicas ya que se ahorra concreto y acero frente a otras estructuras con resistencias similares.
- Se reduce hasta un 30% el espesor de losa sin disminuir la capacidad portante.
- Tiene mejor resistencia al fuego debido a la fisuración limitada.
- Con un trazado de cables apropiado se mejora la resistencia a punzonamiento.
- La posibilidad de desencofrar nada más tesar los cables (sobre el 3er día después del vaciado) hace posible un ahorro en puntales y encofrados ya

que no hay necesidad de que las plantas inferiores estén apuntaladas durante la ejecución de las estructuras superiores.

- Además en el sistema de estructuras postensadas con tendones no adherentes existe la posibilidad de retesar, inspeccionar o sustituir los tendones a posteriori.
- Desde el punto de vista medioambiental las losas postensadas también ofrecen mayores ventajas que las estructuras tradicionales esto es debido a que por la propia naturaleza del mismo y su proceso de construcción se necesitan menores cantidades de materiales, elementos estructurales, mano de obra, puntales, transporte de materiales, etc., lo que hace que se consuma menor cantidad de energía durante el proceso constructivo de la estructura. Además debido a la reducción de volumen en las estructuras postensadas, éstas necesitan de menor energía para acondicionar los espacios que albergan (electricidad, aire acondicionado).

No todo son ventajas en este tipo de estructuras, también cuenta con inconvenientes tales como:

- Aunque se utiliza menor cantidad de concreto, el que se utiliza es de alta resistencia por lo que el coste por m³ es mayor que en el caso de concretos convencionales.
- Necesidad de mano de obra especializada durante el proceso constructivo, tanto durante la colocación de tendones como el posterior tensado de los mismos.
- Necesidad de mayor espacio para el encofrado debido a las zonas auxiliares para colocar los gatos hidráulicos que tesarán la estructura.
- Necesidad de un control mayor sobre las deformaciones sufridas por la estructura debido a la esbeltez.
- Se trata de estructuras poco flexibles a la hora de realizar modificaciones en proyecto y en ejecución. Por ejemplo se tiene que tener fijado desde un principio por donde transcurrirán los huecos de instalaciones ya que una vez vaciado el concreto es tremendamente peligroso agujerear zonas de la estructura donde existen armaduras activas, debiendo buscar zonas donde sólo se encuentren armaduras pasivas (zonas pasivas) que son más susceptibles de ser perforadas sin comprometer la seguridad de la estructura.

- Las reparaciones de la estructura debido a roturas de cables, sean cuales sean las causas, son muy complicadas y requieren de mano de obra especializada.
- La diferencia de costos por m² de losa es \$2.05 a favor si se hiciera con el sistema postensado siendo una alternativa rentable si se tuvieran muchos m² de techo por construir a más m² más sería el ahorro.

5.2.- RECOMENDACIONES

- Si deseáramos acortar el plazo de ejecución de obra en estructura se debería tomar muy en cuenta la opción de hacer losas postensadas.
- Hay que analizar el costo comparativo en cada caso de obra ya que este costo por metro cuadrado de losa es para esta obra en particular pueden existir factores y/o condiciones especiales de obra en los que no sería muy rentable utilizar este método.
- El método de hacer losas postensadas es más útil si es un proceso repetitivo es decir en edificios de grandes alturas como este en el que se observara un % de ahorro de tiempo por cada piso terminado alargando nuestra brecha de ahorro de tiempo.
- Si se trabaja con acero dimensionado se deberá esperar mandar un pedido hasta que los especialistas en colocación de acero postensado reestructuren cada piso, una vez aprobado se proceda a enviar los planos a los fabricantes de acero.
- Tener siempre en cuenta que los cables están siendo sometidos a fuertes tensiones y no se podrá trabajar o hacer modificaciones en la losa a menos que sea un sistema adherido y este ya este inyectado con el aditivo respectivo.
- Si se tuviera un sistema no adherido se deberá revisar constantemente el estado del tensado y de ser necesario se puede volver a tensar.

BIBLIOGRAFIA

- Bonilla Arturo M. *“Análisis, Diseño y Construcción en Concreto Pretensado y Postensado”* ACI Lima, Julio 2002.
- Font Maymo J. *“Rendimientos y Valorizaciones de Obras”*, Editorial Dossat, Madrid. 1960.
- Municipalidad de San Isidro *“Parámetros urbanísticos y edificaciones en el distrito de San Isidro”*, Lima, 2012.
- Nilson. A. *“Diseño de Estructuras de Concreto Preesforzado”*, Mc. GRAW HILL INTERAMERICANA S.A, Bogota 2001.
- Post-Tensioning Institute, *“Standard Requirements for Design of Shallow Post -Tensioned Concrete Foundations on Expansive Soils”*, California, 2008.
- Villena Luis Alberto, *“Programación y Procesos Constructivos del Postensado de Losas y Vigas en Edificio Banco Wiese. San Isidro”* – Tesis, Lima 1999.
- VSL Perú SAC *“Manual de Instalación para Losas Postensadas”*, Lima 2013.

ANEXOS

1. ACERO PRETENSADO

EL ACERO UTILIZADO PARA EL HORMIGÓN PRETENSADO DEBE SER UN CABLE DE SIETE HIERBAS LIBERADO DE TENSIONES Y FABRICADO DE ACUERDO A LA NORMA ASTM-A18, LIBRE DE CORROSIÓN, CON UNA RESISTENCIA DE TENSION FINAL MÍNIMA GARANTIZADA DE 1920 TON/cm².

PARA CABLES # 0.5":

DIÁMETRO NOMINAL : 1,27 cm.
 ÁREA : 0,987 cm²
 MÓDULO DE ELASTICIDAD : 1970 x 2040 kg/cm²
 RESISTENCIA FINAL: 18,80 TONELADAS MÉTRICAS
 FUERZA TEMPORAL MÁX. : 15,0 TONELADAS MÉTRICAS
 COEFICIENTES DE FRODAS POR FRODÓN : $\mu = 0,14 (1/700)$; $K = 0,001 (1/10)$

2. ANCLAJES

TOCOS LOS ELEMENTOS PARA ANCLAJE DEBERÁN CUMPLIR CON LOS REQUISITOS MÍNIMOS ESTABLECIDOS POR EL CÓDIGO DEL AMERICAN CONCRETE INSTITUTE "BUILDING CODE REINFORCEMENTS FOR REINFORCED CONCRETE" (ACI 318-05 CAPÍTULO 16) O POR EL CÓDIGO DEL PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE (PCI) "STANDARD BUILDING CODE FOR PRESTRESSED CONCRETE".

EN TODOS LOS EXTREMOS A TENSAR QUE NO SEAN INTERMEDIOS, DEBE USARSE EL ANCLAJE VSL (SSN), CON EL CONO PLÁSTICO REUSABLE PARA DAÑILE REDESARMIAMIENTO ADECUADO.

3. FABRICACIÓN DE CABLES

LOS CABLES SERÁN CLARAMENTE IDENTIFICADOS MEDIANTE UN CÓDIGO DE COLORES, COMO SE MUESTRAN EN LOS PLANOS Y ASÍ FACILITAR LA COLOCACIÓN DE ESTOS.

LOS CABLES SERÁN COLOCADOS CON UN LARGO SUFICIENTE QUE VA MÁS ALLA DEL MOLDAJE DE BORDE PARA PERMITIR EL TENSADO. LA MEDIDA MÍNIMA REQUERIDA SERÁ DE 45 cm.

LOS CABLES QUE SEAN TENSADOS POR UN SÓLO EXTREMO, TENDRÁN EN EL OTRO EXTREMO UN ANCLAJE PASIVO COLOCADO EN EL BORDE.

LOS CABLES SE ALMACENARÁN EN AREAS PROTEGIDAS Y EN SITIOS SEGUROS NO EXPUESTOS A LA INTERFERENCIA PROTECTORAS DE LA CORROSIÓN. SE DEBE ESTABLECER EL REQUERIMIENTO DE ALMACENAJE POR MÁS DEL TIEMPO ESTABLECIDO (30 DÍAS). LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁ ESTABLECER PROCEDIMIENTOS ADICIONALES CONTRA LA CORROSIÓN.

LAS CURVAS Y ANCLAJES SE DEBERÁN ALMACENAR EN ÁREAS LIMPIAS Y LIBRES DE HUMEDAD.

4. COLOCACIÓN DE CABLES Y ANCLAJES

UBIQUE EL CENTRO DE LOS GRUPOS DE CABLES EN EL MOLDAJE DE BORDE. LOCALICE Y MARQUE LA POSICIÓN DEL CENTRO DE LOS ANCLAJES. PARA EL TENSADO, EN LOS EXTREMOS SE DEBERÁN PERFORAR LOS ESCOFADOS DE BORDE, PERFORACIÓN DE DIÁMETRO DE 2 cm. EN LOS PUNTOS INTERMEDIOS PARA TENSADO, SE DISPONERÁ DE MOLDAJES OVIDOS PARA FACILITAR LA COLOCACIÓN DE LOS TENDONES.

PARA LOS EXTREMOS DE TENSADO, CLAVAR LOS ANCLAJES CON SUS CONOS PLÁSTICOS EN EL MOLDAJE DE BORDE UTILIZANDO CLAVOS DE 4", O SIMILARES, QUE GARANTICEN UNA FUERTE ADHERENCIA.

COLOCAR LAS BARRAS INFERIORES DE REFORZAMIENTO A LO LARGO DEL BORDE DE LA LOSA Y DE LOS PLANOS DE TENSADO INTERMEDIOS CUANDO INSTALAR LAS HORQUILLAS SI CORRESPONDE.

COLOCAR LAS BARRAS DE SOPORTE Y LOS CABLES DE ACUERDO CON LOS PLANOS DE COLOCACIÓN.

EL PROCEDIMIENTO PARA LA COLOCACIÓN DE LOS CABLES SE DETALLA A CONTINUACIÓN:

- DESMOLDEAR LOS CABLES COMENZANDO POR LOS EXTREMOS FIJOS. ASEGURAR LOS EXTREMOS FIJOS COMO SE MUESTRA EN DETALLE.
- EN LOS EXTREMOS PARA TENSAR, PASAR LOS CABLES A TRAVÉS DE LOS ANCLAJES.
- EN LOS PUNTOS INTERMEDIOS PARA TENSADO PONER LOS CABLES A TRAVÉS DE LOS MOLDAJES DE BORDE Y CLAVAR LOS ANCLAJES SSN, Y LOS CABLES PLÁSTICOS CONTRA EL INTERIOR DEL MOLDAJE.

LA COLOCACIÓN DE LA ARMADURA DE REFORZADO DEBE SER COORDINADA CON LA COLOCACIÓN DE LOS CABLES. EN CASO DE CONFLICTO, LA LOCALIZACIÓN DE LOS CABLES PREDOMINA.

5. SECUENCIA DE COLOCACIÓN DE LOS TENDONES

PARA LOSAS ARMADAS EN DOS DIRECCIONES (BANDAS Y UNIFORMES).

- COLOCAR LOS CABLES UNIFORMES QUE PASAN DIRECTAMENTE POR ENCIMA DE LAS COLUMNAS.
 - COLOCAR TODOS LOS CABLES DE LAS BANDAS.
 - COLOCAR TODOS LOS CABLES UNIFORMES.
- PARA LOSAS ARMADAS EN UNA DIRECCIÓN Y VIGAS
- COLOCAR TODOS LOS CABLES DE LAS VIGAS.
 - COLOCAR TODOS LOS CABLES UNIFORMES DE LA LOSA.
 - COLOCAR LOS CABLES DE TEMPERATURA, SI EXISTEN.

A CONTINUACIÓN COLOCAR LAS BARRAS SUPERIORES DE POSMETRO A LO LARGO DE LOS BORDES DE LA LOSA Y DE LAS JUNTAS DONDE EXISTA TENSADO INTERMEDIO. LAS BARRAS DE POSMETRO INTERIORES Y SUPERIORES A LOS ANCLAJES O A LOS TENDONES COMO SE MUESTRA EN EL DETALLE.

COLOCAR LAS BARRAS DE APOYO SOBRE LAS SILLAS QUE SE INDICAN EN EL PLANO DE SOPORTE. COLOCAR UNA SILLA EN CADA INTERSECCIÓN DE UN GRUPO DE CABLES CON UNA BARRA DE SOPORTE Y MARCAR JUNTAS. LA SILLA, LA BARRA Y EL GRUPO DE CABLES.

LOS CABLES DE LA LOSA QUE CRUZAN SOBRE UNA VIGA PUEDEN SER ATADOS DIRECTAMENTE A LAS BARRAS LONGITUDINALES SUPERIORES DE LA VIGA, SIEMPRE Y CUANDO SE MANTENGA EN CENTRO DE GRAVEDAD DEL TENDÓN (C.G.T.) EN LA POSICIÓN REQUERIDA.

EN LOS EXTREMOS PARA TENSADO, EMPLAZAR LAS CONDICIONES DEL CABLE Y ANCLAJE CON UNA CANTA IMPERMEABLE DE USO PESADO PARA EVITAR QUE EL CEMENTO FLUYA HACIA ADENTRO DE LOS ANCLAJES. EL HORMIGÓN SERÁ VINCADO DE TAL MANERA DE NO ALTERAR LOS PERFILES DEL CABLE.

CUALQUIER CABLE QUE SE DESPLAZA DURANTE LA COLOCACIÓN DEL HORMIGÓN DEBE SER DEVUELTO A SU POSICIÓN ORIGINAL ANTES QUE ESTE FRACCIE.

ES IMPORTANTE ADVERTIR A LOS TRABAJADORES QUE NO TRANSITEN SOBRE LOS CABLES O LAS BARRAS DE APOYO, Y ASÍ ASEGURAR QUE LA POSICIÓN O LA CALIDAD DE ESTOS NO SE VEA AFECTADA POR ESTE MOTIVO.

6. PROCEDIMIENTO DE TENSADO

LA OPERACIÓN DEBERÁ ESTAR BAJO LA SUPERVISIÓN DIRECTA DE PROFESIONAL DE OTRA ESPECIALIZACIÓN, EL QUE APLICARÁ REQUISITOS CONTROL, Y TOMARÁ TODAS LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD NECESARIAS PARA LA EJECUCIÓN CORRECTA DEL TENSADO DE CABLES.

EL TENSADO NO DEBE COMENZAR HASTA QUE LOS CILINDROS DE PRUEBA DE HORMIGÓN QUE HAN SIDO CURADOS SEGÚN LAS CONDICIONES DEL LUGAR DE TRABAJO, HAYAN SIDO APROBADOS E INDICADO QUE EL HORMIGÓN A ALCANZADO UNA RESISTENCIA CÚBICA MÍNIMA DE 230 kg/cm².

TODOS LOS CABLES DEBERÁN SER TENSADOS MEDIANTE UN GATO HIDRÁULICO EQUIPADO CON UN MANOMETRO DE PRESIÓN HORRILLADA CALIBRADO.

EL PROCEDIMIENTO SE DETALLA A CONTINUACIÓN:

- QUITAR LOS CONOS PLÁSTICOS DE LOS EXTREMOS PARA TENSADO. REVISAR DENTRO DE CADA MUÑO DEBANDO POR LOS CONOS PARA ASEGURARSE QUE LOS ANCLAJES NO TENGAN PASTA DE CEMENTO.
- EL ÁREA DONDE SE COLOCAN LAS CURVAS DEBE ENCONTRARSE COMPLETAMENTE LIMPIAS.

3. HAGA UNA MARCA CON PINTURA EN CADA CABLE, EN EL BORDE O A UNA DISTANCIA FIN DEL BORDE DE LA LOSA.

4. TENSAR HASTA UN 80% DE SU CAPACIDAD DE ROTURA, ES DECIR 15,04 TON.

5. FLUENSE LAS CURVAS USANDO EL DEPOSITO HORRILLADO QUE TIENE EL MISMO GATO.

6. REMUEVA EL GATO HORRILLADO.

7. MEDIR Y REGISTRAR LA ELONGACIÓN FINAL.

EN LOS DEBANDOS SE INDICARÁ CUALES SON LOS CABLES QUE SE DEBEN TENSAR POR UN EXTREMO Y CUALES POR AMBOS EXTREMOS.

EN ESTE ÚLTIMO CASO, SE DEBERÁ FLUJAR LAS CURVAS DE UN EXTREMO Y SE TENSARÁ EL CABLE POR EL OTRO EXTREMO A LA MISMA PRESIÓN. LA ELONGACIÓN EN EL PRIMER EXTREMO SERÁ MAYOR QUE LA DEL SEGUNDO EXTREMO, Y ESTA INCLUSO PUEDE LLEGAR A SER NEGATIVA. LA SUMA DE LAS ELONGACIONES DE AMBOS EXTREMOS DEBE SER IGUAL A LA ELONGACIÓN QUE SE MUESTRA EN LOS PLANOS.

SI APARECIERAN DIFERENCIAS ENTRE LA ELONGACIÓN TEÓRICA Y LA ELONGACIÓN REAL OBTENIDA EN TERRENO, Y ESTA SE ENCUENTRA FUERA DEL RANGO DE ACEPTACIÓN DE RESULTADOS DE ELONGACIONES, SE DEBERÁ REAJUSTAR EL EQUIPO. EL RANGO MÁXIMO DE VARIACIÓN SATISFACTORIA ES HASTA UN ± 7%.

7. SECUENCIA DE TENSADO

PARA LOSAS ARMADAS EN DOS DIRECCIONES (BANDAS)

- TENSE TODOS LOS CABLES UNIFORMES.
- TENSE TODOS LOS CABLES DE LAS BANDAS.

PARA LOSAS ARMADAS EN UNA DIRECCIÓN (SISTEMAS LOSA-VIGAS)

- TENSE TODOS LOS CABLES UNIFORMES (LOSA).
- TENSE TODOS LOS CABLES EN LAS VIGAS.
- TENSE TODOS LOS CABLES DE TEMPERATURA (SI EXISTEN).

LA OPERACIÓN DE TENSADO SERÁ CONDUCTA DE TAL MANERA QUE LA ELONGACIÓN PRECISA DEL ACERO PRETENSADO SEA REGISTRADA Y COMPARADA CON LOS CÁLCULOS INICIALES PRECISADOS EN LOS DEBANDOS DE COLOCACIÓN APROBADOS POR EL INGENIERO ESTRUCTURAL RESPONSABLE DEL PROYECTO.

SE LLEVARÁ UN REGISTRO DE TODAS LAS ELONGACIONES Y LAS FUERZAS APLICADAS PARA EL TENSADO, Y SERÁN INMEDIATAMENTE PRESENTADOS AL INGENIERO ESTRUCTURAL RESPONSABLE DEL PROYECTO PARA SU PRÓXIMA APROBACIÓN.

SE DEBE TOMAR LAS PRECAUCIONES DE SEGURIDAD QUE SEAN NECESARIAS, POR SEGURIDAD, POR NINGÚN MOTIVO SE LE PERMITIRÁ A LOS TRABAJADORES LEJARSE EN LA LÍNEA DE ACCIÓN DE LOS GATOS DURANTE EL PROCESO DE TENSADO DE LOS CABLES.

SE DEBE TOMAR LAS PRECAUCIONES DE SEGURIDAD QUE SEAN NECESARIAS, POR SEGURIDAD, POR NINGÚN MOTIVO SE LE PERMITIRÁ A LOS TRABAJADORES LEJARSE EN LA LÍNEA DE ACCIÓN DE LOS GATOS DURANTE EL PROCESO DE TENSADO DE LOS CABLES.

8. SELLADO DEL NICHOS DEL ANCLAJE

DESPUES DE COMPLETARSE EL TENSADO Y DE QUE LAS ELONGACIONES HAYAN SIDO VERIFICADAS Y APROBADAS POR EL INGENIERO RESPONSABLE, LOS CABLES SERÁN CORTADOS A PLANO DEL BORDE DE LA LOSA. A CONTINUACIÓN SE DEBEN REDUCIR EL ANCLAJE, LAS CURVAS Y EL CABLE CON UN MATERIAL QUE EVITE LA CORROSIÓN (PINTURA ASFÁLTICA).

UNA VEZ REALIZADO LO ANTERIOR, RELLENAR EL NICHOS CON UN MORTERO QUE NO DISMINUYA DE VOLUMEN (MEZCLA EPOXICA). TAMBIÉN PUEDE USARSE UN MORTERO FRÍO DE DOS PARTES DE CEMENTO POR UNA PARTE DE ARENA.

9. VARIOS

TODO EL EQUIPO QUE SE UTILICE PARA MANIPULAR Y DISPONER LOS CABLES NO DEBEN DAÑAR O DETERIORAR EL ACERO PRETENSADO O LOS ANCLAJES.

LOS PLANOS DEL POSTENSADO ESTÁN DIRIGIDOS ÚNICAMENTE PARA LA COLOCACIÓN DE LOS CABLES Y DE LAS BARRAS DE APOYO. LOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y ESTRUCTURALES SON LOS QUE SE DEBEN SEGUIR Y PREDOMINAR PARA DETERMINAR TODO LO PERTINENTE A LA CONSTRUCCIÓN.

TODOS LOS INSERTOS PARA EL TRABAJO MECÁNICO Y ARQUITECTÓNICO SUSPENDIDO DEBEN SER PUESTOS EN SU LUGAR APROPIADO PREVIAMENTE AL HORMIGONADO. SI SE REQUIERE DE FLUJADORES ADICIONALES, SE ADEPTARÁN LOS REQUERIMIENTOS MECÁNICO Y SOLAMENTE DONDE NO DAÑE EL HORMIGÓN O LOS CABLES, SE DEBERÁN LOCALIZAR LOS CABLES QUE SE ENCUENTRAN CERCA DE LA SUPERFICIE DE LA LOSA ANTES DE PONER LOS FLUJADORES.

10. JUNTAS DE HORMIGONADO

CUANDO SE PRESENTEN, DEBERÁN SER HORMIGONADAS COMO MÍNIMO CUATRO SEMANAS DESPUES DE HORMIGONADAS LAS LOSAS ADYACENTES.

LA JUNTA DE HORMIGONADO Y DE LAS LOSAS ADYACENTES A ESTA, NO PODRÁN RETRASARSE HASTA QUE EL HORMIGÓN DE LA JUNTA HAYA ALCANZADO UNA RESISTENCIA CÚBICA MÍNIMA DE 250 kg/cm², Y TODOS LOS CABLES QUE LA ATRAVESAN HAYAN SIDO TENSADOS.

11. INYECCIÓN

11.1 ANTES DE INICIAR LAS OPERACIONES DE INYECCIÓN, SE DEBE PREPARAR UNA MEZCLA DE GROUT DE PRUEBA A FIN DE VERIFICAR LA COMPACTABILIDAD DEL CEMENTO, AGUA Y ADITIVOS.

11.2 ES RECOMENDABLE REALIZAR LA INYECCIÓN DURANTE LOS 30 DÍAS POSTERIORES AL TENSADO DE LOS CABLES. SI ESTO NO FUERE POSIBLE, EL CABLE DEBERÁ SER PROTEGIDO CON ACEITE SOLUBLE.

11.3 LA INYECCIÓN SÓLO PODRÁ EJECUTARSE CUANDO LA TEMPERATURA DEL AIRE Y DE LA ESTRUCTURA SEAN MAYORES A 5°C, Y MENORES A 30°C. PARA CONDICIONES DE AMBIENTE DONDE LA TEMPERATURA SEA MENOR A LA MÍNIMA, SE DEBERÁN CONSIDERAR MÉTODOS DE CONTROL COMO LA INSTALACIÓN DE CONDUCTOS TERMOELECTRÓNICOS EN EL HORMIGÓN, UTILIZANDO ADITIVOS ANTICONGELANTES QUE NO AFECTEN LA FLUIDEZ NI LA RESISTENCIA DEL MORTERO O APLICANDO CALOR EXTERNAMENTE.

EN EL CASO CONTRARIO, PARA TEMPERATURAS SUPERIORES A LA MÁXIMA ÓPTIMA, SE DEBE USAR AGUA FRÍA O DISPONER DE DUCTOS DE ENFRÍAMIENTO. CUALQUIERA SEA EL MÉTODO DE CONTROL UTILIZADO, DEBERÁ SER APROBADO EN PRÁCTICA INSTANCIAS POR EL CALCULISTA DE LA OBRA.

11.4 EL MORTERO DEBERÁ ALCANZAR UNA RESISTENCIA MÍNIMA DE 200 kg/cm² A LOS 7 DÍAS, Y DE 300 kg/cm² A LOS 28 DÍAS, MEDIDAS EN LAS PRUEBAS CURVAS DE 50 mm.

11.5 REQUERIMIENTOS DEL EQUIPO DE BOMBEO Y MEZCLADO:

- * INYECTOR CON CAPACIDAD MÍNIMA DE 2 SACOS DE CEMENTO.
- * INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA LA MEDICIÓN DE LOS MATERIALES.
- * LA BOMBA DEBE TENER MANOMETRO.

11.6 DOSIFICACIÓN POR SACO DE CEMENTO:

- * 1 SACO DE CEMENTO : 42,5 kg
- * AGUA : 18 LITROS.
- * SIKAMONT NF 350 ml (1,5 lt)
- * INTRAFLEX 840 g (PARQUELA DE BOLSA) (1,80)

CUALQUIER VARIACIÓN A LA DOSIFICACIÓN IMPLICARÁ LA REALIZACIÓN DE TODOS LOS ENSAYOS CORRESPONDIENTES.

11.7 PROCEDIMIENTO:

ORDEN DE MEZCLA:

- * SE PREPARA EN LA BOMBA/MEZCLADORA, VERIFICANDO EN ELLA EL VOLUMEN DE AGUA, CANTIDAD DE CEMENTO Y ADITIVOS REQUERIDOS, MEZCLÁNDOLOS HASTA FORMAR CONSISTENCIA UNIFORME. EL TIEMPO NORMAL DE MEZCLADO PARA ALCANZAR UNA COMPOSICIÓN UNIFORME Y COMPACTA ES DE 4 MINUTOS.

11.8 BOMBEO:

EL CONTROL DE PRESIÓN DURANTE EL INYECTADO SE HARÁ CON UN MANOMETRO DE RANGO NO MENOR A 200 PSI, UBICADO EN LA BOMBA. SE CHEQUEARÁ QUE LOS TUBOS DE INYECCIÓN Y PURGAS INTERMEDIAS ESTÉN ABIERTAS.

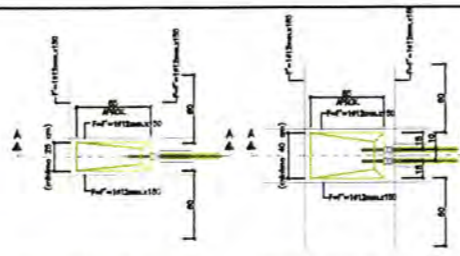
SE RECOMIENDA QUE LA INYECCIÓN DE LOS DUCTOS COMIENZE DESDE LA ZONA DE DUCTOS DE MENOR ALTURA.

EL MORTERO DEBERÁ SER BOMBREADO CONTINUAMENTE A TRAVÉS DEL CABLE, Y SE INYECTARÁ HASTA QUE LA LEYENDA SALGA POR CADA DESPESQUE CON LAS MISMAS PROPIEDADES QUE SALE DE LA MEZCLADORA (HOMOGENEA Y SIN BURBUJAS), Y NO EXISTA INTERRUPTO EN LA SALIDA DEL MORTERO. UNA VEZ CERRADO EL ÚLTIMO DESPESQUE, SE DEBERÁ MANTENER UNA PRESIÓN DE 4 BARRES EN UN TIEMPO DE 10 A 15 SEG.

ESTOS TUBOS DE POLIESTIRENO SE IRÁN CUBRIENDO HERMETICAMENTE, DOBLÁNDOLOS Y ALMACENÁNDOLOS CON ALAMBRE CORRENTE.

11.9 DISEÑO DE ESCURRIAMIENTO:

EL TIEMPO DE ESCURRIAMIENTO DEL MORTERO SEGÚN EL ENSAYO ASTM C591-02 DEBE SER DE 13 A 25 SEGUNDOS.



DETALLE CAJA DE TENSADO PARA 1 CABLE (e > 18 cm) ESC: 1/20

DETALLE CAJA DE TENSADO PARA 2 CABLES (e > 18 cm) ESC: 1/20

DETALLE CAJA DE TENSADO PARA 3 CABLES (e > 18 cm) ESC: 1/20

DETALLE CAJA DE TENSADO PARA 4 CABLES (e > 18 cm) ESC: 1/20

DETALLE CAJA DE TENSADO PARA 5 CABLES (e > 18 cm) ESC: 1/20

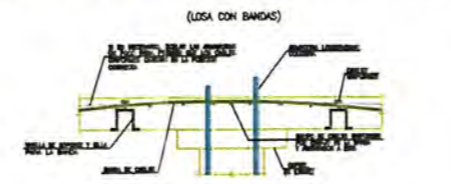
VISTA A-A (1 a 3 CABLES) ESC: 1/20

VISTA B-B (4 a 5 CABLES) ESC: 1/20

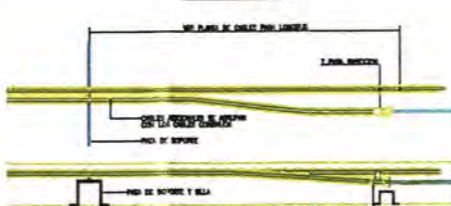
DIMENSION CAJA TENSADO			
	e < 18 cm	e > 18 cm	Nº DE HORQUILLAS
PARA 1 CABLE	25 x 85	25 x 85	2
PARA 2 CABLES	45 x 85	45 x 85	3
PARA 3 CABLES	65 x 85	65 x 85	4
PARA 4 CABLES	75 x 85	80 x 85	5
PARA 5 CABLES	90 x 85	70 x 85	6



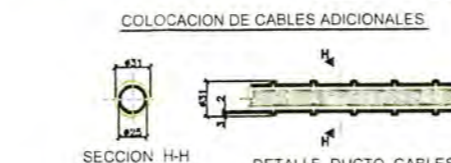
DETALLE REFUERZO Y CABLE SOBRE LAS COLUMNAS



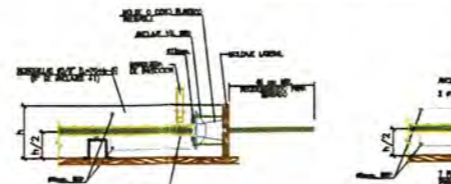
SECCION C-C



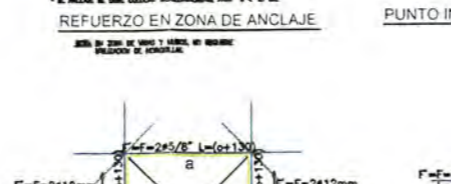
SECCION H-H



DETALLE DUCTO CABLES



SECCION F-F LOSA < 18 cm



REFUERZO EN ZONA DE ANCLAJE



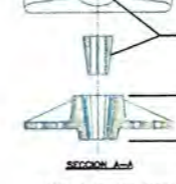
REFUERZOS TÍPICOS DE PASADAS PARA LADOS <= 30cm.

REFUERZOS TÍPICOS DE PASADAS PARA LADOS > 30cm. Y <= 150cm.

DETALLE HORQUILLA



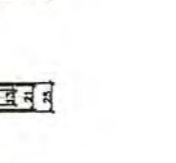
DETALLE HORQUILLA



ANCLAJE VSL SSN



PUNTO INTERMEDIO PARA TENSADO



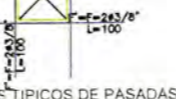
REFUERZO EN ZONA DE ANCLAJE PASIVO



REFUERZOS TÍPICOS DE PASADAS PARA LADOS > 30cm.



DETALLE PATA DE SOPORTE



REFUERZOS TÍPICOS DE PASADAS PARA LADOS > 30cm.

REFUERZOS TÍPICOS DE PASADAS PARA LADOS > 30cm. Y <= 150cm.



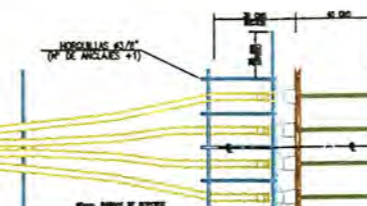
DETALLE ANCLAJE TIPO H PARA CABLES 0.5"



REFUERZO EN ZONA DE ANCLAJES



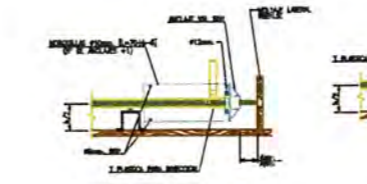
DETALLE ANCLAJE TIPO H



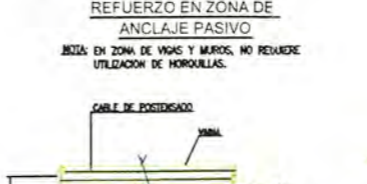
REFUERZO EN ZONA DE ANCLAJE PASIVO TIPO H



REFUERZO EN ZONA DE ANCLAJE PASIVO



REFUERZO EN ZONA DE ANCLAJE PASIVO

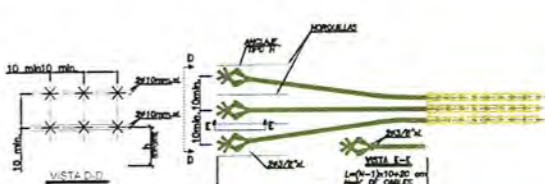


REFUERZO EN ZONA DE ANCLAJE PASIVO



REFUERZO EN ZONA DE ANCLAJE PASIVO

REFUERZO EN ZONA DE ANCLAJE PASIVO

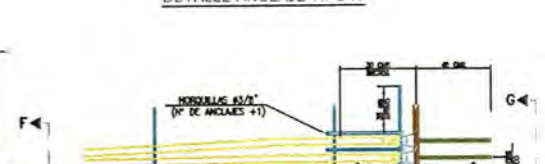


REFUERZO EN ZONA DE ANCLAJES

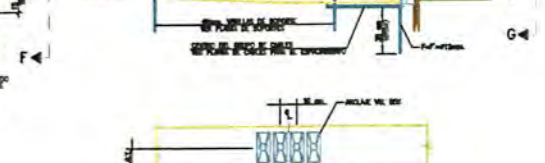
CORDONES DE BANDAS



DETALLE ANCLAJE TIPO H

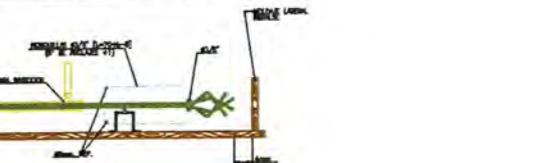


REFUERZO EN ZONA DE ANCLAJES



REFUERZO EN ZONA DE ANCLAJES

TRANSICION ZONAS ANCLAJES

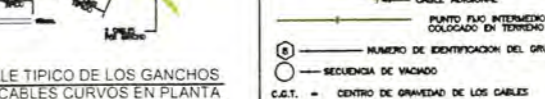


REFUERZO EN ZONA DE ANCLAJE PASIVO TIPO H

NOTA: EN ZONA DE MUROS, NO REQUIERE UTILIZACION DE HORQUILLAS.



REFUERZO EN ZONA DE ANCLAJE PASIVO



REFUERZO EN ZONA DE ANCLAJE PASIVO

REFUERZO EN ZONA DE ANCLAJE PASIVO

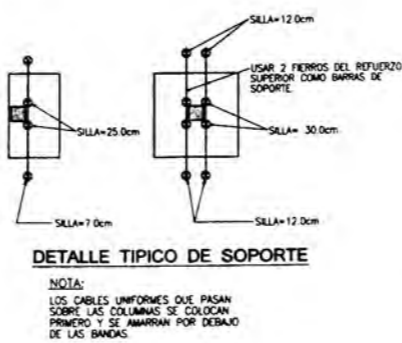
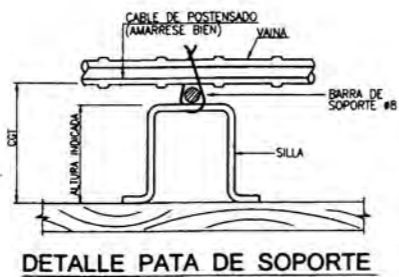
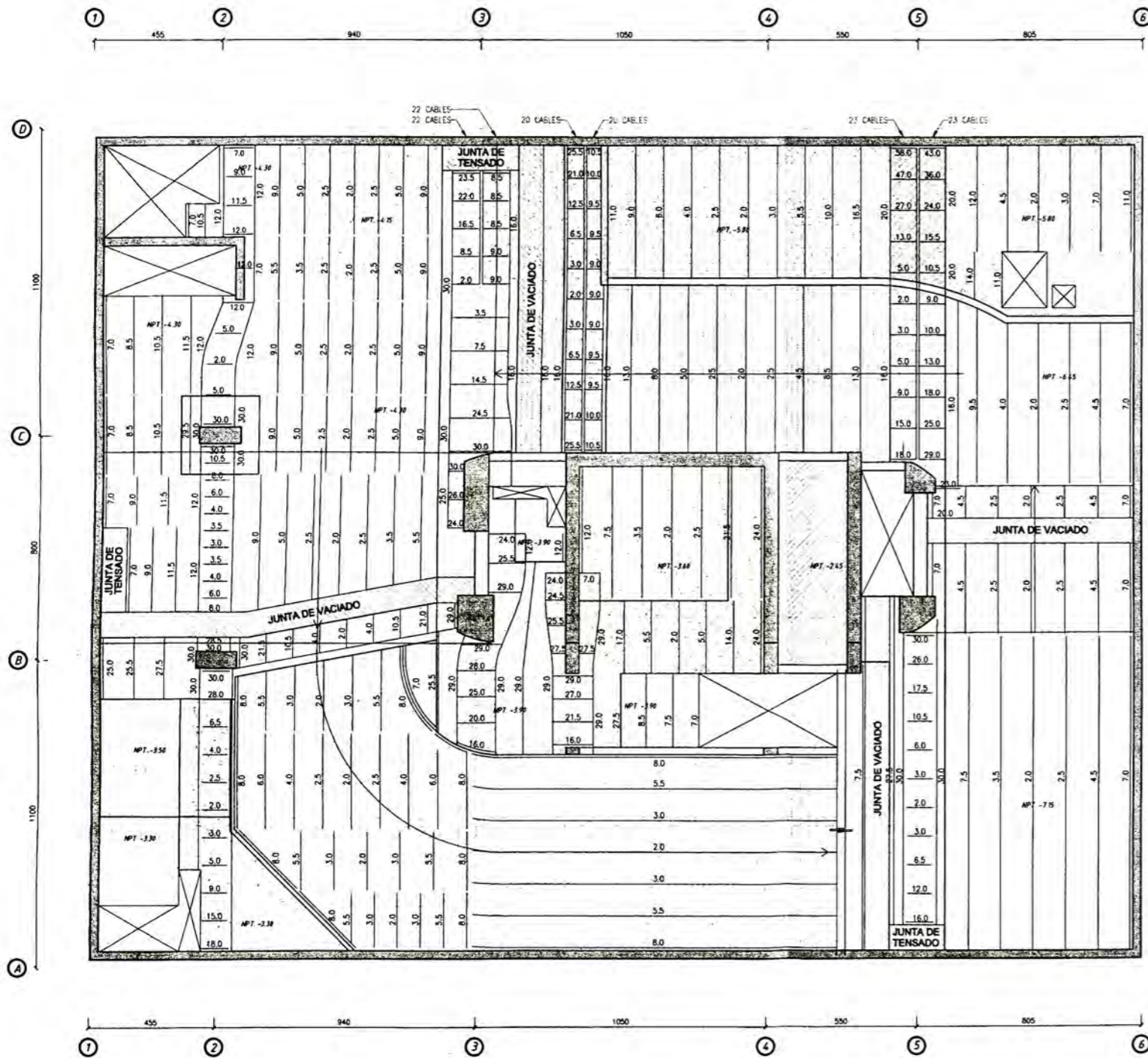
SIMBOLOGIA	
	UN CABLE
	DOS CABLES JUNTOS
	TRES CABLES JUNTOS
	CUATRO CABLES JUNTOS
	CINCO CABLES JUNTOS
	ANCLAJE TIPO H
	EXTREMO FIJO
	EXTREMO PARA TENSADO
	CABLE ADICIONAL
	PUNTO FIJO INTERMEDIO COLOCADO EN TIEMPO
	NUMERO DE IDENTIFICACION DEL GRUPO
	SECUENCIA DE VACIADO
	C.G.T. = CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS CABLES

PLANO DE NOTAS GENERALES

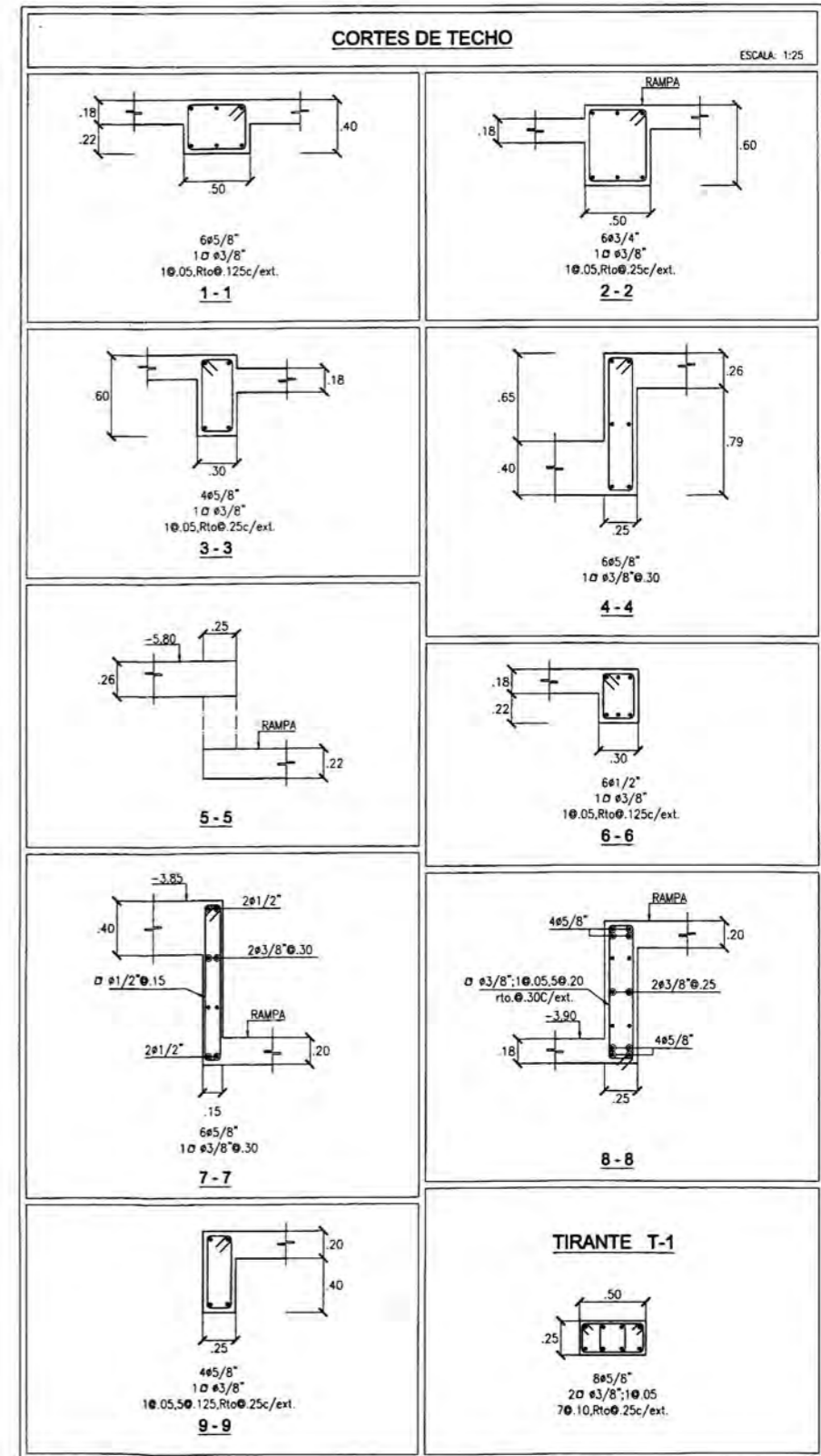
TORRE BARLOVENTO

FECHA	14/05/12
SISTEMA ADHERENTE 0.5"	
ESCALA:	5/ESCALA
ARCHIVO:	LPT-12-17-100_0
CODIGO DE OBRA:	LPT-12-17
LPT	100

DIS.	G. CASTILLO
------	-------------



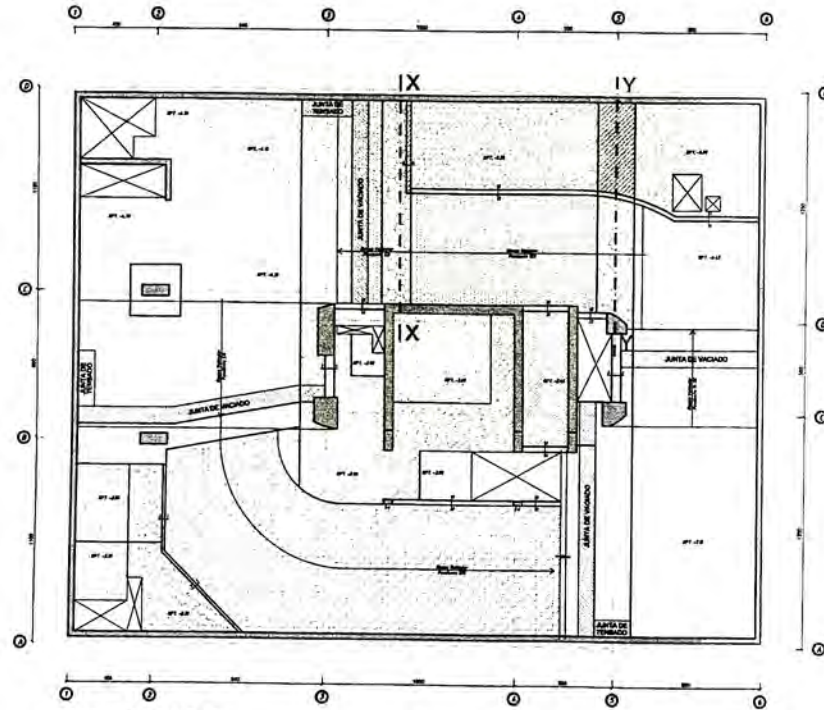
NOTA:
LOS CABLES UNIFORMES QUE PASAN
SOBRE LAS COLUMNAS SE COLOCAN
PRIMERO Y SE AMARRAN POR DEBAJO
DE LAS BANDAS



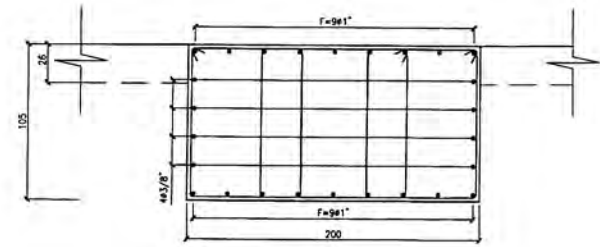
	LOSA+CAPITEL = 40 cm		LOSA+CAPITEL = 26 cm		LOSA+CAPITEL = 35 cm		LOSA TRADICIONAL
	RAMPA = 20 cm		LOSA+CAPITEL = 105 cm		LOSA+CAPITEL = 22 cm		LOSA = 18 cm
			LOSA+CAPITEL = 36 cm				LOSA+CAPITEL = 36 cm

REFERENCIA DE PLANO ESTRUCTURAL PRISMA	APROBACION ING. CALCULISTA
PLANO : REVISION : FECHA : OCTUBRE 2013	

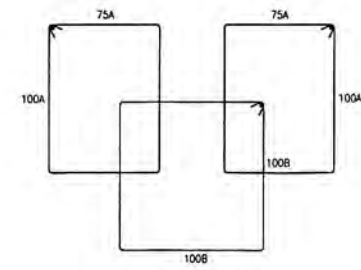
Av. Manuel Ugarte N°901 Of.604 Santiago Surco, Lima, Perú Fono: 713-9987 Anexo: 832 http://www.vsl.com		VSL PERU S.A.C. ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE VSL PERU S.A.C. Y NO DEBE SER REPRODUCIDO, DIFUNDIDO, NI REUTILIZADO TOTAL O PARCIALMENTE A TRAVÉS DE NINGUNO DE LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN SIN EL CONSENTIMIENTO DE VSL PERU S.A.C.	
DISEÑO: G. CASTILLO DIBUJO: J. BOBADILLA REVISÓ: M. FREIRE	21/01/14 16/01/14	SE INCORPORA OBSERVACIONES DE INGENIERO CALCULISTA EMITIDO PARA APROBACION	DESCRIPCIÓN FECHA REV.
PLANO DE SOPORTES PLANTA TECHO SÓTANO 2°		TORRE BARLOVENTO	
SISTEMA ADHERENTE 0.5"		ESCALA: 1:100 ARCHIVO: LPT-101-9_1 CODIGO: 101	
LPT		09	



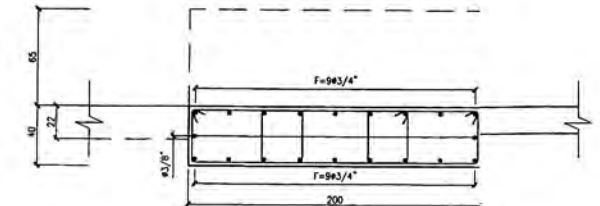
PLANO SÓTANO 2°
Esc. 1:200



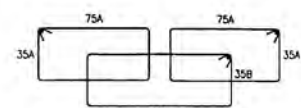
CORTE A
ESC 1:25



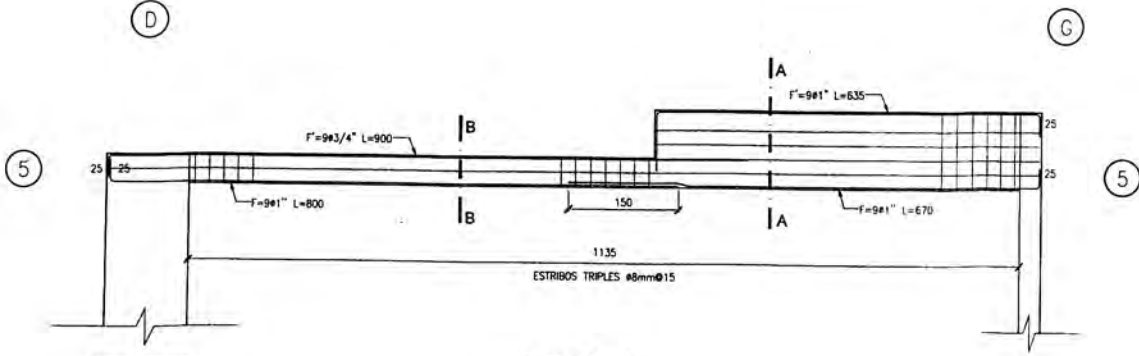
ESTRIBOS TRIPLES
A=#8mmØ15 [L=370] c/u
B=#8mmØ15 [L=420] c/u



CORTE B
ESC 1:25

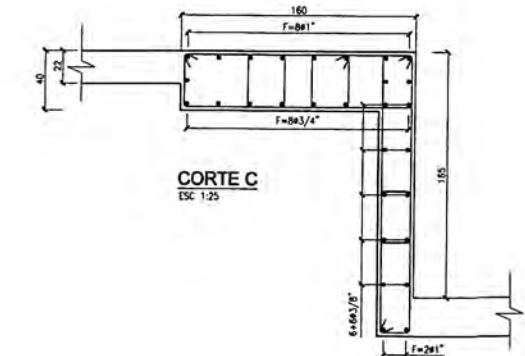


ESTRIBOS TRIPLES
A=#8mmØ15 [L=240] c/u
B=#8mmØ15 [L=285] c/u

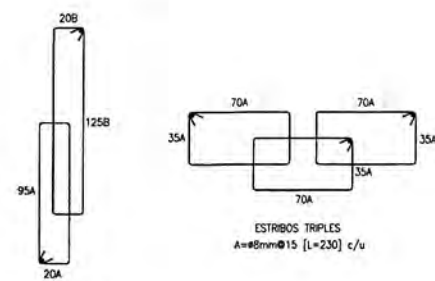


CORTE Y - Y
Esc. 1:50

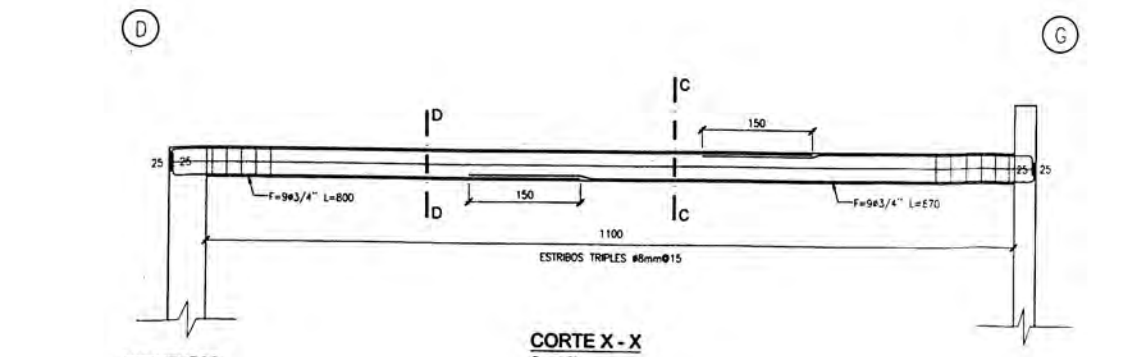
REFUERZOS



CORTE C
ESC 1:25

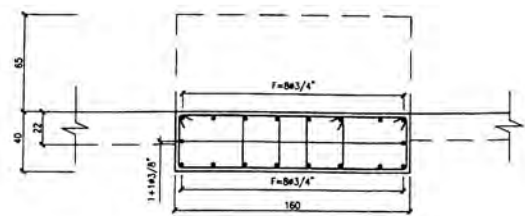


ESTRIBOS DOBLES
A=#8mmØ15 [L=250] c/u
B=#8mmØ15 [L=310] c/u

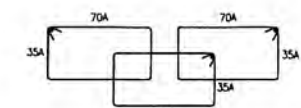


CORTE X - X
Esc. 1:50

REFUERZOS



CORTE D
ESC 1:25



ESTRIBOS TRIPLES
A=#8mmØ15 [L=230] c/u

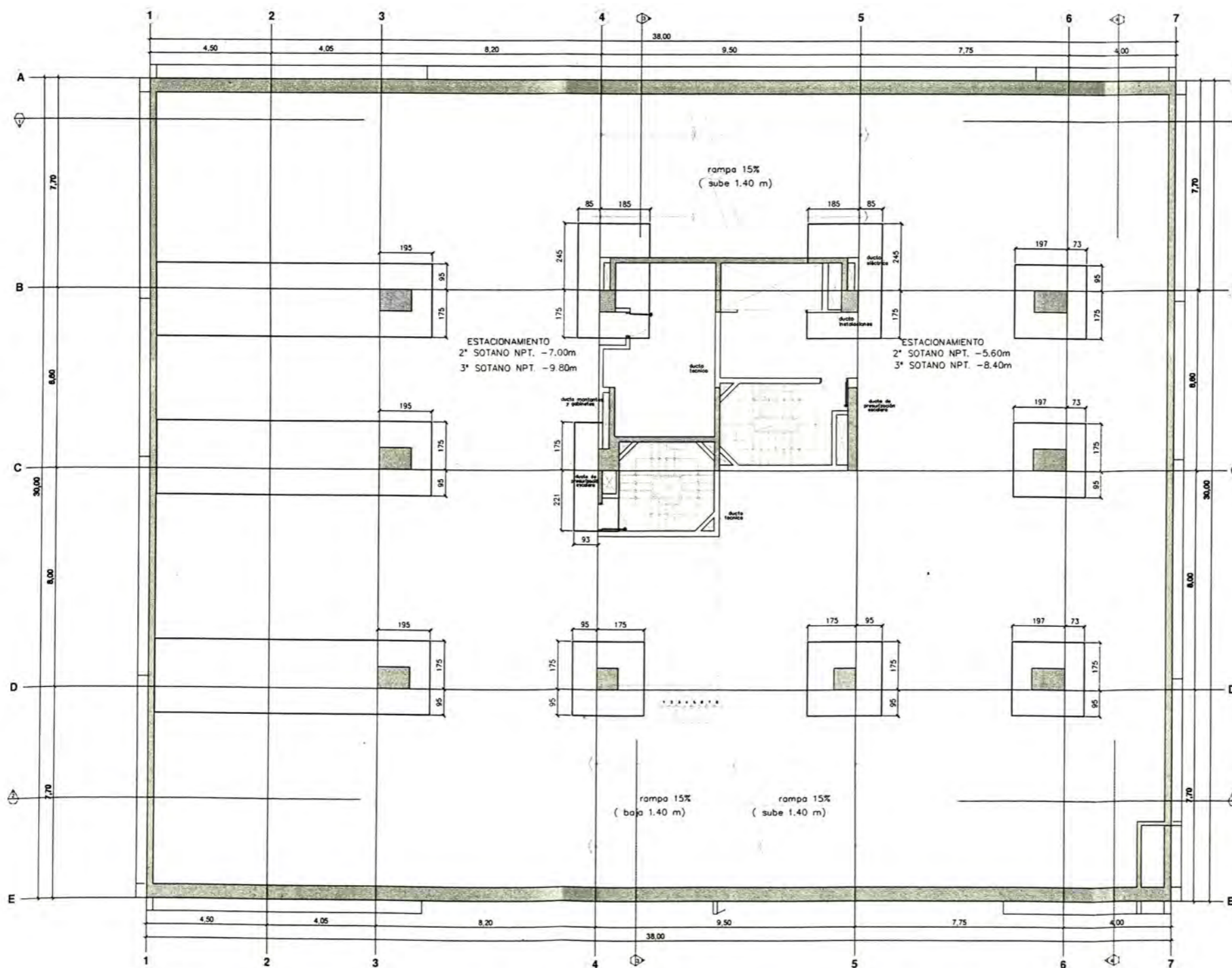
REVISOR:	M. FREYRE	FECHA:	16/01/14
PROYECTANTE:	J. BOBADILLA	ENTRADA PARA APROBACIÓN:	
DISEÑO:	G. CASTILLO	REVISOR:	
DESCRIPCIÓN:	ENTRADA PARA APROBACIÓN		
DIB. (C.C.):	J.B.L.	REV.:	

VSL PERÚ S.A.C.
 Este documento es propiedad de VSL PERÚ S.A.C. y no debe ser copiado, reproducido o distribuido sin el consentimiento escrito de VSL PERÚ S.A.C.
 VSL PERÚ S.A.C.

PLANO DE DETALLES DE VIGAS
 PLANTA TECHO SÓTANO 2°
 TORRE BARLOVENTO

REFERENCIA DE PLANO ESTRUCTURAL	PRISMA
PLANO :	
REVISIÓN :	
FECHA :	OCTUBRE 2013
APROBACION ING. CALCULISTA	

FECHA:	16/01/14
ESCALA:	1:100
ARCHIVO:	LPT-101-11_0
CODIGO:	101
LPT	11



REFERENCIA DE PLANO
SAMUEL CARDENAS ARQUITECTOS
PLANO : A-06
REVISION :
FECHA : 14/11/2011

LOSA=16cm.
LOSA + CAPITEL=32cm.

DIS.	A.GONZALEZ				
DIB.	D.GONZALEZ				
REV.	A.GONZALEZ	29/03/12	SE ACTUALIZA PLANTA		O.C.A. A.G.S.
		17/02/12	EMITIDO PARA APROBACION		O.C.A. A.G.S.
					DIB.
					REV.

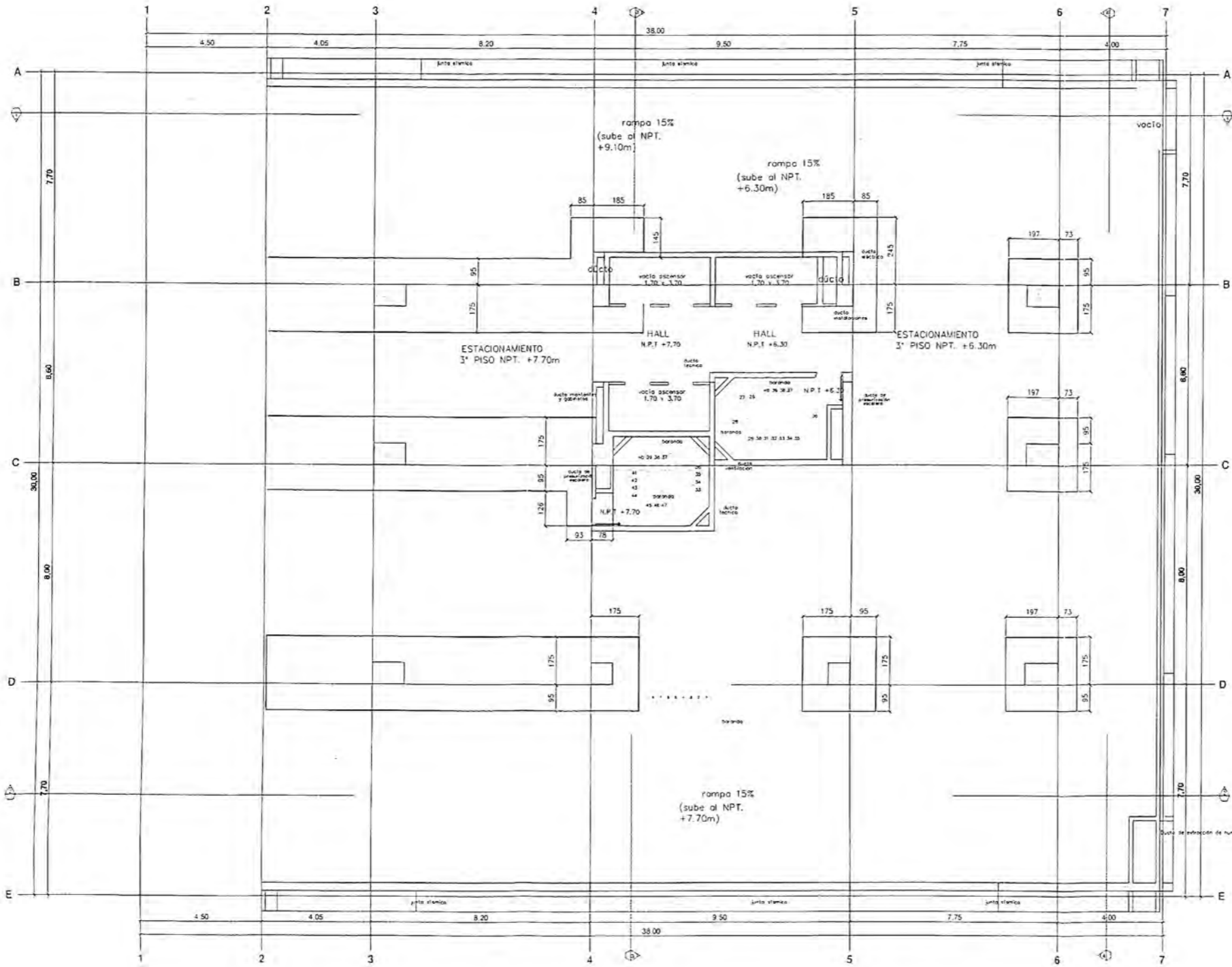
Resarrio Norte 532 - Piso 7
Las Condes, Santiago, Chile
Fono (56 2) 2116700
Fax (56 2) 2116700
http://www.vslchile.cl

VSL
VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION S.A.

ESTE DOCUMENTO ES PREPARADO POR VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION S.A. COMO SERVICIO ESPECIALIZADO EN SISTEMAS DE CONSTRUCCION. VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION S.A. NO SE RESPONSABILIZA POR EL DISEÑO DE LA OBRA NI POR EL MANEJO DE LA CONSTRUCCION.

PLANO DE FORMAS
PLANTA CIELO SUBTERRANEO TIPO
EDIFICIO TORRE CORONA

FECHA	17/02/12
ESCALA:	1:75
ARCHIVO:	PF-LPT-12-17-01_1
CODIGO DE OBRA:	12-17
PF	01



REFERENCIA DE PLANO
SAMUEL CARDENAS ARQUITECTOS

PLANO : 4-10
REVISION :
FECHA : 14/11/2011

LOSA=16cm.
LOSA + CAPITEL=32cm.

DIS.	A. GONZALEZ	NO.	1	REV.	28/03/12	SE ACTUALIZA PLANTA	O.G.A.	A.G.S.
DIB.	O. GONZALEZ	NO.	2	REV.	17/02/12	EMITIDO PARA APROBACION	O.G.A.	A.G.S.
REV.	A. GONZALEZ	NO.	3	REV.			DIB.	REV.

Rosario Norte 532 - Piso 7
Las Condes, Santiago, Chile
Fono (56 2) 5716700
Fax (56 2) 2306739
http://www.vsl.cl

VSL

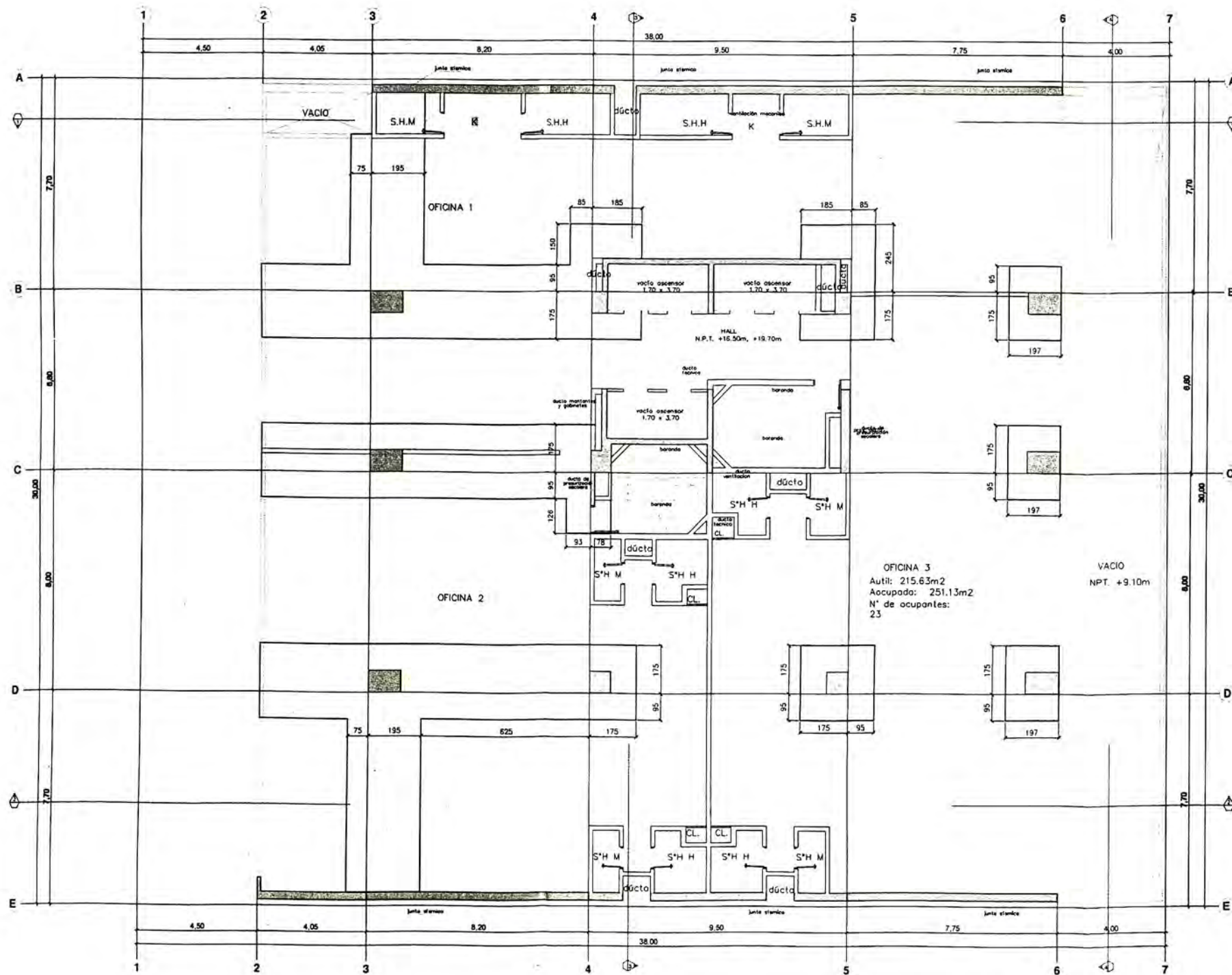
VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION S.A.

Este documento es propiedad de VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION S.A. y no puede ser copiado, reproducido, almacenado en un sistema de recuperación o transmitido en forma alguna sin el consentimiento escrito de VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION S.A.

PLANO DE FORMAS
PLANTA CIELO ESTACIONAMIENTOS PISO TIPO
EDIFICIO TORRE CORONA

FECHA	17/02/12
ESCALA:	1:75
ARCHIVO:	PP-LPT-12-17-01-1
CODIGO DE OBRA:	12-17
PP	02

ARCHIVO: C:\CONDOMINIO\UPT\UPT-12\LPT-12-17\DOCUMENTOS\TRABAJOS\PLANTAS\UPT-12-17-01-01-1.DWG

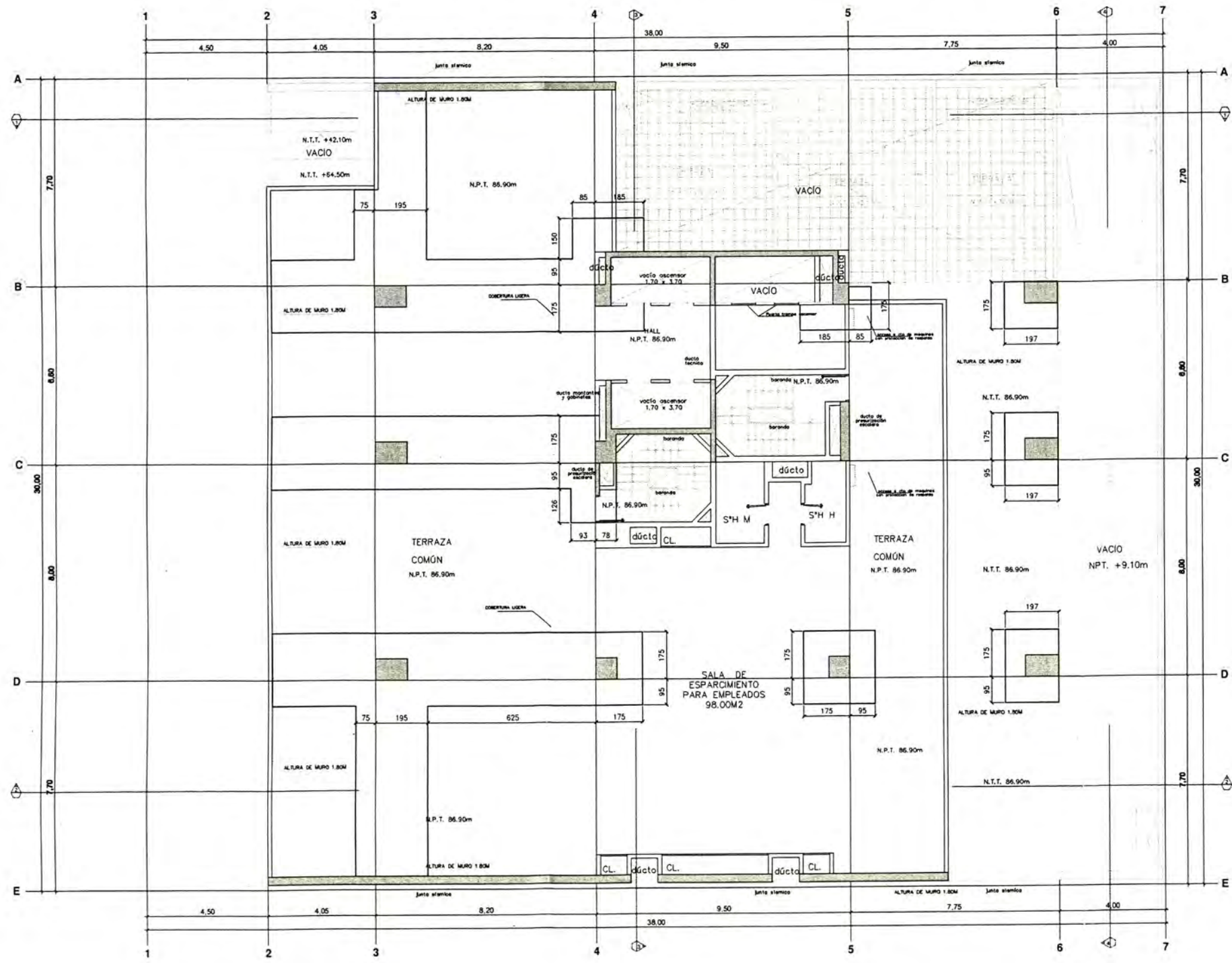


REFERENCIA DE PLANO
SAMUEL CARDENAS ARQUITECTOS

PLANO : A-12
REVISION :
FECHA : 14/11/2011

LOSA=16cm.
LOSA + CAPITEL=32cm.

Rosario Norte 532 - Piso 7 Las Condes, Santiago, Chile Fono (56 2) 2339239 http://www.vslchile.cl		SE ACTUALIZA PLANTA		O.G.A.	A.G.S.
VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION S.A.		EMITIDO PARA APROBACION		O.G.A.	A.G.S.
<p>ESTE PLANO DE FORMAS TIENE LA MISMA CANTIDAD DE COLUMNAS QUE EL PLANO DE ESTRUCTURA. SE DEBE VERIFICAR LA CANTIDAD DE COLUMNAS EN EL PLANO DE ESTRUCTURA Y EN EL PLANO DE FORMAS. EN CASO DE DIFERENCIA, SE DEBE CORREGIR EL PLANO DE FORMAS. EN CASO DE DIFERENCIA, SE DEBE CORREGIR EL PLANO DE ESTRUCTURA.</p>		17/02/12		DIB.	REV.
<p>PLANO DE FORMAS PLANTA CIELO 5° AL 6° PISO TIPO EDIFICIO TORRE CORONA</p>		REVISION		DIB.	REV.
FECHA		17/02/12		NO.	
ESCALA:		1:75		ARCHIVO: PF-LPT-12-17-01_I	
CODIGO DE OBRA:		12-17		PF 03	



REFERENCIA DE PLANO
SAMUEL CARDENAS ARQUITECTOS

PLANO : A-18
REVISION :
FECHA : 14/11/2011

LOSA=16cm.
LOSA + CAPITEL=32cm.

DIS.	A. GONZALEZ				
DIB.	O. GONZALEZ				
REV.	A. GONZALEZ	28/03/12	SE ACTUALIZA PLANTA		O.G.A. A.G.S.
		17/02/12	EMBITO PARA APROBACION		O.G.A. A.G.S.
					DIB. REV.

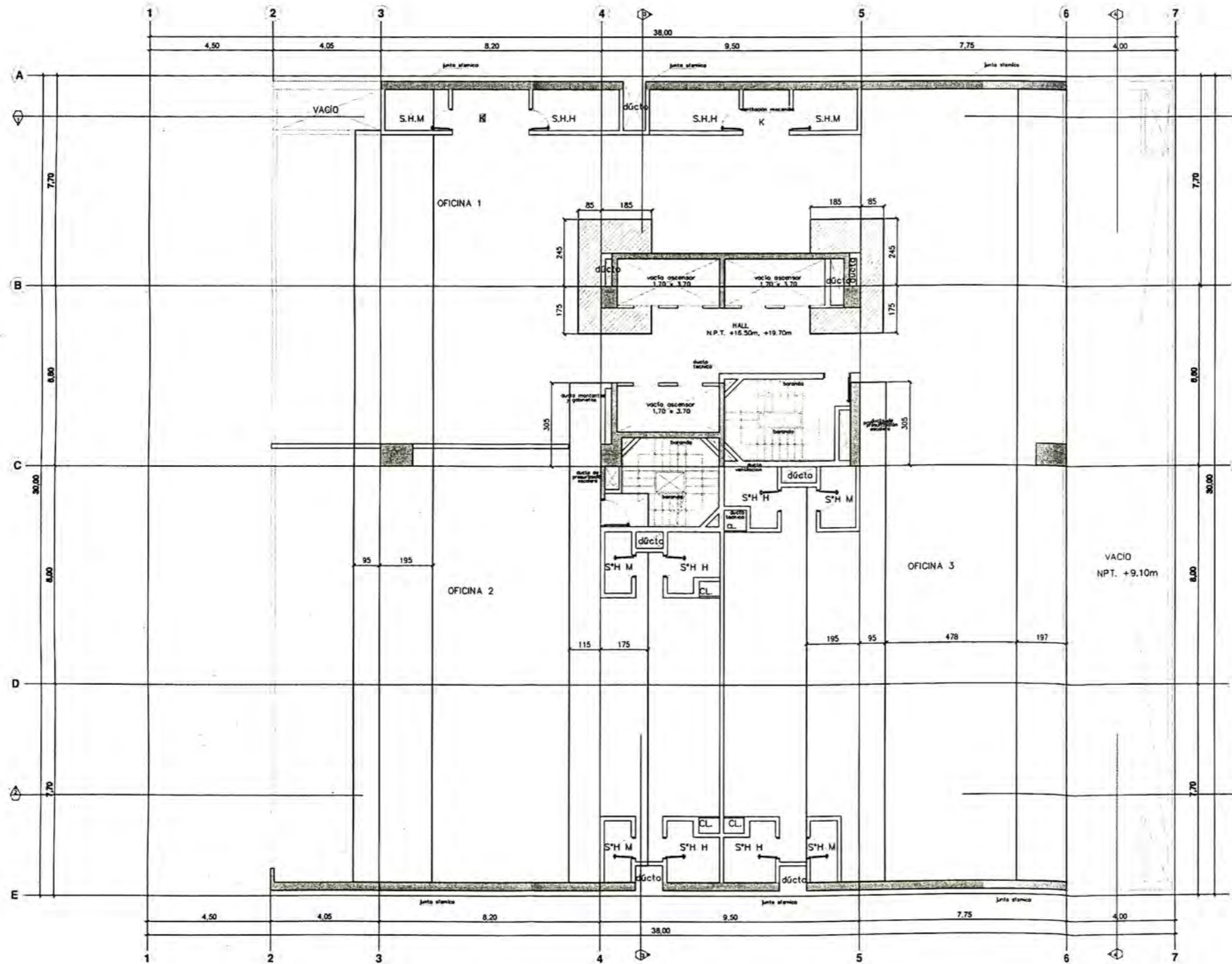

 VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION S.A.
 ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION S.A. NO SE DEBE REPRODUCIR, COPIAR, FOTOCOPIAR, NI USAR DE NINGUNA MANERA SIN EL CONSENTIMIENTO PREVIO POR ESCRITO DE VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION S.A.

Ricardo Norte 532 - Piso 7
 Las Condes, Santiago, Chile
 Fono (56 2) 5716700
 Fax (56 2) 2336739
 http://www.vslchile.cl


PLANO DE FORMAS
PLANTA CIELO 27° PISO
EDIFICIO TORRE CORONA

FECHA	17/02/12
ESCALA:	1:75
ARCHIVO:	PF-LPT-12-17-01_1
CODIGO DE OBRA:	12-17
PF	07

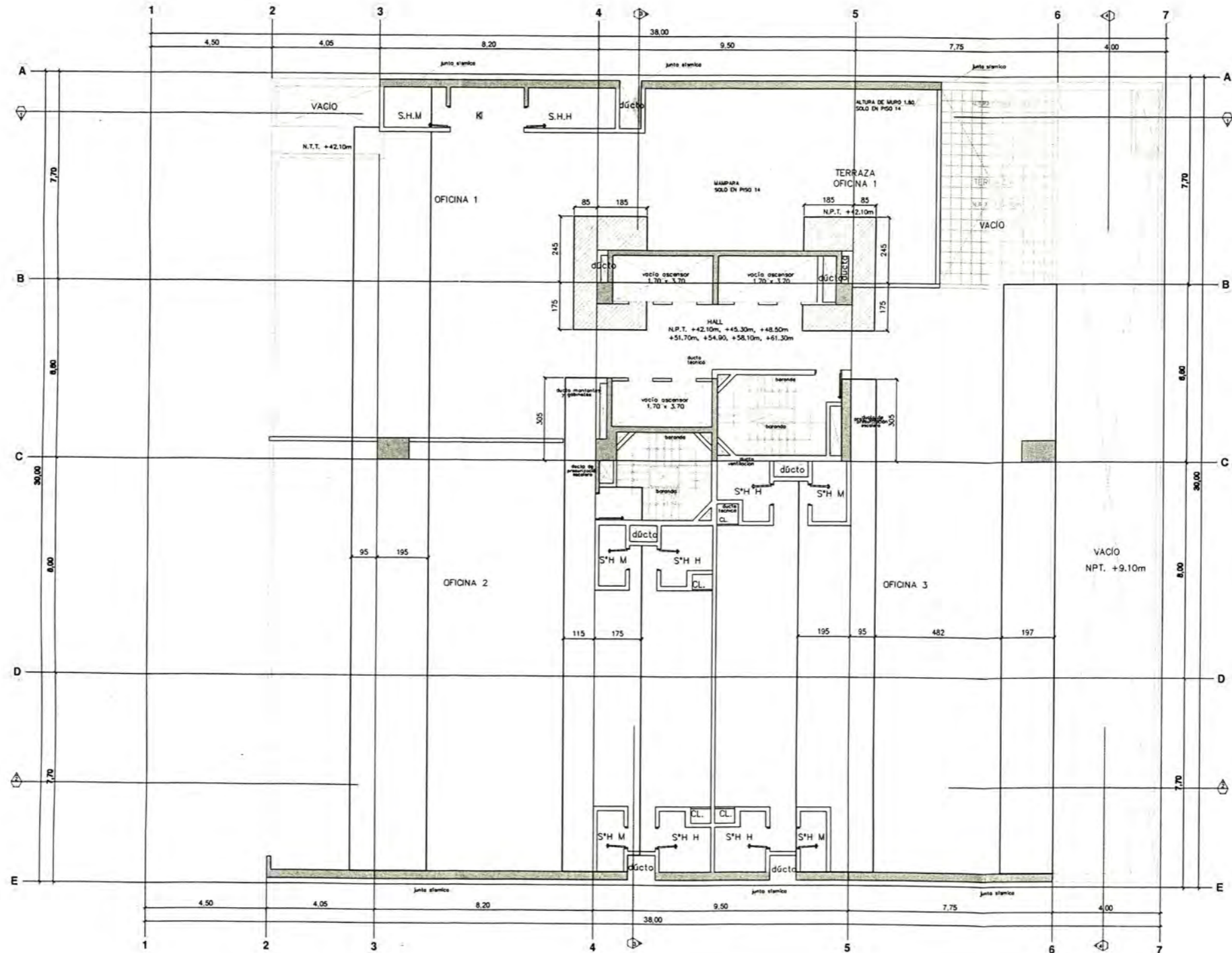
ARCHIVO CAD: T:\GONZALEZ\UPT\LPT-12\UPT-12-17\DOCUMENTOS-EMBITOS\PLANOS\ULTIMA-REVISION\FORMA



REFERENCIA DE PLANO
SAMUEL CARDENAS ARQUITECTOS
PLANO : A-12
REVISION :
FECHA : 14/11/2011

LOSA=16cm.
 LOSA + CAPITEL=32cm.
 LOSA + CAPITEL=50cm.

Rosario Norte 532 - Piso 7 Calle San José, Santiago, Chile Fono (56 2) 5716700 Fax (56 2) 2336739 http://www.vslchile.cl	
VSL VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION S.A.	
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO, COPIADO, IMPRESO, NI UTILIZADO EN NINGUN MODO SIN EL consentimiento escrito de VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION.	
PLANO DE FORMAS PLANTA CIELO 5° AL 6° PISO TIPO EDIFICIO TORRE CORONA	
FECHA	17/02/12
ESCALA:	1:75
ARCHIVO:	PF-LPT-12-17-01_1
CODIGO DE OBRA:	12-17
PF	103
DIS. A. GONZALEZ	SE ACTUALIZA PLANTA
DIB. O. GONZALEZ	EMISSO PARA APROBACION
REV. A. GONZALEZ	17/02/12
NO.	REVISION
FECHA	REV.
DIB.	A.G.S.
NO.	A.G.S.



REFERENCIA DE PLANO
SAMUEL CARDENAS ARQUITECTOS
PLANO : A-12
REVISION :
FECHA : 14/11/2011

LOSA=16cm.
LOSA + CAPITEL=32cm.
LOSA + CAPITEL=50cm.

DIS.	A.GONZALEZ				
DIB.	O.GONZALEZ				
REV.	A.GONZALEZ	28/03/12	SE ACTUALIZA PLANTA	O.G.A.	A.G.S.
		17/02/12	EMITIDO PARA APROBACION	O.C.A.	A.G.S.
				DIB.	REV.

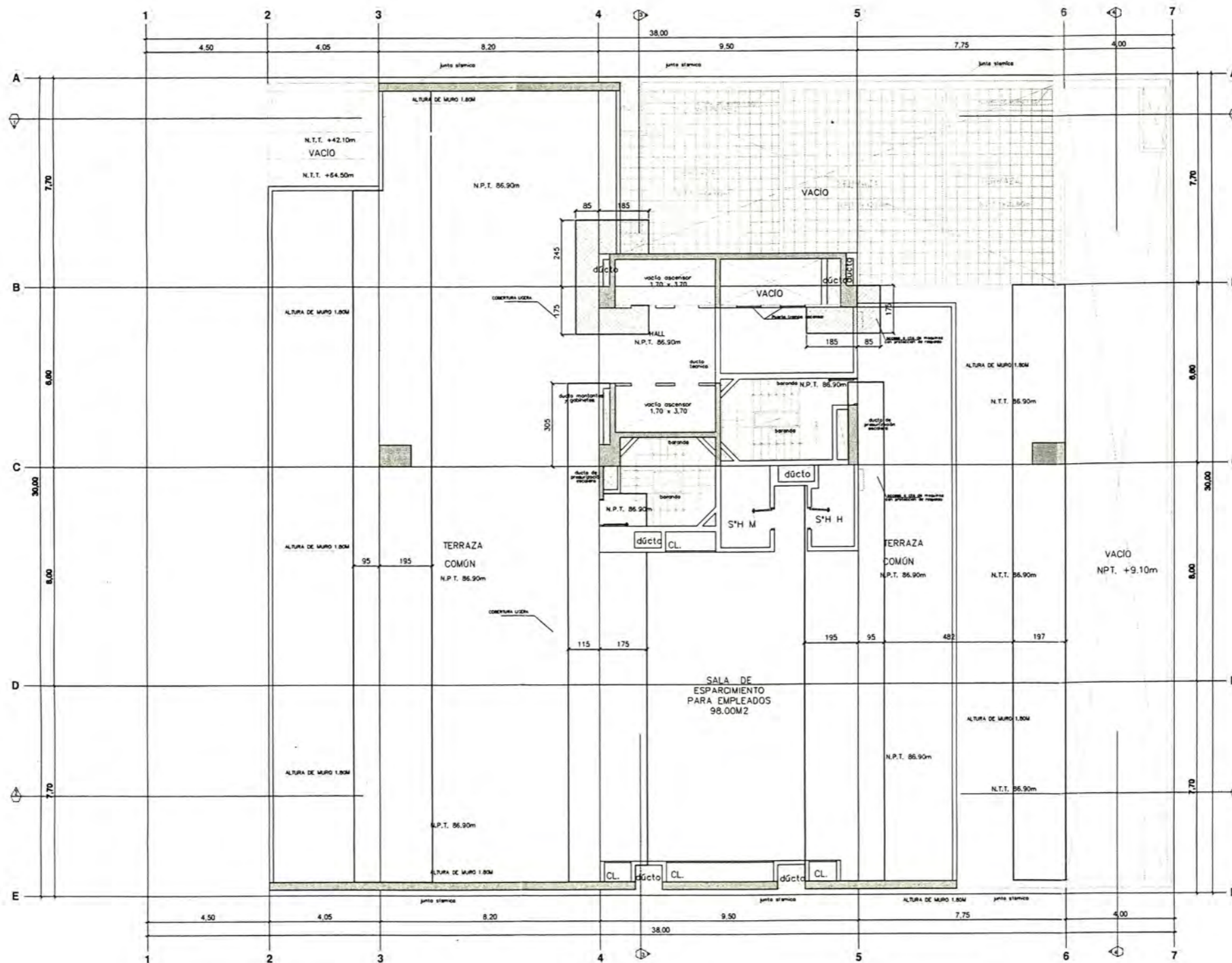
Rosario Norte 532 - Piso 7
Las Condes, Santiago, Chile
Fono (56 2) 23382339
Fax (56 2) 23382339
http://www.vslchile.cl

VSL
VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION S.A.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION S.A. Y NO DEBE SER REPRODUCIDO, COPIADO, FOTOCOPIADO, REPRODUCIDO, IMPRESO, NI REPRODUCIDO EN NINGUNA MANERA SIN LA AUTORIZACION PREVIA POR ESCRITO DEL MANEJADOR DE VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION.

PLANO DE FORMAS
PLANTA CIELO 13° AL 19° PISO TIPO
EDIFICIO TORRE CORONA

FECHA	17/02/12
ESCALA:	1:75
ARCHIVO:	PF-LPT-12-17-01_1
CODIGO DE OBRA:	12-17
PF	105



REFERENCIA DE PLANO
SAMUEL CARDENAS ARQUITECTOS
PLANO : A-18
REVISION :
FECHA : 14/11/2011

LOSA=16cm.
 LOSA + CAPITEL=32cm.
 LOSA + CAPITEL=50cm.

<p>PLANO DE FORMAS PLANTA CIELO 27° PISO EDIFICIO TORRE CORONA</p>		<p>Boavista Norte 532 - Piso 7 Las Condes, Santiago, Chile Fono (56 2) 5716700 Fax (56 2) 2356739 http://www.vslchile.cl</p>	<p>VSL VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION S.A.</p> <p style="font-size: small;">ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION S.A. NO SE PUEDE REPRODUCIR, COPIAR, FOTOCOPIAR, GRAFICAR, NI USAR EN NINGUN MODO SIN EL CONSENTIMIENTO ESCRITO DE VSL SISTEMAS ESPECIALES DE CONSTRUCCION S.A.</p>	<p>DIS. A.GONZALEZ DIB. O.GONZALEZ REV. A.GONZALEZ</p>	<p>SE ACTUALIZA PLANTA EMITIDO PARA APROBACION</p>	<p>28/03/12 17/02/12</p>	<p>NO. NO.</p>	<p>FECHA FECHA</p>	<p>REVISION REVISION</p>	<p>DIB. DIB.</p>	<p>A.G.S. A.G.S.</p>	<p>REV. REV.</p>	
<p>FECHA 17/02/12</p>													
<p>ESCALA: 1:75</p>													
<p>ARCHIVO: PF-LPT-12-17-01_1</p>													
<p>CODIGO DE OBRA: 12-17</p>													
<p>PF</p>	<p>107</p>												