



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

**Facultad de Ingeniería
Colegio de Ingeniería Civil**

“COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EXPERIMENTAL A FLEXIÓN DE LOSAS PREFABRICADAS”

Que para obtener el grado de

INGENIERO CIVIL

Presenta:

Gibran Corona Quiterio

Director de tesis:

PhD. Juan Pablo Hidalgo Toxqui

Codirector de tesis:

M.I. Eduardo García Zenteno

Puebla, Pue.

Marzo 2025

BUAP



BUAP

Oficio No. SAC/0429/2025

**C. Gibran Corona Quintero -980009720-
Pasante de la carrera de Ingeniería
Civil
Presente.**

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

“COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EXPERIMENTAL A FLEXIÓN DE LOSAS PREFABRICADAS.”

Por lo anterior hago de su conocimiento que se asigna como Director de Tema al Dr. Juan Pablo Hidalgo Toxqui.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

Atentamente
“Pensar bien para vivir mejor”
H. Puebla de Z. a 17 de febrero de 2025

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora
Director



M'ACGZ/M'VGL/barv
C.c.p. Archivo

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora
Director de la Facultad de Ingeniería
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
P r e s e n t e.

El que suscribe: Dr. Juan Pablo Hidalgo Toxqui, director del tema de tesis:

“COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EXPERIMENTAL A FLEXIÓN DE LOSAS PREFABRICADAS.”

Presentada por el C. Gibran Corona Quintero -980009720-, pasante del Colegio de Ingeniería Civil, y en atención al oficio No. SAC/0429/2025 con fecha de emisión 17 de febrero de 2025, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

A t e n t a m e n t e
“Pensar bien, para vivir mejor”
H. Puebla de Z. a 21 de febrero de 2025


Dr. Juan Pablo Hidalgo Toxqui
Director de Tema

D'JPHT/BARV
C.c.p. Archivo

DEDICATORIA

A mi amada esposa, Lupita Corona,

Tienes un lugar especial en todo lo que hago, sin tu apoyo y tus palabras de aliento seguramente ya me hubiera rendido. Gracias por ser mi soporte, gracias por tu apoyo incondicional, por el amor y la paciencia con la que has sabido soportar los momentos difíciles. Gracias por ser mi compañera de vida, por ser mi media naranja, por estar a mi lado siempre.

Te amo.

A mis hijas, mis mayores motivaciones y mi razón de ser:

Gina y Lizz ustedes son mi motivación, mi razón de ser y sin duda alguna son el amor de mi vida, no he sentido amor mas grande que el que siento por ustedes, lamento no haber podido cerrar este ciclo antes y ser un mejor ejemplo para ustedes.

Sin embargo, quiero darles una lección y enseñarles que todo es posible, este trabajo es para ustedes, con la esperanza de que, cuando crezcan, entiendan que todo es posible con dedicación, perseverancia y, sobre todo, con amor. Les dedico este trabajo, no solo como un logro académico, sino como un testimonio de que, por ustedes, soy capaz de superar cualquier desafío.

Las amo más de lo que las palabras pueden expresar.

A mi querida madre María Arcadia Quiterio QEPD, siempre estuviste a mi lado y aun sigo sintiendo tu presencia, se que, desde el paraíso, continúas apoyándome al igual que mis abuelos. Gracias mama por todo el amor que me diste, eres un ejemplo de fortaleza, sacrificio y amor incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla especialmente a su Laboratorio de Estructuras y todo el personal que en el labora.

RESUMEN

En esta investigación se estudia el comportamiento estructural de 12 módulos de losas de concreto armado formadas por dos viguetas, todos los concretos son estudiados con el muestreo de cilindros y ensayados a los 28 días, tanto el concreto de las viguetas como el de las capas de compresión. Los ensayos se llevaron a cabo conforma a las normas ONNCCE y ACI en las instalaciones de la empresa que realizaba la investigación y con equipo de la Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Los resultados nos muestran el comportamiento estructural durante los ensayos, muestra que losas no cumplen con lo estipulado en las normas y las losas que desempeñan un buen trabajo estructural, se emiten recomendaciones sobre su uso.

ABSTRAC

The structural behave of 12 slap moduli conformed by two precast beams each one is study in this research. As the concrete of the precast beams as the compression deck were studied in the lab under the standards of the ONCCEE and ACI regulations, the tests were carried out in the locations of the company sponsored of the research, on they the lab equipment of the Engineering Faculty of the Meritorious Autonomous University of Puebla was used. The results show the structural behavior of each element during the tests, also, the slaps that shown unsatisfactory behavior under the used standards are listed and that ones that perform the satisfactory performance. At the end, recommendations are emitted.

INTRODUCCIÓN

En esta investigación se busca conocer el comportamiento estructura, en términos de resistencia, de losas de una patente original de losas tipo T invertida, las cuales integran un patrón de plafón integrado con acabado aparente, el cual se toma como parte del sistema estructural aportando capacidad de carga y resistencia.

El objetivo de la prueba es determinar el comportamiento de losas prefabricadas como sistema para las condiciones de servicio y colapso, los resultados aquí generados son comparados con los parámetros estipulados en la normativa vigente.

Los ensayos se llevaron a cabo en las instalaciones y personal de la empresa patrocinadora con equipo y personal de la Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Se evaluará la resistencia del concreto con el que se fabrica las viguetas, en una serie de estudios de cilindros a compresión bajo la norma ONCCE vigente. Es importante mencionar que en esta investigación no se estudiarán el comportamiento aislado de los componentes portantes o los aligerantes, y se estudiará el sistema en conjunto como una losa en sí.

En el primer capítulo se conoce la historia de la construcción de losas durante sus orígenes, el tipo de losas que se construyen en la actualidad y las características principales de la losa en estudio, así como los especímenes selectos para experimentar.

Durante el segundo capítulo se presenta la manera en la que se realizan los cálculos para poder determinar la resistencia a flexión útil para el uso de las normas ONCCE, y otros conocimientos de importancia.

Para el tercer capítulo los materiales empleados para la construcción de los especímenes y así como el proceso constructivo de estas, mostrando detalles sobre el diseño de las mezclas, geometrías de las losas y otros aspectos.

El cuarto capítulo se presenta las capacidades y forma en la que se realizan los ensayos experimentales y durante el quinto capítulo se estudian, discuten y analizan los datos adquiridos durante los ensayos, dando en el la interpretación de resultados.

Al finalizar la tesis encontraremos las conclusiones principales de los resultados y una serie de recomendaciones a los elementos estructurales.

ÍNDICE

OFICIO DE AUTORIZACIÓN	I
OFICIO DE IMPRESIÓN.....	II
DEDICATORIA	A
AGRADECIMIENTOS	B
RESUMEN.....	C
INTRODUCCIÓN	D
ÍNDICE	E
CAPÍTULO 1.- ANTECEDENTES.....	1
1.1.- LOSAS EN LA HISTORIA DE LA SOCIEDAD.....	1
1.2.- SISTEMAS DE LOSAS	7
1.3.- SISTEMA CONSTRUCTIVO A EVALUAR	10
CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO.....	11
2.1.- NORMA MEXICANA PARA SISTEMAS DE LOSAS	11
2.2.- IDEALIZACIÓN DE LOS MATERIALES	16
2.3.- MOMENTO RESISTENTE DE LAS LOSAS.....	17
CAPÍTULO 3.- MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	19
3.1.- MATERIALES	19
3.2.- GEOMETRÍA DE LAS TABLETAS	20
3.3.- PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS ESPECÍMENES	21
3.3.1.- CONSTRUCCIÓN DE LOSA DE 4M 3VC	22
3.3.2.- CONSTRUCCIÓN DE LOSA DE 4M 2CV	24
3.3.1.- CONSTRUCCIÓN DE LOSA DE 3M 3CV	26
3.3.2.- CONSTRUCCIÓN DE LOSA DE 3M 2CV	29
CAPÍTULO 4.- ENSAYES EXPERIMENTALES	32
4.1.- CAPACIDADES DEL LABORATORIO.....	32
4.1.1.- MÁQUINA DE PRUEBA	32
4.1.2.- SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	34
4.2.- TRANSPORTE DE LOSAS A MARCO DE PRUEBA.....	35
4.1.- PROTOCOLO DE ENSAYE	37
CAPÍTULO 5.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	39
5.1.- CONCRETOS	39
5.2.- COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOSAS 4M-3VC	42
5.3.- COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOSAS 4M-2VC	43
5.4.- COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOSAS 3M-3VC	44

5.5.- COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOSAS 3M-2VC	45
5.6.- EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOSAS	46
CONCLUSIONES	48
RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXO 1.- REPORTES DE LABORATORIO DE LOS MATERIALES	I
ANEXO 2.- REPORTE FOTOGRÁFICO DEL TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE LOSAS EN EL MARCO DE CARGA®.....	VII
ANEXO 3.- REPORTES DE LABORATORIO DEL CONCRETO	IX
ANEXO 4.- REPORTES DE LABORATORIO DEL ENSAYE DE CADA LOSA	XXIII

CAPÍTULO 1.- ANTECEDENTES

1.1.- Losas en la historia de la sociedad

A lo largo de la historia de las sociedades, las losas o sistemas de piso han jugado un papel crucial en la creación de espacios habitacionales, desde sus inicios como templos ceremoniales hasta la actualidad en grandes rascacielos.

En la prehistoria, cerca del neolítico, la necesidad de los humanos de refugiarse dio paso a la creación de viviendas, se trataba de refugios realizados con ramas, hojas, pieles, huesos o cualquier otro material que fuese útil para salvaguardarnos.

Las primeras viviendas con materiales y formas que aún se encuentran en la actualidad se encuentran en la zona de Mesopotamia en ciudades como Jericó, donde se realizaban edificaciones de bloques de arcilla secados al sol y posteriormente mampuestos de piedras naturales labradas, esto hacia el año 2500 a.c., es precisamente en esta cultura y región donde se empieza el uso de las losas de fabricación en sitio, anteriormente en la historia se habían empleado losas de bloques de piedra masivos los cuales resultaban ser imprácticos, y es en Mesopotamia donde la construcción de las losas se hace con arcillas también secadas al sol, un proceso constructivo muy versátil y práctico para la construcción de viviendas en masa.

Una de las primeras ciudades en el mundo donde se implementaron las losas como un sistema innovador en la construcción, y que también funcionaba como acceso a las habitaciones, es la ciudad de Çatal Hüyük, Turquía, **Figura 1-1**, donde este sistema fue implementado y guarda un inicio de la protección contra el medio ambiente, los depredadores y las inclemencias de la naturaleza de nuestros antepasados.

En la época moderna es Ching (Ching, 2014) quien define el sistema de piso de la siguiente manera:

Los planos horizontales que deben soportar cargas vivas (personas, mobiliario y equipo móvil) y cargas muertas (El peso de la propia construcción). Las losas deben transferir sus cargas horizontalmente a través del espacio para ya sea a vigas y columnas o a muros de carga (Ching, 2014).

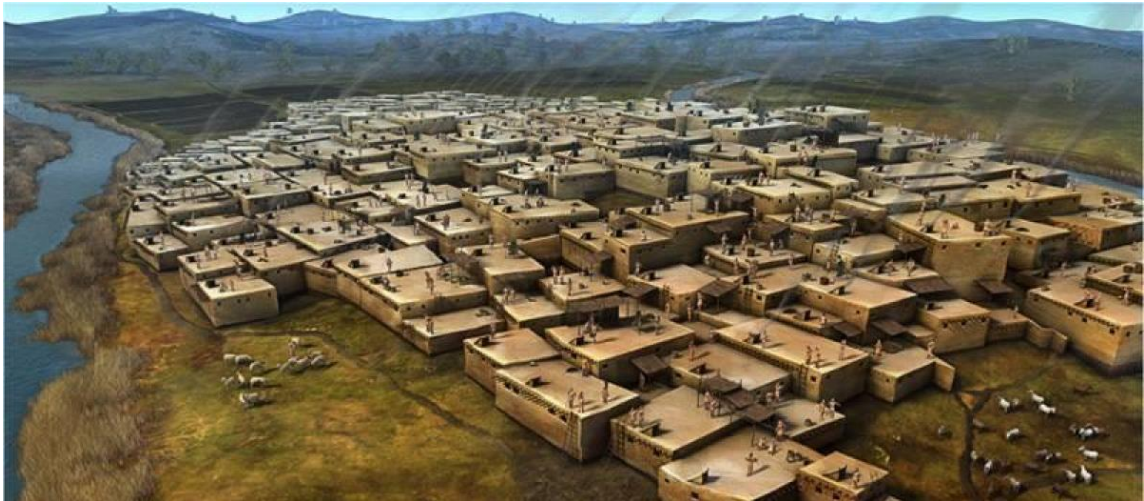


Figura 1-1 Losas-accesos en la ciudad de Çatal Hüyük, Turquía

Continuando en la historia son los griegos y los romanos, en obras como el Partenón y el panteón donde se vislumbra la tecnología que tenían para cubrir los claros de sus edificaciones con sistemas de piso, creados a partir de vigas de madera, tejas y en otros casos piedras naturales como el mármol, véase **Figura 1-2** como fue la construcción de Partenón en la cultura griega.

Es con los romanos donde se introduce en la construcción el *opus caementicium*, la primera versión del cemento como material de construcción, lo cual permite la construcción de estructuras más complejas, donde se incluyen muchos tipos de obras civiles innovadoras para la sociedad, como lo son sistemas de acueductos puentes y edificios públicos, entre estos últimos contamos con un edificio emblemático, el Panteón Romano, **Figura 1-3**, una cúpula que cumple con las funciones de losas de cubierta y que sigue existiendo en la actualidad después de 2000 años desde su construcción.

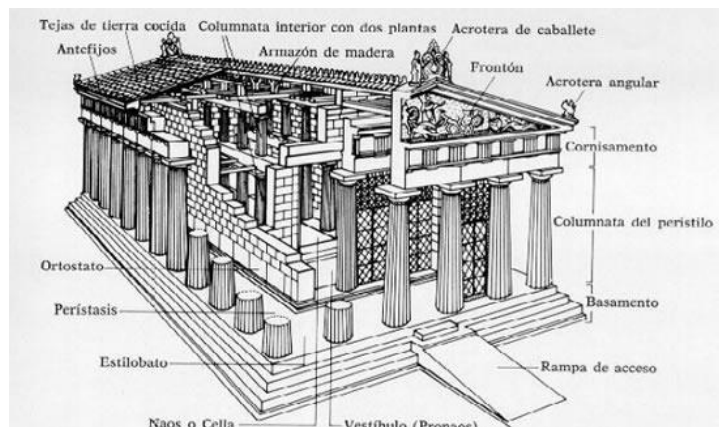


Figura 1-2 Losas en el Partenón Griego



Figura 1-3 Losas en el Panteón romano

En la edad media se dio el florecimiento de nuevos sistemas constructivos, a base de estructuras de mamposterías y sistemas de pisos de maderas recubiertos de muchos materiales, en esta época, junto con la del renacimiento, hubo un auge en la construcción de edificaciones religiosas, un ejemplo representativo de dicha época de los sistemas constructivos de losas es Notre Dame, donde el sistema de piso salva claros de mayor longitud para la época, permitiendo mayores espacios para habitabilidad e iluminación, véase **Figura 1-4**.

Más tarde, son artistas como Miguel Ángel y Brunelleschi quienes realizan mejoras e innovaciones en las construcciones con sistemas de losas más eficientes, pero no es sino hasta la revolución industrial, a mediados del siglo XIX, donde se percibe un gran avance en los sistemas de piso en la construcción.

Es en dicha época se presentan nuevos materiales para la construcción, como los tabique recocidos de forma industrializada y producción en masa, lo que permitía un mayor acceso de la población a ellos, y la incorporación del acero de refuerzo en el concreto, lo que dio paso a sistemas de losas similares a lo que hoy son la vigueta y la bovedilla, de esta forma, perfiles de acero que fungían como vigas secundaria y que sostenían entre ellos bloques de terracota permitían colar una capa de compresión para formar los sistemas de piso de accesible y rápida construcción (**Figura 1-5**), un ejemplo de esto fue aplicado en el Home Insurance Building en Chicago, lo que ayudó mucho en la reducción de construcción de edificios a base de arcos.



Figura 1-4 Sistema de piso de Notre Dame.

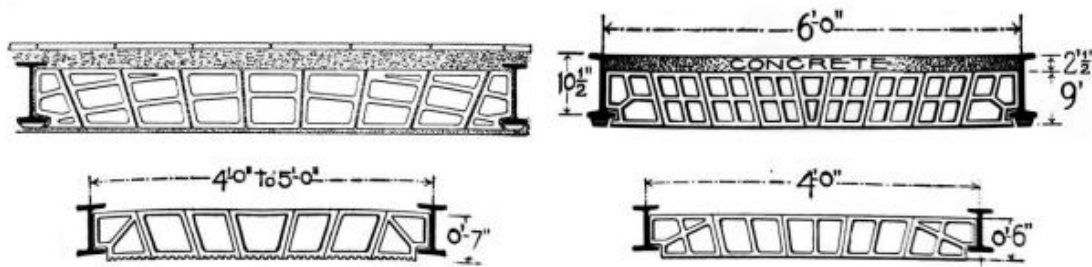


Figura 1-5 Sistema de piso aligerado del siglo XIX

No solo la facilidad de construcción y fabricación en masa fue lo que llevo a el amplio uso de estos sistemas, si no que los graves problemas que tenía el hecho de usar madera en las construcciones, ya que estas son altamente combustibles, y diversas tragedias naturales, como los incendios en grandes ciudades como chicago o los incendios provocados por sismos en Japón, orillaron a la población por optar por sistemas constructivos hechos de concreto y acero que no son fácilmente combustibles.

La incorporación del concreto reforzado produjo mayores avances en la construcción, fue el ingeniero francés François Hennebique quien en 1886 publica su obra titulada “*Sistema de forjados tubulares de hormigón reforzado con elementos de hierro*” y dentro de la cual una de las aportaciones más destacables fue lo que hoy se conoce como losas aligeradas. En la **Figura 1-6** se presentan algunas de las propuestas de los sistemas constructivos publicadas por Hennebique.

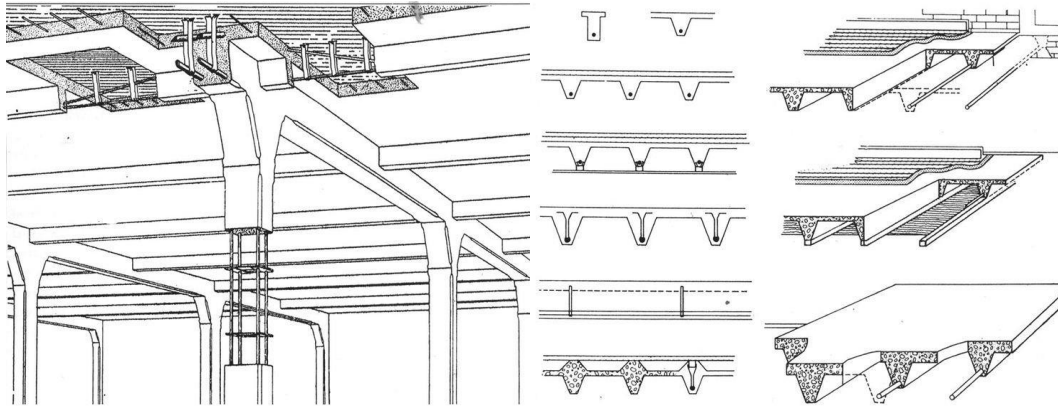


Figura 1-6 Sistemas propuestos por François Hennebique

En el año de 1902 en estados unidos fue propuesto el sistema constructivo de losas planas por Orlando Whitney, pero no fueron construidas sino hasta cuatro años después en el edificio en una ciudad de Minnesota, como es sabido, el sistema de losas planas no incluye trabes perimetrales de apoyo, por lo que en un principio había una gran desconfianza en este sistema, pero no fue hasta su prueba de cargas que adquirió gran popularidad, siendo en la década de los 1910's cuando se empezaron a realizar estudios y propuestas de métodos de análisis y diseño, y fue hasta el año de 1925 cuando ingresa al código del ACI (American Concrete Institute).

Dentro de las metodologías de diseño para losas de concreto armado, es el ACI quien postula los métodos de coeficientes para las losas en dos direcciones, esto en el año de 1940 en conjunto con el ASCE (American Society of Civil Engineers), y es a partir del año de 1950 cuando surge una ardua labor de investigación en las losas de concreto armado como elemento estructural, estudiando su comportamiento a flexión en laboratorios de todo Estados Unidos.

Es para el año de 1966 cuando T. Y. Lin presenta el método de análisis y diseño de las losas presforzadas.

Durante los años sesenta el uso de las computadoras dio paso al análisis de estos elementos de manera digital, siendo introducidos los métodos más complejos como el método de líneas de fluencia, el método de elemento finito y la teoría de placas.

Todos estos avances, en experimentación y computo fueron incorporados por el ACI en sus reglamentos en el año de 1971 el cual representa un gran avance en comparación a sus publicaciones anteriores.

Alrededor de estos años, en 1967, es el mexicano Heberto Castillo quien propone a la ingeniería civil su patente de tipo de losa llamada Tridilosa, la cual constaba de armaduras de acero con una capa delgada de concreto reforzada con mallas electrosoldadas, lo que le proporcionaba una gran ligereza para salvar grandes claros.

En la década de los 1970's se popularizó el uno de sistemas constructivos a base de losas presforzadas o pretensadas consolidándose y aplicándose a una cantidad innumerable de proyectos de infraestructura.

Para los años 1990's un nuevo sistema constructivo fue propuesto, el denominado Bubbledeck (nombrado en español como losas con burbujas de aire), se trataba de un sistema aligerado que contaba en su interior de esferas o discos, el sistema fue propuesto por Jorgen Bruenig en Dinamarca, el cual podemos observar en la **Figura 1-8**, el sistema prometía reducir el peso propio de las losas entre un 25 y 35% en comparación con las losas macizas sin afectar su eficiencia.



Figura 1-7 Sistemas propuestos por Heberto Castillo



Figura 1-8 Sistemas Bubbledeck o losas con burbujas de aire

1.2.- Sistemas de losas

Como ya se ha visto en la historia de los sistemas de piso, el camino a la modernidad ha sido largo y muchas propuestas e ideologías ha surgido, en la época contemporánea las podemos clasificar por su comportamiento estructural, este es, en el número de direcciones en el que transmitirán las cargas a sus apoyos, traveses, columnas o muros, de esta forma, la clasificación será como Losas en una o dos direcciones. Adicionalmente, la clasificación de las losas puede hacerse de acuerdo al material con el que son construidas como veremos más adelante.

La diferenciación para considerar una losa que trabaje en una dirección o dos depende de la relación de las longitudes de sus bordes, para que se considere que una losa trabaja en una dirección la relación lado corto a lado largo debe ser menor que 2, en caso contrario se considerará que trabaja en dos direcciones, obsérvese la **Figura 1-9** para describir de manera gráfica esta diferenciación.

Clasificación de losas de acuerdo a sus materiales

Las losas en los sistemas estructurales pueden estar construidas de una diversidad infinita de materiales, dentro de los cuales podemos contemplar madera, barro, bambú, acero, concreto reforzado, y sus complementos de materiales como el tabique, block de concreto, adobe, poliestireno expandido u otros, siendo los más populares el acero y el concreto reforzado, en este sentido, esta investigación se limita a un tipo de losa construida con concreto reforzado.

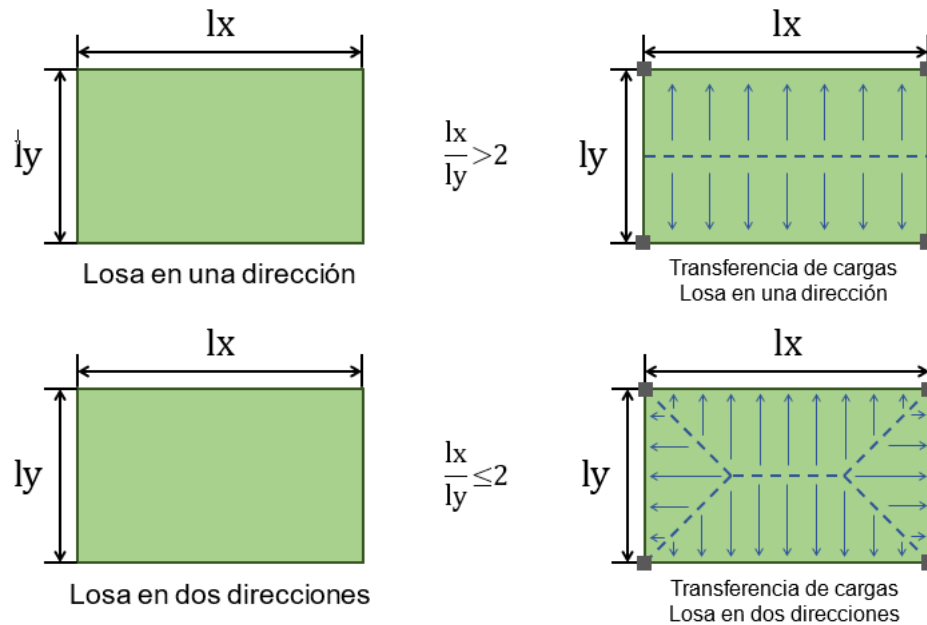


Figura 1-9 *Clasificación de losas de acuerdo a su comportamiento estructural*

Losas que trabajan en una dirección

Dentro de este grupo de losas podemos encontrar losas macizas de concreto, también las losas nervadas, dentro de este grupo están las prefabricadas como las losas de vigueta y bovedilla, un sistema muy popular en la región sur-este de México, además de los sistemas híbridos de losacero, en la **Figura 1-10** se presentan las imágenes de este tipo de losas además de la forma general en la que colapsan, fotografía tomada en el laboratorio de Estructuras de la FIBUAP.

Losas que trabajan en dos direcciones

En este grupo podemos incluir losas macizas, losas nervadas o aligeradas, losas planas, decks de acero y otros, en la **Figura 1-11** se pueden observar algunos ejemplos de estos tipos de losas.

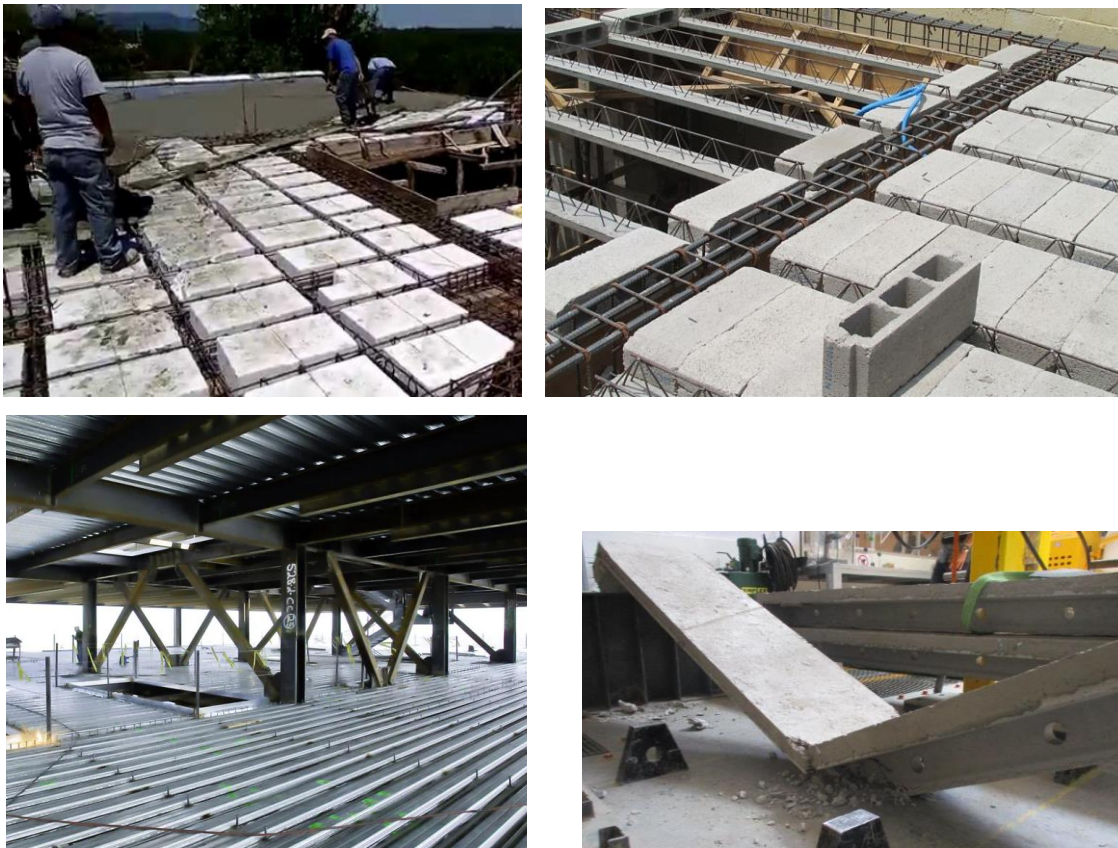


Figura 1-10 Losas en una dirección



Figura 1-11 Losas en dos direcciones

1.3.- Sistema constructivo a evaluar

El presente estudio se llevó a cabo en el Sistema QualytHome de la empresa INNOVA DESARROLLO Y COMERCIALIZACIÓN S.A. de C.V. empresa dedicada a producción de prefabricados y construcción de estructuras habitacionales, ubicada en Calzada Inocencio Sánchez No. 7 en la Colonia Emiliano Zapata de los Molinos dentro del Municipio de Atlixco, Puebla, C.P. 74271.

El objetivo de la prueba es determinar el comportamiento de losas prefabricadas como sistema para las condiciones de servicio y colapso, los resultados aquí generados son comparados con los parámetros estipulados en la normativa vigente. Las pruebas se realizaron en las instalaciones del Laboratorio de IDC de Estructuras.

La prueba de deformación y carga máxima para 12 probetas coladas en laboratorio se realizó de acuerdo lo especificado bajo la NORMA MEXICANA NMX-C-406-ONNCCE-2014, los parámetros establecidos por la misma y las revisiones pertinentes.

La **Figura 1-12** presenta el perfil de la losa estudiada, consta de dos módulos por cada probeta de losas, es decir, dos viguetas armadas con acero de alta resistencia y tres casetones de poliestireno expandido coladas con su capa de compresión con malla electrosoldada.

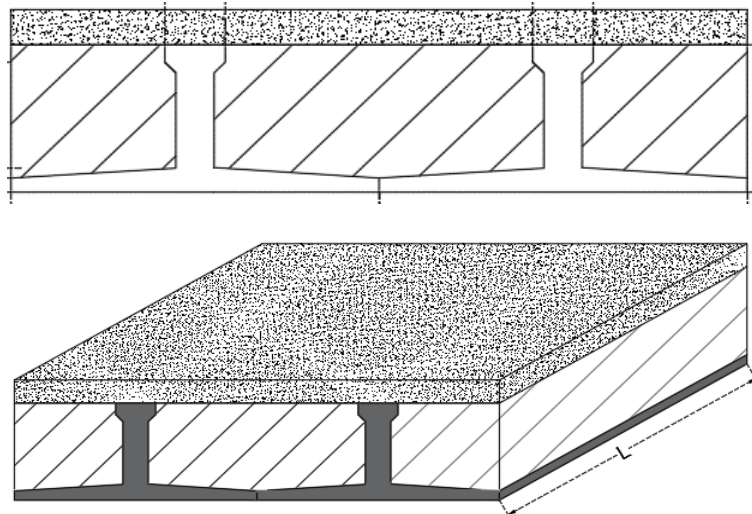


Figura 1-12 Losas prefabricadas tipo T invertida

CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO

2.1.- Norma mexicana para sistemas de losas

A solicitud de la empresa, se realizó la prueba de deformación y carga máxima para varios casos de losas prefabricadas de concreto reforzado de acuerdo lo especificado en la norma mexicana del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE-406, 2014).

Dicha norma establece los procedimientos y forma en la que los componentes de las losas deben ser ensayados en laboratorios de estructuras y así como los lineamientos a cumplir. Esta norma se aplica a cualquier sistema de prefabricados en incluye sus componentes principales, los elementos portantes y los elementos aligerantes.

Los elementos portantes son las vigas prefabricadas en cada sistema prefabricado de losas, estos pueden ser, vigas, vigueta tubular, viguetas de alma llena, viguetas de alma cerrada, viguetas pretensadas, y en nuestro caso, viguetas de T invertida. Para el caso de los elementos aligerantes estos pueden ser bovedillas, casetones de poliestireno expandido o cualquier otro similar.

Es importante mencionar que en esta investigación no se estudiarán el comportamiento aislado de los componentes portantes o los aligerantes, y se estudiará el sistema en conjunto como una losa en sí.

La mencionada norma afirma que es válida para evaluar cualquier otro sistema innovador, por lo cual será el principal instrumento para realizar esta investigación experimental, por lo que los métodos de ensaye y especificaciones serán empleados.

A continuación, se evalúan las especificaciones de la norma para comprobar su aplicabilidad.

El elemento portante de alma abierta con acero sin preesfuerzo, el cual es nuestro caso, debe cumplir con las especificaciones que menciona la norma y que a continuación se citan:

La resistencia de diseño mínima del concreto debe ser igual o superior a 19.6 MPA (200 kg/cm²) y el porcentaje mínimo de refuerzo igual a $0.22\sqrt{f'c}/f_y$ unidades en (kg/cm²) en donde: $f'c$ es la resistencia de diseño del concreto y f_y es el esfuerzo nominal de fluencia del acero (ONNCCE-406, 2014).

En estas viguetas se realizó una dosificación para 280 kg/cm², y se tomarán las muestras correspondientes para revisar dichos cálculos, mismos que se encuentran en los subsecuentes capítulos y los anexos de este reporte.

Características principales de los elementos portantes:

Para verificar el cumplimiento de las especificaciones de los componentes portantes, se debe cumplir con lo establecido en los siguientes puntos marcados por la normativa:

- La longitud mínima de estos elementos debe ser la especificada por el fabricante, denominada “longitud de autoportancia”.
- Se especifica que dentro de las fichas técnicas o información proporcionada por el fabricante, se deberá especificar el momento resistente último.
- Resuelta de importancia verificar el antes del ensayo los elementos portantes no tengan ningún tipo de falla, agrietamiento, despostillamiento o similar.

En la realización de la prueba se encontró que la probeta tenía ya un agrietamiento previo, mismo que podría ser originado durante el proceso de curado o transporte al marco de ensayo, además de que en una de ellas había un despostillamiento considerable, mismo

que se solucionó en el proceso del colado de la capa de relleno, sin embargo, dichos detalles se consideraron despreciables dada la magnitud de los elementos. La información de los detalles preensaye pueden ser verificados en los reportes de cada losa en el Anexo 4. Sin embargo, la resistencia del elemento portante ensayada de manera individual queda fuera de los alcances de esta investigación.

Características del ensaye.

Las losas serán sometidas a ensaye para determinar dos puntos importantes de su comportamiento estructura, estos son: las deformaciones máximas y permisibles que puedan alcanzar durante la vida útil de las losas.

Todos los elementos estructurales (losas) deberán ser ensayados a la edad de 28 días una vez colada la capa de compresión, y por ende, los elementos portantes tendrán una edad mucho mayor a esta.

La norma estipula que todos los elementos estructurales pueden ser construidos tanto por el fabricante como por el laboratorio que los ensayará, en este caso, ambas partes fueron construidas en las instalaciones de la empresa que lo solicita bajo la dirección de los especialistas de la FIBUAP.

Adicionalmente se deben considerar otras consideraciones como:

- La velocidad aproximada de aplicación de carga deberá ser 120 kg/min.
- La longitud de la probeta debe ser mínimo 20 veces el peralte total de la losa de ensayo.

Protocolo de carga

La carga servicio mínima que se debe utilizar en el ensayo debe ser de 250 kg/cm², aunque la norma estipula que esta carga puede aumentarse a solicitud del fabricante en este caso se procede a aplicar la carga que determina la norma, esto debido a que el uso que se dará a el sistema estructural será de casa-habitación.

La carga distribuida de servicio aplicada, y así como la carga última que se aplica en el ensayo será especificada para cada espécimen ensayado.

La norma específica que los ensayos deben realizarse aplicando cargas uniformemente distribuidas (w), sin embargo, para este estudio se realizó una equivalencia de dicha carga aplicando una carga concentrada equiparando el momento aplicado. La carga se aplica verticalmente distribuyéndola uniformemente sobre la sección transversal superficial de la probeta, véase a la colocación en la **Figura 2-1**, donde se considera realizar un ensayo a flexión del elemento como simplemente apoyado.

Durante el ensayo la carga se puede aplicar de forma monótonica creciente o en varios pasos, pero es importante que uno de ellos corresponda a la carga de servicio donde se medirán las deflexiones y el último paso corresponda a la carga de servicio aumentada en un 40% ($1.4 W_v$). (ONNCCE-406, 2014).

La norma estipula que las mediciones de los desplazamientos deberán hacerse a través de micrómetros, y que es necesario que se estabilice para poder tomar las lecturas, adicionalmente solicita que se haga una carga sostenida por 24 horas para considerar el fenómeno del flujo plástico en la probeta, sin embargo, la empresa busca evaluar en esta investigación varios tipos de losas por lo que la medición de los desplazamientos se realizará a través de equipo de instrumentación digital que recolecta la información a cada segundo durante la ejecución del ensayo, y por la basta cantidad de probetas y el reducido tiempo para la entrega de resultados, cada probeta se llevara al colapso una vez realizado el ensayo a cargas de servicio. (ONNCCE-406, 2014).

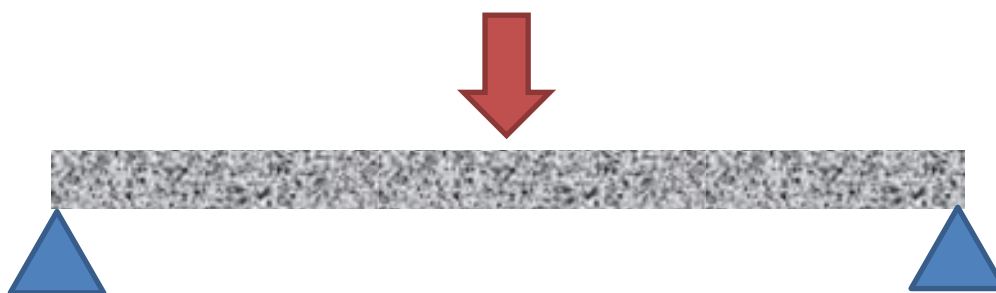


Figura 2-1 Set up colocación de probeta en marco de reacción.

Es especificado que, los ensayos de laboratorio para la evaluación de los sistemas de piso sean realizados para un solo tipo de sistema constructivo, donde corresponda al mismo tipo de elementos portantes, aligerantes y otros como la capa de compresión, por lo que, en este estudio se llevó a cabo varios ensayos realizando el mínimo de variaciones para encontrar el sistema constructivo que mejor comportamiento estructural tenga, de este forma, la norma específica que para cada componente de los sistemas de piso se realicen la siguiente cantidad de ensayos mostrados en la **Tabla 2-1** (ONNCCE-406, 2014).

Tabla 2-1 Numero de ensayos según tipo de elemento

Ensayos	No. de probetas por familia
A flexión del elemento portante	3
A flexión del elemento aligerante	3

Muestreo y ensaye del concreto colado en la empresa

El muestreo y resistencia del concreto empleado para la elaboración de las losas deberá ser verificado acorde a las especificaciones de (161-ONNCCE, 2016) y la (083-ONNCCE, 2014).

Dentro de las características más importantes que solicitan dichas normas sobre el muestreo del concreto fresco y la resistencia del concreto endurecido podemos mencionar lo siguiente:

Los ensayos de los cilindros de concreto deberán realizarse a los 28 días de edad, deberán haber sido resguardados dentro de un tanque a sumersión, deberán haber sido muestreados en los cilindros reforzados sin ser manipulados dentro de las primeras 24 horas, deberán haber sido rellenados conforme a la norme en dos capas perfectamente apisonados. Para estos valores en los anexos se encuentran los informes para determinación de resistencia de concreto (161-ONNCCE, 2016) (083-ONNCCE, 2014).

2.2.- Idealización de los materiales

Los materiales empleados, concreto y acero de alta resistencia, tendrán comportamiento estructural tal como lo muestran los modelos matemáticos de la **Figura 2-2**. Dichas figuras presentan la relación esfuerzo deformación idealizado de los materiales. Para ambos casos de los materiales se emplean las teorías básicas de su comportamiento, que menciona que los materiales son isotrópicos, homogéneos y constantes.

El primero modelo mostrado en dicha figura que encontramos en la parte izquierda corresponde al modelo elástico lineal del acero, donde alcanza su máxima resistencia cuando el esfuerzo en el material es igual al esfuerzo de fluencia (f_y), en dicho punto se considera que la deformación corresponde a la deformación de fluencia (ϵ_y), posterior a eso se considera que el material ya no puede acumular más energía y la disipa sin sobre pasar el esfuerzo de fluencia.

El segundo modelo en dicha figura corresponde al modelo para el concreto simple, donde, la primera parte corresponde a una curva parabólica que culmina con el valor de esfuerzo máximo registrado en el ensaye del concreto (f'_c) a una deformación de diseño (ϵ_y), posterior a este máximo se presenta una caída de la resistencia convencionalmente hasta un 85% de la carga máxima a una deformación ultima (ϵ_{cu}). En este modelo del concreto simple se incluye la aportación de los esfuerzos que el concreto puede resistir a tensión, en el método para encontrar el momento resistente de las losas se formulará la forma más práctica de considerar la resistencia del concreto simple.

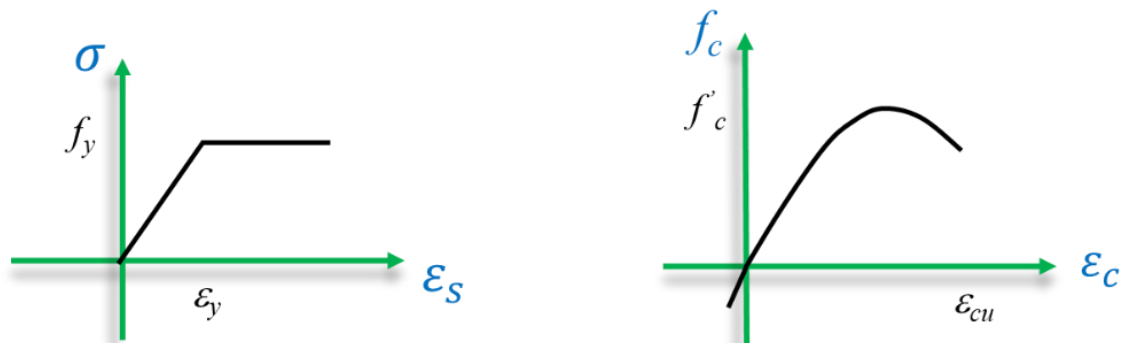


Figura 2-2 Modelos teóricos de los materiales.

2.3.- Momento resistente de las losas

El momento resistente que se empleará en la determinación de las cargas de servicio y resistencia de las losas es determinado en base a las teorías y principios del concreto reforzado a flexión.

En la **Figura 2-3** se puede observar el procedimiento para la obtención del momento resistente de las losas ya coladas, en un principio, de izquierda a derecha, se presenta la figura esquemática del armado y geometría de la sección transversal de las losas ya coladas, se parte del principio de las hipótesis básicas de que las deformaciones a todo lo largo de la sección transversal son lineales, siendo en la parte superior a compresión y en la parte inferior a tensión por tratarse de un sistema simplemente apoyado, de esta forma, se determina una deformación máxima en el concreto de ϵ_{cu} y el acero el valor máximo de fluencia (f_y) momento en el cual el concreto explotará por compresión y la losa alcanzará su máximo momento resistente.

A partir de la idealización de las deformaciones se calcularán los esfuerzos reales (σ) que trabajan en la sección, siendo un valor fijo, f_y , para el acero y un valor variable para el concreto dependiendo del nivel de esfuerzo que se encuentren las partículas de concreto, esto en base al modelo real presentado en la **Figura 2-2**, y para facilitar el cálculo de dichos esfuerzos se emplea el modelo del bloque equivalente de esfuerzos, donde se emplean valores que equiparan el área de las figuras del diagrama esfuerzo deformación del concreto para este propósito, de esta forma, se explican a continuación la simplificación y pasos para obtener el momento resistente.

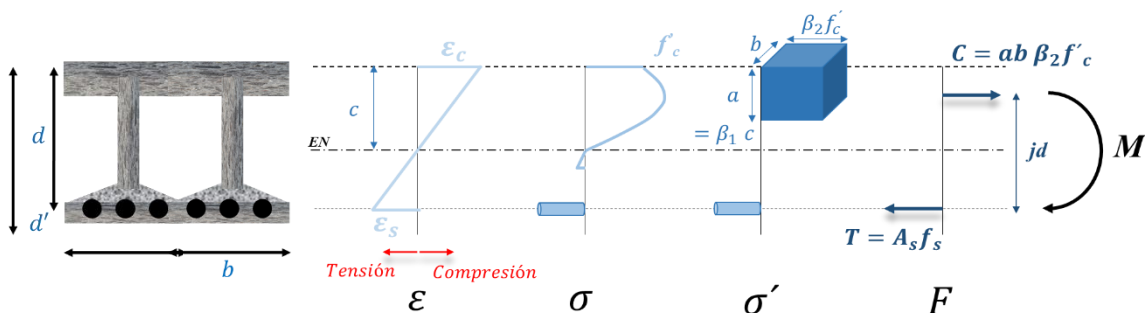


Figura 2-3 Teoría del momento resistente.

Las formulaciones que a continuación se presentan consideran que las losas son simplemente armadas y que la cuantía de acero con las que se les refuerza es mínima.

En primera instancia trataremos de encontrar el valor “a” que está en función de la profundidad del eje neutro:

$$a = ?$$

Aplicando la suma de fuerzas igual a cero obtenemos:

$$\begin{aligned}\sum F &= 0 \\ T &= C\end{aligned}$$

Por lo que al obtener las fuerzas de tensión (T) y compresión (C) se tiene:

$$A_s f_y = ab \beta_2 f'_c$$

despejando el valor de “a” llegamos a:

$$a = \frac{A_s f_y}{b \beta_2 f'_c}$$

Empleando la ecuación de suma de momentos igual a cero:

$$\sum M_{FC} = 0$$

Por lo que al incorporar el brazo de palanca jd en nuestra igualdad de fuerzas de tensión y compresión quedaría:

$$Tjd = A_s f_y jd$$

Donde jd es igual a:

$$d - \frac{a}{2}$$

Por lo que el momento resistente se calcula como:

$$M_u = A_s f_y \left[d - \frac{a}{2} \right]$$

Incorporando los términos de:

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$f''_c = \beta_2 f'_c$$

$$q = \frac{\rho f_s}{f''_c}$$

y aplicando álgebra llegamos a la ecuación de momento resistente como:

$$M_u = F_R A_s f_y [1 - 0.5q]$$

Donde F_R será igual a la unidad para nuestro caso experimental de estudio.

CAPÍTULO 3.- MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

3.1.- Materiales

Los materiales empleados para construir los elementos en este estudio son: arenas y grava de ½” trituradas, acero de refuerzo de alta resistencia, cemento, agua y malla electrosoldada, los cuales fueron estudiados en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería y en los laboratorios de la empresa, en los siguientes párrafos se presentan las características principales de cada uno de ellos de manera breve, los resultados de todos los ensayos pueden ser consultados en los anexos de este documento.

Agregado grueso

El 2 de septiembre del 2019 fue emitido el reporte final de las pruebas realizadas al agregado grueso a emplear, se trata de agrava triturada de la Mina San Pablo, con valores de densidad de 2.31 y absorción de 5.6%, peso volumétrico seco compacto de 1318 kg/m³, y módulo de finura de 5.52%.

Agregado fino

Se trata de una arena triturada del mismo banco del que fue extraída la grava, misma fecha de emisión de reporte, 2 de septiembre del 2019, cuya densidad determinada en 2.38, absorción de 3.09%, peso volumétrico seco suelto de 1265 kg/m³ y peso volumétrico seco compacto de 1420, mismas unidades, y módulo de finura de 3%.

Acero de refuerzo

Se trata de varillas corrugadas de diámetro de 1/4” y de 3/16” de acero de alta resistencia, los cuales fueron ensayados en maquina universal a tensión, obteniendo un promedio de esfuerzo de 7958 y 6907 kg/cm² respectivamente y un porcentaje de alargamiento de 6.2% y 6.5% de igual manera.

El resto de los materiales no fueron ensayados y se emplean los valores nominales determinados por el fabricante.

3.2.- Geometría de las tabletas

Las dimensiones por tableta o elemento portante mostrados se presentan en la **Tabla 3-1**, donde la altura del alma (**hw**) y el peralte total (**d**) son la única variable en la geometría de todos los elementos ensayados en esta tesis; adicionalmente hay que resaltar en este punto que el acero de refuerzo es diferente en dos casos generales los cuales se expone en la **Tabla 3-2**, en ambos casos el acero de refuerzo es de alta resistencia. Con respecto a la longitud de los especímenes ensayados se analizan dos casos, estos son 3 y 4 m en tres tipos de peraltes (26.5, 23.5 y 18.5cm).

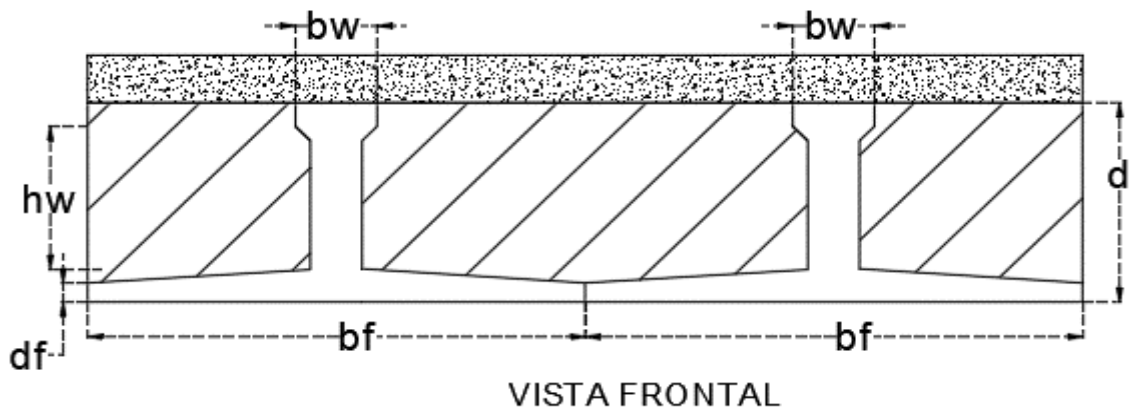


Figura 3-1 Losas prefabricadas tipo LST invertida

Tabla 3-1 Dimensiones de las viguetas

bw =	5cm
hw =	<i>variable</i>
df =	2.5cm
bf =	25cm
d =	<i>variable</i>
e =	5cm

Donde:

bw es el ancho del alma

df es el espesor mínimo el patín inferior

bf es el ancho del patín inferior

e es el espesor de la capa de compresión

Tabla 3-2 Tipos de arreglos en acero de refuerzo longitudinal

3VC	Dos varillas corridas calibre 8 + 1 varilla de diámetro ¼”
2VC	Dos varillas corridas de diámetro ¼”

De esta forma en la **Tabla 3-3** se presenta la combinación de ensayos a realizar en esta investigación, siendo un total de 12 probetas. Es importante destacar en este apartado que el trabajo para realizar 12 casos diferentes conlleva a cabo una ardua labor de construcción, el cual no fue ampliamente plasmado en este documento y se limita a mencionar los datos más relevantes relacionados con las labores de laboratorio, los cuales se exponen en el siguiente apartado.

Tabla 3-3 Lista de combinaciones a ensayar

Número de probeta	Claro (m)	Características	Peralte (cm)
1	4	3VC	26.5
2			23.5
3			18.5
4		2VC	26.5
5			23.5
6			18.5
7	3	3VC	26.5
8			23.5
9			18.5
10		2VC	26.5
11			23.5
12			18.5

3.3.- Proceso constructivo de los especímenes

En este apartado se describirán los procesos constructivos de los elementos portantes a emplear en los especímenes a ensayar, esto se hará en el orden en el que se presentan en la **Tabla 3-3**, aquí se explica el proporcionamiento, fechas de colado, proceso de descimbrado, resistencias del concreto y otros datos.

3.3.1.- Construcción de losa de 4m 3VC

Colado de tableta

El martes 10 de septiembre del 2019 se realizó el colado de 6 tabletas de 4 metros, con el siguiente refuerzo: una varilla longitudinal y zigzag de ¼” y una escalerilla compuesta por dos varillas longitudinales de calibre 8, malla de acero desplegable en un costado de la probeta. Los datos de proporcionamiento y características de concreto fresco se presentan en la **Tabla 3-4** y la **Tabla 3-5**.

Para el colado de la tableta se realizó una dosificación por el método del ACI y se calculó un concreto de resistencia $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$; se realizaron dos bachadas con la siguiente dosificación:

Tabla 3-4 Proporcionamiento tableta 4m 3VC

Proporcionamiento 137.5 litros:			
Ingredientes de la mezcla	Descripción	Cantidad	Unidades
Cemento:	CPC 40 RS	112	kg
Agregado 1:	Grava ½	98	kg
Agregado 2	Arena triturada	97	kg
	Agua	11	s
Aditivo:	Fibra de polipropileno (4 kg/m ³)	423	gr

Nota: el volumen está cuantificado en segundos, medida empleada por la empresa en sus sistemas de dosificación, lo que corresponde a un gasto de 2.6L/s.

En la primear bachada se colaron 3 tabletas, 2 de peralte 26.5cm y una de 23.5cm, mientras que en la segunda bachada se colaron 2 tabletas de 18.5 cm de peralte y una de 23.5cm.

Tabla 3-5 Características del mezclado para tableta 4m 3VC

	Bachada 1	Bachada 2	Unidades
Peso volumétrico	2103	2017	kg/m ³
Tiempo de mezclado	10	8	min
Revenimiento	10	15	cm
Hora de mezclado	15:02	16:34	hr

De la primera bachada se obtuvo un muestreo de cinco cilindros de 10x20cm, en la segunda bachada se realizaron cinco cilindros de 10x20cm y tres cilindros de 15x30cm.

Colado de capa de compresión (CC) de tableta 4m 3VC

El colado de la capa de compresión se realizó el martes 17 de septiembre del 2019. Se diseñó una mezcla por el método del ACI y se utiliza un concreto de $f'c$ 250 kg/cm²; se realizaron dos bachadas con las dosificaciones mostradas en la **Tabla 3-6** y características de la mezcla en **Tabla 3-7**.

Tabla 3-6 Proporcionamiento del concreto para CC de tableta 4m 3VC

Contenido	Descripción	Cantidad 335 litros	Cantidad 165 litros	Unidades
Cemento:	CPC 40 RS	184	92	kg
Agregado 1:	Grava ½"	246	130	kg
Agregado 2	Arena triturada	257	168	kg
	Agua	31	23	s

En la primera bachada se colaron dos losas, una de peralte 26.5cm y otra de peralte 23.5cm, mientras que en la segunda bachada se coló una de 18.5cm de peralte.

Las losas se componen de tabletas y casetones de poliestireno, una capa de compresión de 5 cm de espesor, adicionando una contra flecha de 1.5cm al centro del claro, se colocaron dos nervios por temperatura a los tercios del claro, aproximadamente a 1.22m, los cuales consisten en dos varillas de acero corrugado de 1/2 pulgada, de una resistencia a la fluencia de 4200 kg/cm².

Tabla 3-7 Características del mezclado para CC de tableta 4m 3VC

	Bachada 1	Bachada 2	Unidades
Peso volumétrico	2080	2068	kg/m ³
Tiempo de mezclado	10	12	Min
Revenimiento	15	19	Cm
Hora de mezclado	18:51	19:30	Hr.

De la primera bachada se obtuvo un muestreo de cinco cilindros de 10x20cm, en la segunda bachada se realizaron cinco cilindros de 10x20cm y tres cilindros de 15x30cm.

Descimbrado

La cimbra perimetral se retiró al día siguiente del colado, y se curó la losa saturando de agua. Mientras que los puntales que mantenían la contra flecha fueron

retirados a los trece días de haber sido colada la capa de compresión (30/09/19), al retirar los puntales se midieron las deflexiones obteniendo lo expuesto en la **Tabla 3-8**:

Tabla 3-8 Deflexiones medidas en tabletas 4m 3VC

	H-26.5	H-23.5	H-18.5
Deflexión	0mm	3mm	-3mm

Nota: los valores negativos son una contra flecha, los valores positivos una deflexión a partir de la horizontal.

3.3.2.- Construcción de losa de losa de 4m 2CV

Colado de tableta

El miércoles 11 de septiembre del 2019 se realizó el colado de 6 tabletas de 4m, con el siguiente refuerzo: dos varillas longitudinales y zigzag de ¼”, también lleva tela de acero desplegable en un costado de la probeta. Cabe mencionar que el acero utilizado es de alta resistencia ($f_y = 6900 \text{ kg/cm}^2$).

Para el colado de la tableta se realizó un diseño de mezcla por el método del ACI y se calculó un concreto de resistencia $f'_c 280\text{kg/cm}^2$; se realizaron dos bachadas con la dosificación), **Tabla 3-9** y características de la mezcla en fresco en **Tabla 3-10**.

Tabla 3-9 Proporcionamiento de tableta 4m 2CV

Proporcionamiento 132.5 litros:			
Ingredientes de la mezcla	Descripción	Cantidad	Unidades
Cemento:	CPC 40 RS	118	kg
Agregado 1:	Grava ½”	99	kg
Agregado 2	Arena triturada	98	kg
	Agua	14	s
Aditivo:	Fibra de polipropileno (4 kg/m^3)	400	gr

En la primera bachada se colaron 3 tabletas, 2 de peralte 26.5cm y una de 23.5cm, mientras que en la segunda bachada se colaron 2 tabletas de 18.5cm de peralte y una de 23.5cm.

Tabla 3-10 Características del mezclado de tableta 4m 2VC

	Bachada 1	Bachada 2	Unidades
Peso volumétrico	2052	1988	kg/m ³
Tiempo de mezclado	8	5	Min
Revenimiento	10.5	19	Cm
Hora de mezclado	14:29	15:39	Hr

De la primera bachada se obtuvo un muestreo de cinco cilindros de 10x20cm, en la segunda bachada se realizaron cinco cilindros de 10x20cm y tres cilindros de 15x30cm.

Colado de capa de compresión

El colado de la capa de compresión se realizó el día miércoles 18 de septiembre del año 2019. Se diseñó una dosificación por el método del ACI y se utiliza un concreto con un $f'c$ 250 kg/cm²; se realizaron dos bachadas con las dosificaciones mostradas en la **Tabla 3-11** y características del concreto fresco mostradas en la **Tabla 3-12**.

Tabla 3-11 Proporcionamiento para CC de tableta 4m 2CV

Contenido	Descripción	Cantidad 335 litros	Cantidad 168 litros	Unidades
Cemento:	CPC 40 RS	193	97	kg
Agregado 1:	Grava ½"	265	132	kg
Agregado 2	Arena triturada	267	126	kg
	Agua	30	15	s

En la primera bachada se colaron dos losas, una de peralte 18.5cm y otra de peralte 23.5cm, mientras que en la segunda bachada se coló una de 26.5cm de peralte.

Las losas se componen de tabletas y casetones de poliestireno, una capa de compresión de 5 cm de espesor, adicionando una contra flecha de 1.5cm al centro del claro, se colocaron dos nervios por temperatura a los tercios del claro, aproximadamente a 1.22m, los cuales consisten en dos varillas de acero corrugado de 1/2 pulgada, de una resistencia a la fluencia de 4200 kg/cm².

Tabla 3-12 Características del mezclado para CC de tableta 4m 2VC

	Bachada 1	Bachada 2	Unidades
Peso volumétrico	2119	2119	kg/m ³
Tiempo de mezclado	13	6	Min
Revenimiento	16.5	20	Cm
Hora de mezclado	16:01	16:57	Hr

De la primera bachada se obtuvo un muestreo de cinco cilindros de 10x20 cm, en la segunda bachada se realizaron cinco cilindros de 10x20 cm y tres cilindros de 15x30 cm.

Descimbrado

La cimbra perimetral se retiró al día siguiente del colado, y se curó la losa saturando de agua, mientras que los puntales que mantenían la contra flecha fueron retirados a los trece días de haber sido colada la capa de compresión (01/10/19), al retirar los puntales se midieron las deflexiones obteniendo lo siguiente: para la losa de peralte 26.5 cm presenta una deflexión de 3 mm, mientras que en la de 23.5cm se aprecia una deflexión de 10mm, por último, en la losa de peralte 18.5 se presentó una deflexión de 3mm, tal como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 3-13 Deflexiones medidas en tabletas 4m 2VC

	H-26.5	H-23.5	H-18.5
Deflexión	-3mm	-10mm	-3mm

Nota: los valores negativos son una contra flecha, los valores positivos una deflexión a partir de la horizontal.

3.3.1.- Construcción de losa de 3m 3CV

Colado de tableta

El lunes 9 de septiembre se realizó el colado de 6 losas de 3 m, con el siguiente refuerzo: una varilla longitudinal y zigzag de ¼ también lleva escalerilla compuesta por dos varillas longitudinales de calibre 8 y malla de acero desplegable en un costado de la probeta.

Para el colado de la losa se realizó una dosificación por el método del ACI y se calculó un concreto de resistencia $f'c$ 280 kg/cm². Para el colado de las probetas se

realizaron dos bachadas. El proporcionamiento para el colado de la tableta (elemento portante) se muestra en la **Tabla 3-14** y otras características en la **Tabla 3-15**.

Tabla 3-14 Proporcionamiento de tableta 3m 3CV

Proporcionamiento 113 litros:			
Ingredientes de la mezcla	Descripción	Cantidad	Unidades
Cemento:	CPC 40 RS	86	kg
Agregado 1:	Grava 1/2	80	kg
Agregado 2	Arena triturada	78	kg
	Agua	10	S
Aditivo:	Fibra de polipropileno (4 kg/m ³)	230	Gr

En la primer bachada se cuelan 3 losas, 2 de peralte 26.5cm y una de 23.5cm, mientras que en la segunda bachada se cuelan 2 de 18.5cm de peralte y una de 23.5cm.

Tabla 3-15 Características del mezclado de tableta 3m 3VC

	Bachada 1	Bachada 2	Unidades
Peso volumétrico	2013	2012	kg/m ³
Tiempo de mezclado	6	6	Min
Revenimiento	18	15	Cm
Hora de mezclado	11:00	14:30	Hr

De la primer bachada se realizaron cinco cilindros para muestreo de 10x20 cm, en la segunda se realizaron cinco cilindros de 10x20 cm y tres de 15X30 cm.

Colado de capa de compresión

El colado de la capa de compresión se realizó el día viernes 20 de septiembre del año 2019. Se diseño una dosificación por el método del ACI y se utilizó un concreto con un $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$. Para el colado se elabora un concreto con la dosificación mostrada en la **Tabla 3-16**, adicionalmente se presentan otras características del concreto fresco en la **Tabla 3-17**.

Tabla 3-16 Proporcionamiento para CC de tableta 3m 3CV

Contenido	Descripción	Cantidad 450 litros	Unidades
Cemento:	CPC 40 RS	237	kg
Agregado 1:	Grava ½”	325	kg
Agregado 2	Arena triturada	255	kg
	Agua	20	s

Las losas se componen de tabletas y casetones de poliestireno, se coló una capa de compresión de 5 cm de espesor, adicionando una contra flecha de 1.5 cm al centro del claro. Por otra parte, se colocó un nervio por temperatura al centro del claro, aproximadamente a 1.50 m, el cual consisten en dos varillas de acero corrugado de 1/2 pulgada, que resisten un esfuerzo a la fluencia de hasta 4200 kg/cm².

Tabla 3-17 Características del mezclado para CC de tableta 3m 3VC

	Bachada	Unidades
Peso volumétrico	2107	kg/m ³
Tiempo de mezclado	5	min
Revenimiento	18	cm
Hora de mezclado	14:55	hr

Se obtuvo un muestreo de cinco cilindros de 10x20 cm y tres cilindros de 15x30 cm.

Descimbrado

La cimbra perimetral se retiró al día siguiente del colado, y se curó la losa saturando de agua, mientras que los puntales que mantenían la contra flecha fueron retirados a los trece días de haber sido colada la capa de compresión (03/10/19), al retirar los puntales se midieron las deflexiones, obteniendo lo siguiente:

Tabla 3-18 Deflexiones medidas en tabletas 3m 3VC

Peralte	H-26.5	H-23.5	H-18.5
Deflexión	3mm	0mm	-5mm

Nota: los valores negativos son una contra flecha, los valores positivos una deflexión a partir de la horizontal.

3.3.2.- Construcción de losa de 3m 2CV

Colado de tableta

El viernes 6 de septiembre del 2019 se realizó el colado de 6 tabletas de 3 m, con el siguiente refuerzo: dos varillas longitudinales y zigzag de ¼”, también lleva malla de acero desplegable en un costado de la probeta. Cabe mencionar que el acero utilizado es de alta resistencia (f_y de 6000 kg/cm²).

Para el colado de la tableta se realizó una dosificación por el método del ACI y se calculó un concreto de resistencia f'_c 280 kg/cm². El colado de las probetas se realizó con la dosificación mostrada en la **Tabla 3-19** y otras características adicionales son presentadas en la **Tabla 3-20**.

Tabla 3-19 Proporcionamiento de tableta 3m 2CV

Proporcionamiento 225 litros:			
Ingredientes de la mezcla	Descripción	Cantidad	Unidades
Cemento:	CPC 40 RS	140	kg
Agregado 1:	Grava 1/2	148	kg
Agregado 2	Arena triturada	162	kg
	Agua	21	s
Aditivo:	Fibra de polipropileno (4 kg/m ³)	700	gr

Tabla 3-20 Características del mezclado de tableta 3m 2VC

	Bachada	Unidades
Peso volumétrico	2010	kg/m ³
Tiempo de mezclado	9	Min
Revenimiento	14.5	Cm
Hora de mezclado	15:13	Hr

Colado de capa de compresión

El colado de la capa de compresión se realizó el día jueves 19 de septiembre del año 2019. Se diseño una dosificación por el método del ACI y se utilizó un concreto con un $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$. Para el colado se realizaron dos bachadas con las dosificaciones presentadas en la **Tabla 3-21** y otras características del concreto fresco en la **Tabla 3-22**.

Tabla 3-21 Proporcionamiento para CC de tableta 3m 2CV

Contenido	Descripción	Cantidad 315 litros	Cantidad 135 litros	Unidades
Cemento:	CPC 40 RS	190	73	kg
Agregado 1:	Grava 1/2	249	95	kg
Agregado 2	Arena triturada	255	97	kg
	Agua	27	10	Seg

En la primer bachada se colaron dos losas, una de peralte 26.5cm y otra de peralte 23.5cm, mientras que en la segunda bachada se coló una de 18.5cm de peralte.

Las losas se componen de tabletas y casetones de poliestireno. Se coló una capa de compresión de 5 cm de espesor, adicionando una contra flecha de 1.5 cm al centro del claro, se colocó un nervio por temperatura al centro del claro, aproximadamente a 1.50 m, el cual consisten en dos varillas de acero corrugado de 1/2 pulgada, que resisten un esfuerzo a la fluencia de hasta 4200 kg/cm^2 .

Tabla 3-22 Características del mezclado para CC de tableta 3m 2VC

	Bachada 1	Bachada 2	Unidades
Peso volumétrico	2113	2093	kg/m^3
Tiempo de mezclado	7	7	min
Revenimiento	14	14	cm
Hora de mezclado	15:30	16:46	hr

De la primera bachada se realizaron cinco cilindros para muestreo de 10x20 cm, en la segunda se realizaron cinco cilindros de 10x20 cm y dos de 15X30 cm.

Descimbrado

La cimbra perimetral se retiró al día siguiente del colado, y se curó la losa saturando de agua, mientras que los puntales que mantenían la contra flecha fueron retirados a los trece días de haber sido colada la capa de compresión (02/10/19), al retirar los puntales se midieron las deflexiones obteniendo lo siguiente:

Tabla 3-23 Deflexiones medidas en tabletas 3m 2VC

Peralte	H-26.5	H-23.5	H-18.5
Deflexión	-8mm	-7mm	-3mm

Nota: los valores negativos son una contra flecha, los valores positivos una deflexión a partir de la horizontal.

El colado de las losas se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Estructuras de la empresa, en la **Figura 3-2** podemos apreciar el trabajo terminado para la losa L4 2CV de peralte de 26cm colocada en el área de colado ya desimbrada, posterior a esto, se dará paso a el transporte para su ensaye en el marco de losas ® de la empresa patrocinadora. Todas las losas fueron coladas con ganchos para izaje a cada cuarto de su claro.



Figura 3-2 Losas tipo LST invertida L4-2CV-H26

CAPÍTULO 4.- ENSAYES EXPERIMENTALES

4.1.- Capacidades del laboratorio

4.1.1.- Máquina de prueba

El marco de prueba de losa® está diseñado para efectuar pruebas a losas de diversas longitudes, desde 2 metros hasta 6 metros entre apoyos de borde, el proceso de prueba es mediante la aplicación de una Fuerza (carga) ejercida por medio de la presión de un gato hidráulico (o dos según el caso) accionados por una sola válvula direccional. Dicho marco es presentado en la **Figura 4-1** y la **Figura 4-2**.



Figura 4-1 Marco de losas vista frontal



Figura 4-2 Marco de losas vista lateral

Las presiones son verificadas en los manómetros de cada gato hidráulico, M1 para el gato 1, y M2 para el gato 2 (en caso de utilizar 2 gatos) ya sea en Bar o PSI y consultando la **Tabla 4-1** se puede realizar la conversión para obtener fuerzas que se están ejerciendo en el ensayo.

Tabla 4-1 Modelo De tablas

Base de cálculo de fuerza/presión			
BAR	PSI	Cilindro de compactación 1 (KG)	Cilindro de compactación 2 (KG)
		45.60377976	45.60377976
30	435.11	1368	1368
40	580.15	1824	1824
50	725.19	2280	2280
60	870.23	2736	2736
70	1015.27	3192	3192
80	1160.30	3648	3648
90	1305.34	4104	4104
100	1450.38	4560	4560
110	1595.42	5016	5016
120	1740.46	5472	5472
140	2030.53	6385	6385
150	2175.57	6841	6841
160	2320.61	7297	7297
140	2030.53	6385	6385
150	2175.57	6841	6841
160	2320.61	7297	7297
170	2465.65	7753	7753
180	2610.68	8209	8209
190	2755.72	8665	8665
200	2900.76	9121	9121
210	3045.80	9577	9577
220	3190.84	10033	10033

La presión hidráulica es generada por un agregado hidráulico, mostrado en la **Figura 4-3**, que se compone de: 1.-Tanque, 2.-Motor eléctrico, 3.-Bomba, 4.- Tolva de cople, 5.-Válvula de alivio, 6.- Manómetro, 7.- Filtro de retorno, 8.- Tapón de carga con filtro.

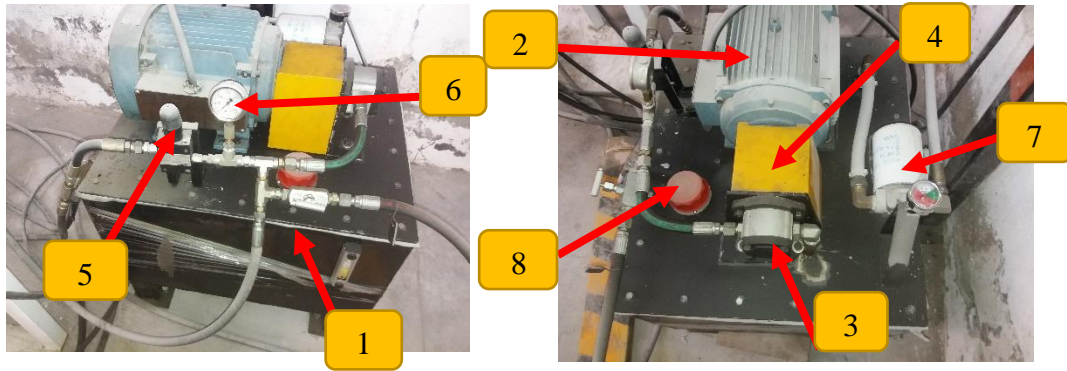


Figura 4-3 Agregado hidráulico

4.1.2.- Sistema de adquisición de datos

Para las presentes pruebas se utilizó el sistema de adquisición de datos METRONIC de manufactura nacional, propiedad de la FIBUAP, que consta de un datalogger con caja de switch incluida de 16 canales, con una celda de carga de 100 toneladas con sensibilidad de 1kg y 1 transductor de desplazamiento con sensibilidad de 1/100mm. Véase la siguiente **Figura 4-4** sobre este equipo.



Figura 4-4 Sistema de adquisición de datos METRONIC, transductor, celda de carga y datalogger respectivamente de izquierda a derecha

La máquina de prueba es útil para aplicar la carga al espécimen a ensayar mientras que el sistema de adquisición de datos es útil para registrar la carga y la deformación, de esta forma se puede contar con la información del comportamiento del elemento que se ensaya.

4.2.- Transporte de losas a marco de prueba

Las losas fueron coladas en la planta de la empresa, el primer lote se coló en el marco de prueba y los demás lotes se colaron sobre dos soportes distintos a un lado del marco de prueba (**Figura 3-2**).

Antes de mover de lugar las losas se midieron las fisuras que presentaban por peso propio (**Figura 4-5**), una vez que se fueron medidas se procedió a mover las losas, tratando de que no sufrieran más agrietamientos.

Para la colocación de las losas en el marco, primero, los apoyos de borde (vigas color amarillo) se tuvieron que mover como se muestra en la **Figura 4-6**.

Para moverlas de lugar, se transportaron con la ayuda del montacargas y una tarima de madera con dimensiones de 1x1.20m (**Figura 4-7**), un reporte fotográfico de este procedimiento es presentado con mayor detalle en el ANEXO 3.



Figura 4-5 Condiciones iniciales de L4-3CV-H18 (fisuras)

Al colocarlas en el marco, para poder aplicar una carga distribuida transversalmente al centro del claro, se quitaron todas las irregularidades en el concreto que presentaban principalmente en los apoyos debido a la irregularidad de la cimbra.

Las losas se alinearon, tratando de que el gato hidráulico quedara al centro de estas, se nivelaron con la ayuda de un nivel laser, para tener una mayor precisión y evitar que la carga aplicada genere una excentricidad, véase la **Figura 4-6**.



Figura 4-6 *Set up, colocación de probeta y dispositivo de prueba en las losas*



Figura 4-7 *Transporte con montacargas*

Para los ensayos de la losa se colocó una celda de carga debajo del adaptador del pistón del gato hidráulico, se colocó un perfil cuadrado de sección de 3"x3" para distribuir la carga en toda la sección transversal de la losa y un transductor de desplazamientos para registrar su deformación como se muestra en **Figura 4-6**. Así mismo, se colocaron tiras de neopreno debajo del perfil y en los apoyos de la losa, para distribuir uniformemente la carga por rugosidades presentes en el elemento. La colocación final de las losas para los ensayos se puede observar en la **Figura 4-8**, para los claros de 4 y 3 m.



Figura 4-8 Separación de apoyos para losas de 4m (izquierda), separación de apoyos para losas de 3m (derecha)

4.1.- Protocolo de ensaye

La carga de servicio mínima utilizada para el ensayo debe ser de 250 kg/cm², esta carga puede aumentarse a solicitud del fabricante. La carga se aplicó verticalmente como una carga puntual al centro del claro libre del elemento.

La longitud de la probeta debe ser mayor que 20 veces el peralte total de la losa de ensayo como lo especifica la norma vigente, las longitudes nominales fueron de 300cm y 400cm, con unas alturas de 18cm, 23cm y 25cm para cada una de las longitudes. Las probetas no cumplen con la longitud establecida por la norma ya que se hicieron a una longitud establecida por el estructurista, esto debido a que se tuvieron dos longitudes diferentes en las probetas a ensayar, lo cual fue una solicitud de la Empresa.

Se debe garantizar que la flecha cumpla con la deformación a largo plazo de $L/240 + 0.05\text{cm}$ medidas desde la horizontal cuando el sistema de losa no cargue elementos

susceptibles a agrietamiento, cuando se tienen muros o elementos de vidrio se debe tomar como límite de deformación $L/480 + 0.03\text{cm}$.

Antes y durante la etapa de carga que representa las condiciones de servicio, no se deben observar grietas o fisuras por flexión o cortante en el sistema. Se midieron las fisuras al llegar a una deformación de $L/300$ medido a la horizontal, después de las mediciones las losas se llevaron al colapso.

De esta forma, los 12 elementos estructurales tipo placa fueron ensayados en las instalaciones de la empresa, donde se llevó al colapso a todos ellos, tanto las fuerzas como los desplazamientos al centro del claro fueron registrados por el equipo de adquisición de datos mostrados en este capítulo, posteriormente los datos fueron convertidos a Excel, graficados y estudiados para evaluar su comportamiento en el siguiente capítulo, véase la **Figura 4-9** y **Figura 4-10**, del detalle de colapso de losas L4 tanto en condición de servicio como de colapso. En el Anexo 4 se presenta un reporte fotográfico de condiciones similares para varias losas.



Figura 4-9 Condición final de servicio de L4-2CV-H18



Figura 4-10 Condición final de colapso de L4-3CV-H3

CAPÍTULO 5.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1.- Concretos

La producción de la empresa lleva a cabo un estricto control de la calidad de sus concretos, en el proyecto de las losas invertidas de este estudio se llevaron a cabo el muestreo de todos los concretos en función de las bachadas que se producían, de esta manera, en la **Tabla 5-1** se presentan los resultados promedios de tres cilindros de concretos muestreados en la elaboración de cada bachada.

Los ensayos de los cilindros fueron realizados en las instalaciones de la empresa, en su propio laboratorio de materiales con una prensa marca eléctrica digital ELVEC de 50 toneladas y fueron realizadas bajo los lineamientos de las normas respectivas (NMX-C-083-ONNCCE, 2014).

En dicha tabla, el promedio de la resistencia para las losas 4m-3CV fue de 327 kg/cm², superior a los 280 kg/cm² planificados en el proyecto, y en lo referido a su capa de compresión de la losa como elemento su resistencia a la compresión fue de 320 kg/cm², de igual forma es superior a lo especificado en la planeación.

Para las losas 4m-2CV se obtuvieron resistencias en los elementos portantes de 291 kg/cm², y para su capa a compresión respectiva de 260 kg/cm², sensiblemente menor que a su homóloga 3CV, sin embargo, se consideran suficientemente resistentes para hacer la comparación de resultados.

En el caso de las losas 3m-3CV, el concreto de las viguetas prefabricadas o elementos portantes vuelve a ser superior a lo especificado en proyecto, siendo la resistencia real de estas de 315 kg/cm², y para la capa de compresión de 311 kg/cm².

Para el último caso de estudio, 3m-2CV, las resistencias encontradas fueron de 208 kg/cm², y de 306 kg/cm², a las cuales se les considera lo suficientemente aceptables para el ensaye.

En promedio global, los elementos portantes y la capa de compresión de todas las losas tienen una resistencia de prácticamente 300 kg/cm².

Tabla 5-1 Resumen de la resistencia de los concretos empleados

Losas	Fecha y elemento colado	Tableta		Capa de compresión	
		Clave	Resistencia (kg/cm ²)	Clave	Resistencia (kg/cm ²)
4m 3CV	10 de septiembre				
	Primera bachada se colaron 3 tabletas, 2 de peralte 26.5cm y 23.5cm.	L10091901TB	312.97		
	Segunda bachada se colaron 2 tabletas de 18.5 cm y una de 23.5cm de peralte.	L10091902TB	341.12		
	17 de septiembre				
	Primera bachada se colaron dos losas, una de peralte 26.5cm y 23.5cm.			L17091901CC	281.44
	Segunda bachada se coló una de 18.5cm.			L17091902CC	360.21
4m 2CV	11 de septiembre				
	Primera bachada se colaron 3 tabletas, 2 de peralte 26.5cm y 23.5cm.	L11091901TB	288.23		
	Segunda bachada se colaron 2 tabletas de 18.5cm.	L11091902TB	294.43		
	18 de septiembre				
	Primera bachada se colaron dos losas, una de peralte 18.5cm y 23.5cm.			L18091901CC	258.17
	Segunda bachada se coló una de 26.5cm.			L18091902CC	261.91
3m 3CV	9 de septiembre				
	Primer bachada se cuelan 3 losas, 2 de peralte 26.5cm y una de 23.5cm.	L09091901TB	309.12		
	Segunda bachada se cuelan 2 de 18.5cm de peralte y una de 23.5cm.	L09091902TB	322.82		
	20 de septiembre				
	Única bachada			L20091901CC	311.09
3m 2CV	6 de septiembre				
	Única bachada	L06091901TB	208.81		
	19 de septiembre				
	Primer bachada se colaron dos losas, una de peralte 26.5cm y 23.5cm.			L19091901CC	284.67
	Segunda bachada se coló una de 18.5cm.			L19091902CC	327.62
		Promedio =	297		298

Deflexiones a la manipulación de las probetas

En la **Tabla 5-2** se presentan las deflexiones a lo largo del experimento, es importante notar que se intentó dar una contraflecha de 1.5 cm a las losas de 4 m y de 1.0 cm a las losas de 3m, pero en esta última en algunos casos no fue posible debido a la rigidez de la tableta.

Tabla 5-2 Deflexiones y fisuras

No.		h (cm)	L (m)	Contraflecha al colado (cm)	Deflexión al descimbrado (cm)	Deflexión Producida por el transporte de la losa (cm)	Deflexión al ensaye (cm)	Fisura al ensaye (mm)	Deflexión Permisible	
									L/240 +0.5	L/480 +0.3
1	3VC	26	4	-1.5	0	0.00	0	0.1	0.52	0.31
2		23	4	-1.5	0.3	0.60	0.9	0.25	0.52	0.31
3		18	4	-1.5	-0.3	1.30	1	0.18	0.52	0.31
7	2VC	26	4	-1.00	-0.3	0.30	0	0.5	0.52	0.31
8		23	4	-1.00	-1	0.70	-0.3	0.6	0.52	0.31
9		18	4	-1.00	-0.3	0.80	0.5	0.6	0.52	0.31
4	3VC	26	3	-1.5	-0.8	1.00	0.2	0.25	0.51	0.31
5		23	3	-1.5	-0.7	1.20	0.5	0.25	0.51	0.31
6		18	3	-1.5	-0.3	0.55	0.25	0.35	0.51	0.31
10	2VC	26	3	-1.00	0.3	0.10	0.4	0.35	0.51	0.31
11		23	3	-1.00	0	0.00	0	0.25	0.51	0.31
12		18	3	-1.00	-0.5	0.40	-0.1	0.25	0.51	0.31

Posteriormente al descimbrado se produjeron deflexiones de casi el mismo valor de las contraflechas siendo en el mejor de los casos sólo se perdieron la mitad de las contraflechas dadas.

Una vez transportadas al marco de carga las losas sufrieron deflexiones adicionales debido a su peso propio, debido a esto, se produjeron más deflexiones totales entre 1.5 y 2.5cm para el caso de las losas de 4m y entre 1.0 y 1.5cm en las losas de 3m.

En las siguientes figuras se presenta el comportamiento carga-desplazamiento en el centro del claro para los 12 especímenes ensayados. Los valores de carga mostrados corresponden a la carga medida en el centro del claro como la carga total transmitida a la losa.

El valor de aceptación del comportamiento a base al ancho de las fisuras es de 0.41mm acorde a lo estipulado en el ACI (318, 2019).

En base a las cargas medidas en el desplazamiento al límite de servicio ($L/240$) se determinaron las cargas vivas de servicio y las cargas vivas máximas experimentales que puede resistir el espécimen, posteriormente se calculan factores de seguridad en base a la carga viva de servicio dividida entre la experimental y factores de seguridad para el caso de la carga viva máxima.

5.2.- Comportamiento estructural de losas 4m-3VC

En la **Figura 5-1** se presentan los resultados del experimento para las losas de 4m para el caso de armado de tres varillas corridas y los respectivos peraltes de 26.5, 23.5 y 18.5cm, de dicha relación (carga-desplazamiento) de puede destacar los siguientes puntos:

- La rigidez es proporcionalmente directa al incremento del peralte, de igual manera la resistencia última se incrementa, pero la ductilidad es inversamente proporcional.
- Las resistencias máximas tienen valores de seguridad con respecto a la carga viva de servicio de 3.7, 3.4 y 2.8 respectivamente, se considera del lado de la seguridad.
- Las resistencias máximas tienen valores de seguridad con respecto a la carga viva de máxima de 2.8, 2.5 y 2.1 respectivamente, se considera del lado de la seguridad, excepto peralte de 18cm, el cual es no conservador.
- Los anchos de fisuras para estas losas fueron de 0.1, 0.25 y 0.18mm respectivamente a cada peralte al inicio de la prueba y de 0.34, 0.42 y 0.32, lo que las ubica en el límite de ser aceptable.

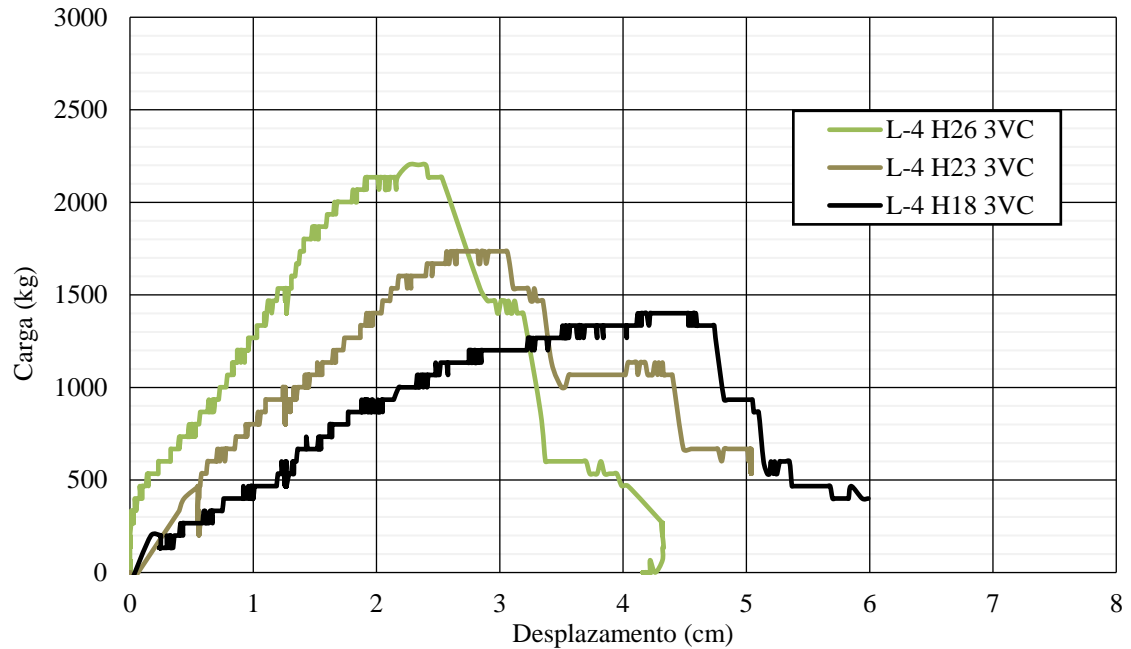


Figura 5-1 Relación Carga-Desplazamiento para 4m-3VC

5.3.- Comportamiento estructural de losas 4m-2VC

En la **Figura 5-2** se presentan los datos para las losas de 4 m para el caso de armado de dos varillas corridas y los respectivos peraltes de 26.5 y 23.5cm, de dicha relación de puede destacar los siguientes puntos:

- La rigidez es sensiblemente igual en cualquier peralte, de igual manera la resistencia última, pero la ductilidad es inversamente proporcional al incremento del peralte.
- Las resistencias máximas tienen valores de seguridad con respecto a la carga viva de servicio de 3.6, 3.3 y 2.7 respectivamente, se considera del lado de la seguridad.
- Las resistencias máximas tienen valores de seguridad con respecto a la carga viva de máxima de 2.7, 2.4 y 1.9 respectivamente, se considera del lado de la seguridad, excepto peralte de 18cm, el cual es no conservador.
- Los anchos de fisuras para estas losas fueron de 0.5, 0.6 y 0.5 respectivamente a cada peralte, lo que las ubica fuera del ser un comportamiento aceptable.

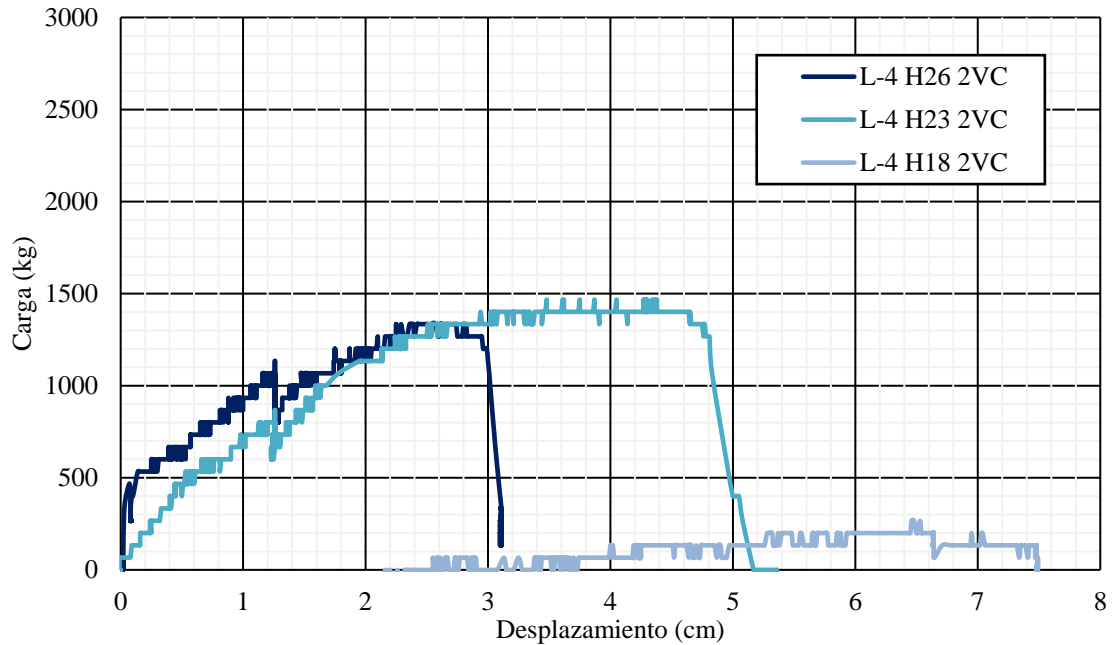


Figura 5-2 Relación Carga-Desplazamiento para 4m-2VC

5.4.- Comportamiento estructural de losas 3m-3VC

En la **Figura 5-3** se presentan los datos para las losas de 3m para el caso de armado de tres varillas corridas y los respectivos peraltes de 26.5, 23.5 y 18.5 cm, de su relación carga-desplazamiento se puede destacar los siguientes puntos:

- La rigidez es proporcionalmente directa al incremento del peralte, de igual manera la resistencia última se incrementa, pero la ductilidad es inversamente proporcional.
- Las resistencias máximas tienen valores de seguridad con respecto a la carga viva de servicio de 6.7, 6.1 y 5.0 respectivamente, se considera del lado de la seguridad.
- Las resistencias máximas tienen valores de seguridad con respecto a la carga viva de máxima de 5.0, 4.5 y 3.6 respectivamente, se considera del lado de la seguridad, excepto peralte de 18cm, el cual es no conservador.
- Los anchos de fisuras para estas losas fueron de 0.25, 0.25 y 0.35 respectivamente a cada peralte al inicio de la prueba y de 0.42, .46 y 0.48 posterior a esta, lo que se puede considerar inaceptable.

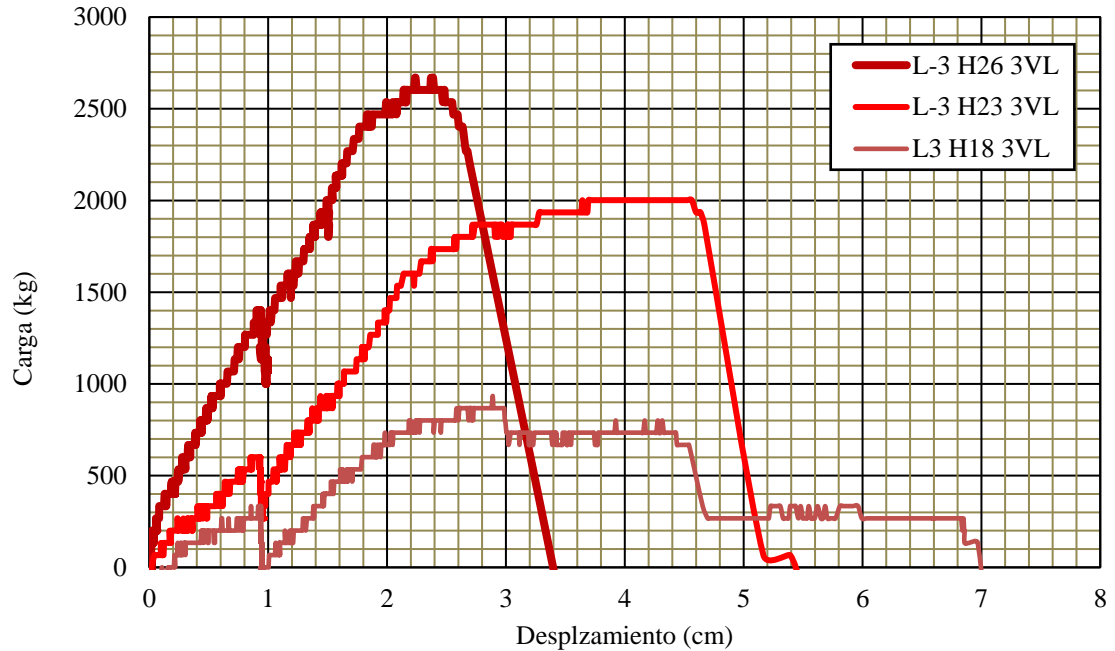


Figura 5-3 Relación Carga-Desplazamiento para 3m-3VC

5.5.- Comportamiento estructural de losas 3m-2VC

En la **Figura 5-4** se presentan los datos para las losas de 3m para el caso de armado de dos varillas corridas y los respectivos peraltes de 26.5, 23.5 y 18.5cm, de dicha relación de puede destacar los siguientes puntos:

- La rigidez es sensiblemente igual entre el peralte de 23.5 y 18.5 además de que no es significativamente diferente a peralte 26.5, de igual manera la resistencia última incrementa proporcional al peralte, pero no significativamente como para considerarla un parámetro dominante en el comportamiento. En este caso, la ductilidad es inversamente proporcional al incremento del peralte.
- Las resistencias máximas tienen valores de seguridad con respecto a la carga viva de servicio de 6.4, 5.8 y 4.8 respectivamente, se considera del lado de la seguridad.
- Las resistencias máximas tienen valores de seguridad con respecto a la carga viva de máxima de 4.7, 4.3 y 3.5 respectivamente, se considera del lado de la seguridad.

- Los anchos de fisuras para estas losas fueron de 0.35, 0.25 y 0.25 respectivamente a cada peralte al inicio de la prueba y de 0.81, 0.46 y 0.54, lo que se puede considerar inaceptable.

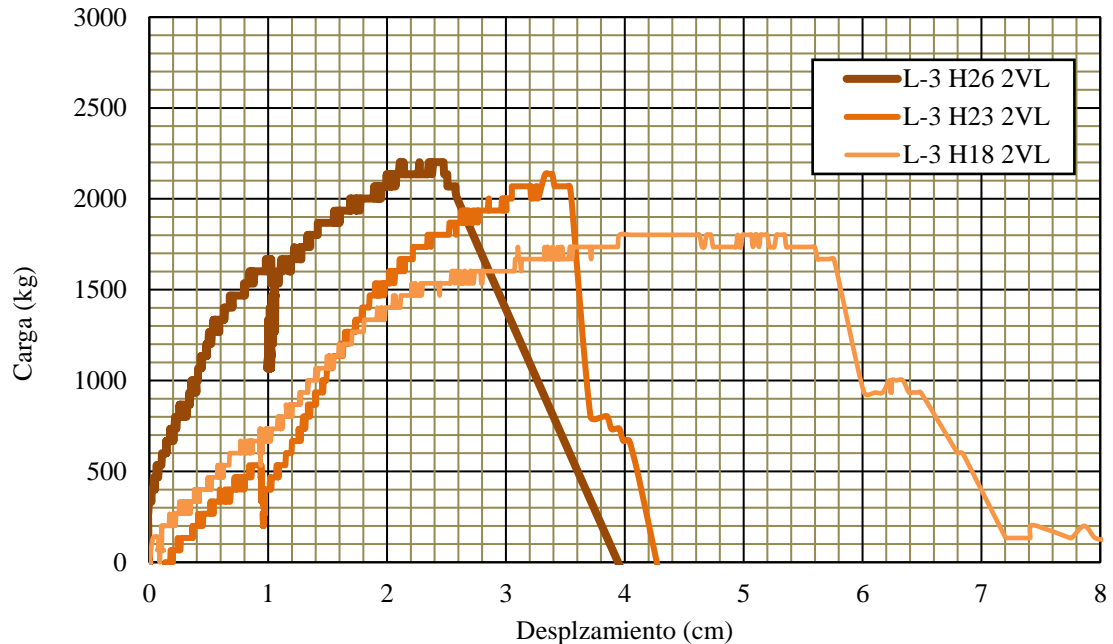


Figura 5-4 Relación Carga-Desplazamiento para 3m-2VC

5.6.- Evaluación del comportamiento estructural de losas

En la **Tabla 5-3** se presenta un resumen iconográfico de los resultados de todas las losas, además de las posibles soluciones que podrían darse al problema que existió en cada caso.

- Todas las losas cumplen por resistencia excepto para las de menor peralte con el mayor claro y en el porcentaje más bajo de refuerzo longitudinal.
- Las losas de menor porcentaje de refuerzo longitudinal tienen mejor ductilidad.
- Las losas cumplen con las deflexiones permisibles si se las proporciona la contraflecha indicada, excepto para las losas de peralte de 18.5cm las cuales necesitan mayor refuerzo longitudinal.
- Para controlar las deflexiones excesivas se recomienda incrementar el peralte y el acero en compresión (lecho superior).

- El control de fisuras es el mayor problema en estas losas, el porcentaje bajo de refuerzo longitudinal no cumplen con este índice, en este caso se recomienda una mayor cantidad de fibras.
- De las losas con más bajo porcentaje de refuerzo longitudinal solo cumple aceptablemente la losa de claro corto y mayor peralte (L4m 2VC H26).
- El control de fisuras se puede hacer incrementando uno o más de los siguientes parámetros: acero longitudinal, adición de fibras, espesor del patín de la tableta (elemento portante).

Tabla 5-3 Resumen de la evaluación del comportamiento estructural

No.		Peralte (cm)	Claro (m)	Resistencia	Deflexiones	Fisuras	Comentarios		
							Resistencia	Deflexiones	Fisuras
1	3VC	26	4	✓	✓	✓			
2		23	4	✓	✓	X		Requiere más acero en compresión	Puede ser corregido con fibras o más acero longitudinal
3		18	4	✓	X	✓			Puede ser corregida con mas acero longitudinal
7	2VC	26	4	✓	✓	X		No se recomienda su uso	No se recomienda su uso
8		23	4	✓	✓	X		No se recomienda su uso	No se recomienda su uso
9		18	4	X	X	X	Requiere más acero longitudinal	No se recomienda su uso	No se recomienda su uso
4	3VC	26	3	✓	✓	✓		Requiere más acero en compresión	Puede ser corregida con mas acero longitudinal
5		23	3	✓	✓	X		Requiere más acero en compresión	
6		18	3	✓	X	X	Requiere más acero longitudinal	No se recomienda su uso	No se recomienda su uso
10	2VC	26	3	✓	✓	X		Requiere más acero en compresión	No se recomienda su uso
11		23	3	✓	X	X		Requiere más acero en compresión	Puede ser corregida con mas acero longitudinal
12		18	3	✓	X	X		Requiere más acero en compresión	Puede ser corregida con mas acero longitudinal

CONCLUSIONES

En esta investigación se ensayaron 12 losas de concreto armado, conformadas cada una por dos viguetas, tres bovedillas de poliestireno expandido y capa de compresión, se trata de una vigueta tipo T invertida armada con una combinación de 2 o 3 varillas de alta resistencia como refuerzo longitudinal a flexión, en dos claros diferentes, de 3 y 4m de longitud.

Los ensayos se llevaron a cabo en las instalaciones y personal de la empresa patrocinadora con equipo y personal de la Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, los ensayos se realizaron conforme a las normativas y recomendaciones del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación y el American Concrete Institute.

Las conclusiones generales del comportamiento de las losas son que todas las losas cumplen por resistencia excepto para las de menor peralte con el mayor claro y en el porcentaje más bajo de refuerzo longitudinal, que las losas de menor porcentaje de refuerzo longitudinal tienen mejor ductilidad, que las losas cumplen con las deflexiones permisibles si se las proporciona la contraflecha indicada, excepto para las losas de peralte de 18.5cm, que el control de fisuras es el mayor problema en estas losas, el porcentaje bajo de refuerzo longitudinal no cumplen con este índice y que las losas con más bajo porcentaje de refuerzo longitudinal solo cumple aceptablemente la losa de claro corto y mayor peralte (L4m 2VC H26).

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se pueden emitir a este estudio son las siguientes:

- Las losas de peralte de 18.5cm las cuales necesitan mayor refuerzo longitudinal para que cumplan con las deflexiones permisibles.
- El control de fisuras se puede hacer incrementando uno o más de los siguientes parámetros: acero longitudinal, adición de fibras, espesor del patín de la tableta (elemento portante).
- Para controlar las deflexiones excesivas se recomienda incrementar el peralte y el acero en compresión (lecho superior).
- Realizar mayor numero de estudios controlando los parámetros de contraflecha y peralte.

BIBLIOGRAFÍA

- 083-ONNCCE. (2014). *Determinación de la Resistencia a la Compresión de Especímenes* . México: ONNCCE.
- 161-ONNCCE. (2016). *Concreto - Elaboración y Curado de Especímenes de Ensayo*. Mexico: ONNCCE .
- 318, ACI. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete*. USA: ACI.
- Animal, P. D. (2011). *Manual para la elaboración de tesis de grado y de artículos científicos en las ciencias de la producción y de la salud animal*. Ciudad de México: UNAM.
- Barona Díaz, E. (2007). *Metodología para una investigación- Protocolo*. Puebla: FIBUAP.
- Ching, F. D. (2014). *Building construction illustrated*. . John Wiley & Sons.
- Contreras, S. (2015). *Protocolo de tesis*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería. Puebla: FIBUAP.
- Hidalgo Toxqui, J. P. (2018). *Clasificación de las mamposterías de junta fría*. Puebla: FIBUAP.
- 083-ONNCCE. (2014). *Determinación de la Resistencia a la Compresión de Especímenes*. Mexico.
- 406-ONNCCE. (2014). *Componentes para sistemas de losas prefabricadas*. México: ONNCCE.
- Pauly, R. P. (1988). *Estructuras de Concreto Reforzado*. México, D.F., México: Limusa.
- Villegas, Ó. M. (2005). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado* . México, D.F, México: Limusa.
- Viladoms, J. J. (2005). *Análisis de las propiedades de los materiales compuestos sometidos a tensión ó flexión* [Tesis de licenciatura]. UDLAP.
- Hidalgo Toxqui, J. P. (2019). *Reporte Técnico Qualyt-Home Comportamiento Estructural de Losas* . Puebla: FIBUAP.

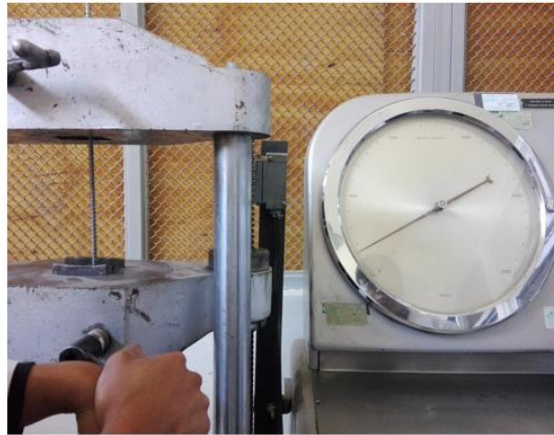
ANEXO 1.- REPORTES DE LABORATORIO DE LOS MATERIALES



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO INTEGRAL

FORMATO N°5

PRUEBAS DE VARILLAS DE ACERO DE REFUERZO					
MUESTRA:			EXPEDIENTE N°: 1		
PROCEDENCIA: LOS MOLINOS			FECHA RECIBO: 10/10/2019		
LOCALIZACIÓN:			FECHA DE ENSAYE: 14/10/2019		
ENVIADA POR: INNOVA DESARROLLADOR					
MARCA: NO ESPECIFICADO					
ENSAYE No	#1	#2	#3		
IDENTIFICACIÓN					
DIÁMETRO NOMINAL (pulgadas)	0.25	0.25	0.25		
DIÁMETRO EFECTIVO (mm)	6.0	6.0	6.0		
ÁREA NOMINAL cm ²	0.317	0.317	0.317		
ÁREA EFECTIVA cm ²	0.283	0.283	0.283		
LONGITUD DE LA MUESTRA (m)	0.53	0.53	0.54		
PESO MUESTRA (gr)	130	130	130		
PESO POR UNIDAD LONGITUD (kg/m)	0.245	0.245	0.241		
PRUEBA DE TENSIÓN					
CARGA EN EL LÍMITE ELÁSTICO kg	2000	2000	2000		
CARGA MÁXIMA	2250	2350	2150		
LÍMITE ELÁSTICO kg/cm ²	7073.55	7073.55	7073.55		
ESFUERZO MÁXIMO kg/cm ²	7957.75	8311.42	7604.07		
LONGITUD BASE (cm)	20	20	20		
LONG. ALARGAMIENTO EN LONG. BASE (cm)	21.3	21	21.4		
% ALARGAMIENTO EN LONG. BASE	6.5	5	7		
LÍMITE ELÁSTICO MÍNIMO kg/cm ²					
TENSIÓN MÁXIMA MÍNIMA kg/cm ²					
PORCENTAJE OBTENIDO L.E. (%)					
PORCENTAJE OBTENIDO T.Máx. (%)					
PRUEBA DE CORRUGACIÓN					
SEPARACIÓN ENTRE CORRUG. (cm)					
ALTURA CORRUGACIONES mm.					
INCLINACIÓN CORRUGACIONES					
ANCHO DE COSTILLAS mm.					
OBSERVACIONES:					
ESFUERZO PROMEDIO kg/cm ²	7958	PESO PROMEDIO =		0.24	
ALARGAMIENTO PROMEDIO (cm)	6.2				
LABORATORISTAS Juan Pablo Hidalgo Toxqui			JEFE DE LABORATORIO Ing. Eduardo García Zenteno		





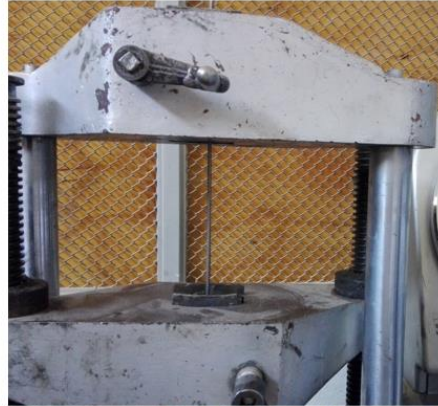
BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO INTEGRAL

FORMATO N°5

PRUEBAS DE VARILLAS DE ACERO DE REFUERZO					
MUESTRA:			EXPEDIENTE N°: 1		
PROCEDENCIA: LOS MOLINOS			FECHA RECIBO: 10/10/2019		
LOCALIZACIÓN:			FECHA DE ENSAYE: 14/10/2019		
ENVIADA POR:					
MARCA					
ENSAYE No	#1	#2	#3		
IDENTIFICACIÓN					
DIÁMETRO NOMINAL (pulgadas)	0.1875	0.1875	0.1875		
DIÁMETRO EFCTIVO (mm)	4.8	4.8	4.8		
ÁREA NOMINAL cm ²	0.178	0.178	0.178		
ÁREA EFECTIVA cm ²	0.181	0.181	0.181		
LONGITUD MUESTRA (m)	0.65	0.65	0.65		
PESO MUESTRA (gr)	90	90	95		
PESO POR UNIDAD LONGITUD (kg/m)	0.138	0.138	0.146		
PRUEBA DE TENSIÓN					
CARGA EN EL LÍMITE ELÁSTICO Kg	0	0	0		
CARGA MÁXIMA	1200	1300	1250		
LÍMITE ELÁSTICO kg/cm ²	0	0	0		
ESFUERZO MÁXIMO kg/cm ²	6631.456	7184.077	6907.767		
LONGITUD BASE (cm)	20	20	20		
LONG. ALARGAMIENTO EN LONG. BASE (cm)	21.3	21.3	21.3		
% ALARGAMIENTO EN LONG. BASE	6.5	6.5	6.5		
LÍMITE ELÁSTICO MÍNIMO kg/cm ²					
TENSIÓN MÁXIMA MÍNIMA kg/cm ²					
PORCENTAJE OBTENIDO L.E. (%)					
PORCENTAJE OBTENIDO T.Máx. (%)					
PRUEBA DE CORRUGACIÓN					
SEPARACIÓN ENTRE CORRUG. (cm)					
ALTURA CORRUGACIONES mm.					
INCLINACIÓN CORRUGACIONES					
ANCHO DE COSTILLAS mm.					
OBSERVACIONES:					
ESFUERZO PROMEDIO kg/cm ²	6907.767				
ALARGAMIENTO PROMEDIO (cm)	6.5				
LABORATORISTAS Juan Pablo Hidalgo Toxqui			JEFE DE LABORATORIO Ing. Eduardo Garcia Zenteno		



Ensayo de varilla #1



Ensayo de varilla #2



Ensayo de varilla #3

INFORME DE PRUEBAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Fecha de reporte: 2 de septiembre de 2019

Procedencia: Mina San Pablo

Material: Arena

Densidad	
$\text{Densidad} = \frac{AS}{Vf \cdot (K \cdot F - AS)} = \frac{200}{450 - (952 - 386 - 200)} = 2.38$	

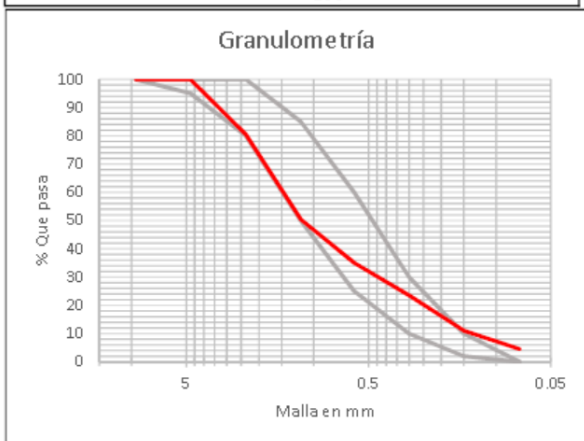
Absorción	
$\text{Absorción} = \frac{(As - Ps)}{Ps} = \frac{200 - 194}{194} = 3.09\%$	

Granulometría					
Malla		Peso Ret.	Peso Ret.	Peso Ret.	Pasa
#	mm	g	%	%	%
3/8	9.5	0	0	0	100
Nº4	4.750	0	0	0	100
Nº8	2.360	39	19.5	19.5	80.5
Nº16	1.180	60	30	49.5	50.5
Nº30	0.600	31	15.5	65	35
Nº50	0.300	23	11.5	76.5	23.5
Nº100	0.150	25	12.5	89	11
Nº200	0.074	13	6.5	95.5	4.5
Pasa 200		9	4.5	100	0
Total		200	100		

Peso Volumétrico Seco Suelto (PVSS)	
$\text{PVSS} = \frac{Pm}{Vm} \times 1000$	
$Vm = 5000 \text{ cm}^3$	
$Pm_1 = 6326 \text{ gr} \quad Pm_2 = 6325 \text{ gr} \quad Pm_3 = 6328 \text{ gr}$	
$\text{PVSS}_1 = 1265 \quad \text{PVSS}_2 = 1265 \quad \text{PVSS}_3 = 1265.6$	
$\text{PVSS} = 1265.27 \text{ kg/m}^3$	

Peso Volumétrico Seco Compacto (PVSC)	
$\text{PVSC} = \frac{Pm}{Vm} \times 1000$	
$Vm = 5000 \text{ cm}^3$	
$Pm_1 = 7092 \text{ gr} \quad Pm_2 = 7100 \text{ gr} \quad Pm_3 = 7118 \text{ gr}$	
$\text{PVSC}_1 = 1418 \quad \text{PVSC}_2 = 1420 \quad \text{PVSC}_3 = 1423.6$	
$\text{PVSC} = 1420.67 \text{ kg/m}^3$	

$\text{Módulo de finura} = \frac{\sum (N^\circ 8 \text{ a } N^\circ 100)}{100} = 3.00$	
--	--



Propiedades físicas		
Característica	Valor	Unidad
Densidad	2.38	
Absorción	3.09	%
PVSS	1265.27	kg/m ³
PVSC	1420.67	kg/m ³
Módulo de finura	3.00	%

Observaciones

Definiciones: AS=Peso de arena saturada superficialmente seca (g), Vf= volumen de frasco o peso del agua(g), K= peso del agua mas agregado y el frasco (g), F= peso del frasco vacío (g), Ps= peso de la arena seca, Pm= peso del material contenido en el recipiente, Vm= volumen del recipiente.

INFORME DE PRUEBAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Fecha de reporte: 02 de septiembre de 2019

Procedencia: Mina San Pablo

Material: Grava triturada

Densidad			
Densidad=	$\frac{P_s}{V_d \cdot \rho_o}$	$= \frac{199}{86 \cdot 1}$	= 2.31

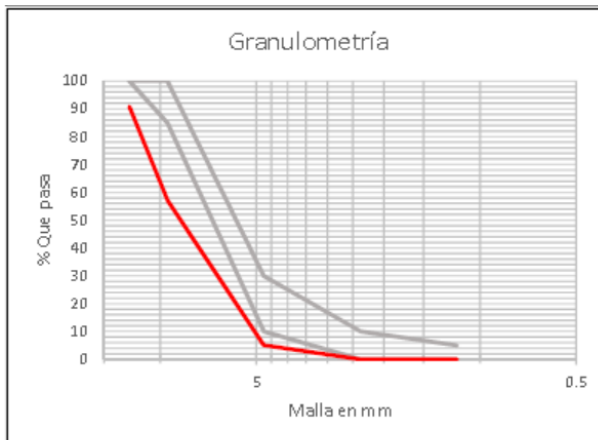
Absorción			
Absorción=	$\frac{(P_h - P_s)}{P_s}$	$= \frac{525 - 497}{497}$	= 5.6 %

Granulometría						
Malla		Peso Ret.	Peso Ret.	Peso Ret.	Pasa	
#	mm	g	%	Acum.	%	%
1/2	9.5	642	9.17	9.17	90.83	
3/8	4.750	2347	33.53	42.70	57.30	
N° 4	2.360	3656	52.23	94.93	5.07	
Pasa 16		355	5.07	100.00	0	
Total		7000	100			

Módulo de finura	=	$\frac{\sum (N^{\circ}8 \text{ a } N^{\circ}100)}{100}$	= 5.52
------------------	---	---	--------

Peso Volumétrico Seco Suelto (PVSS)			
PVSS=	$\frac{P_m}{V_m}$	$\times 1000$	
P _{m1} =	0 gr	P _{m2} = 5000 cm ³	
P _{m3} =	0 gr		
PVSS ₁ =	0	PVSS ₂ = 0	
PVSS ₃ =	0		
PVSS=	0.00		kg/m ³

Peso Volumétrico Seco Compacto (PVSC)			
PVSC=	$\frac{P_m}{V_m}$	$\times 1000$	
P _{m1} =	6590 gr	P _{m2} = 5000 cm ³	
P _{m3} =	6588 gr		
PVSC ₁ =	1318	PVSC ₂ = 1318	
PVSC ₃ =	1318.4		
PVSC=	1318.00		kg/m ³

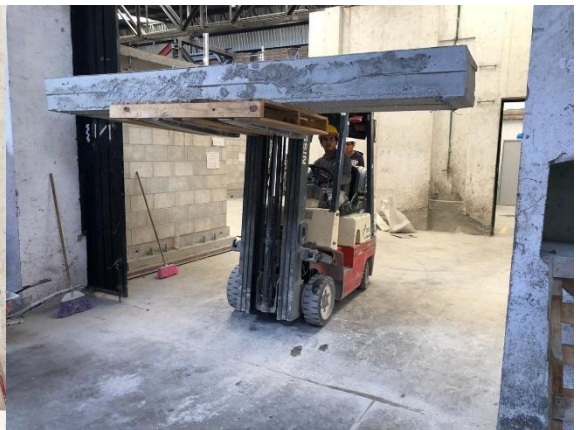


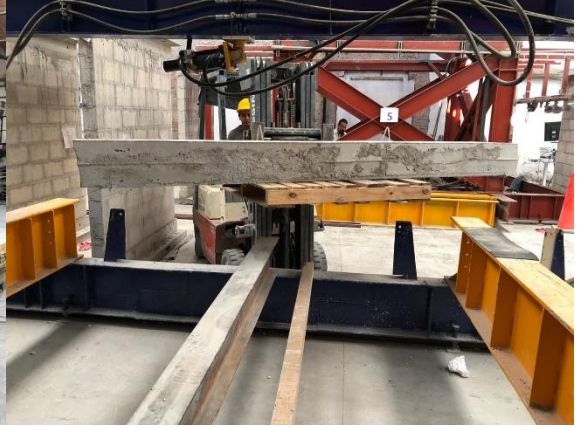
Propiedades físicas		
Característica	Valor	Unidad
Densidad	2.31	
Absorción	FALSO	%
PVSS	0.00	kg/m ³
PVSC	1318.00	kg/m ³
Módulo de finura	5.52	%

Observaciones




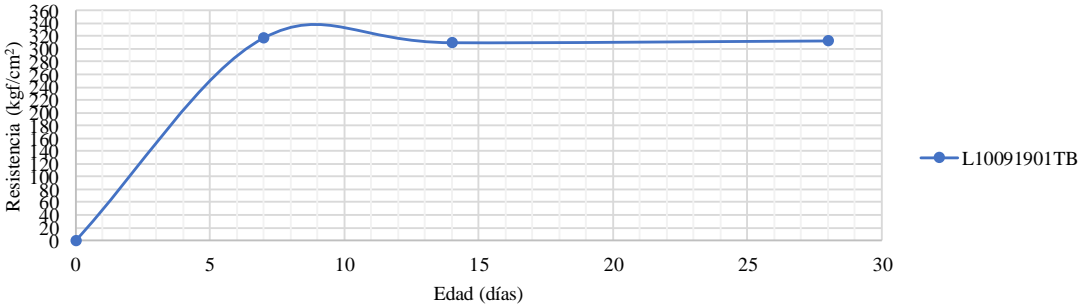
Definiciones: P_s= peso del material seco (g), V_d= volumen desalojado (cm³), ρ_o= peso específico del agua (1 g/cm³), P_h= peso del material húmedo o saturado superficialmente seco (g), P_m= peso del material contenido en el recipiente, V_m= volumen del recipiente.

ANEXO 2.- REPORTE FOTOGRÁFICO DEL TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE LOSAS EN EL MARCO DE CARGA®


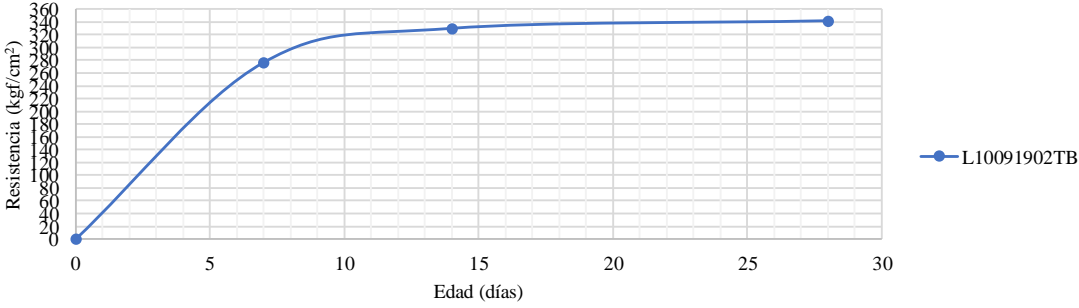







ANEXO 3.- REPORTES DE LABORATORIO DEL CONCRETO

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO							
Elemento: B: Block L: Losa P: Pretensado PE: Piezas Especiales	Día	Mes	Año	Hora:	Bachada:	Otros	
<i>L</i>	<i>10</i>	<i>09</i>	<i>19</i>	<i>15:02</i>	<i>01</i>	<i>5B</i>	
Clave:	L10091901TB						
Edad:	<i>7 días</i>		<i>14 días</i>		<i>28 días</i>		
Fecha y hora del ensaye:	<i>17/09/2019 10:46</i>		<i>24/09/2019 10:05</i>		<i>08/10/2019 11:08</i>		
Masa:	<i>3.337 kgf</i>		<i>3.192 kgf</i>		<i>3.204 kgf</i>		
Diámetro 1:	<i>9.96 cm</i>		<i>9.88 cm</i>		<i>9.99 cm</i>		
Diámetro 2:	<i>9.98 cm</i>		<i>9.9 cm</i>		<i>10.01 cm</i>		
Diámetro 3:	<i>9.99 cm</i>		<i>9.9 cm</i>		<i>10.03 cm</i>		
Altura 1:	<i>20.02 cm</i>		<i>19.86 cm</i>		<i>20 cm</i>		
Altura 2:	<i>20.03 cm</i>		<i>19.9 cm</i>		<i>19.99 cm</i>		
Altura 3:	<i>20.01 cm</i>		<i>19.86 cm</i>		<i>19.97 cm</i>		
Carga Máxima:	<i>24815 kgf</i>		<i>23846 kgf</i>		<i>24630 kgf</i>		
	243.36 kN		233.86 kN		241.55 kN		
Diámetro Nominal:	9.98 cm		9.89 cm		10.01 cm		
Altura Nominal:	20.02 cm		19.87 cm		19.99 cm		
Área:	78.17 cm ²		76.87 cm ²		78.70 cm ²		
Volumen:	1565.04 cm ³		1527.73 cm ³		1572.89 cm ³		
Peso volumétrico:	2.13 T/m ³		2.09 T/m ³		2.04 T/m ³		
Rel. Altura/Diámetro:	2.01		2.01		2.00		
Factor de corrección por esb.	1.000		1.000		1.000		
Proporciónamiento 137 litros	Cemento (kg)	Grava (kg)	Tepetzil F (kg)	Arena (kg)	Agua (seg)	Agua (Its)	Aditivo
	<i>118</i>	<i>N/A</i>	<i>N/A</i>	<i>102</i>	<i>12</i>	<i>46.8</i>	<i>550</i>
Revenimiento:	<i>10.0 CM</i>						
Descripción de falla:							
	Defectos Observados:						
	Resistencia:	317.4 kgf/cm ²		310.2 kgf/cm ²		313.0 kgf/cm ²	
	31.13 MPa		30.42 MPa		30.69 MPa		
Comportamiento de la Resistencia con la edad							
							

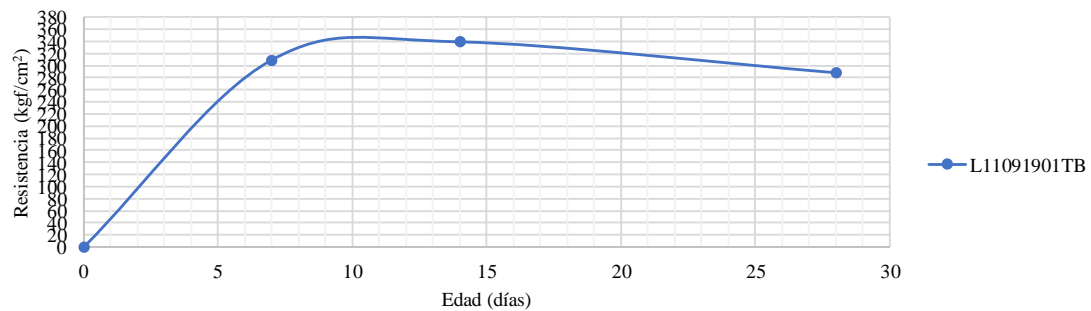
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

Elemento: B: Block L: Losa P: Pretensado PE: Piezas Especiales	Día	Mes	Año	Hora:	Bachada:	Otros										
<i>ℓ</i>	<i>10</i>	<i>09</i>	<i>19</i>	<i>16:34</i>	<i>02</i>	<i>5B</i>										
Clave:	L10091902TB															
Edad:	<i>7 días</i>	<i>14 días</i>	<i>28 días</i>													
Fecha y hora del ensaye:	<i>17 08 2019 10:53</i>		<i>24 09 2019 10:11</i>		<i>08 10 2019 15:24</i>											
Masa:	<i>3.193 kgf</i>	<i>3.334 kgf</i>	<i>3.358 kgf</i>													
Diámetro 1:	<i>9.99 cm</i>	<i>9.92 cm</i>	<i>9.99 cm</i>													
Diámetro 2:	<i>10 cm</i>	<i>9.94 cm</i>	<i>10.01 cm</i>													
Diámetro 3:	<i>9.99 cm</i>	<i>9.93 cm</i>	<i>10.01 cm</i>													
Altura 1:	<i>20.01 cm</i>	<i>19.99 cm</i>	<i>20.1 cm</i>													
Altura 2:	<i>20 cm</i>	<i>19.82 cm</i>	<i>20.04 cm</i>													
Altura 3:	<i>20.02 cm</i>	<i>19.83 cm</i>	<i>20.05 cm</i>													
Carga Máxima:	<i>21637 kgf</i>	<i>25499 kgf</i>	<i>26809 kgf</i>													
	212.19 kN	250.07 kN	262.92 kN													
Diámetro Nominal:	9.99 cm	9.93 cm	10.00 cm													
Altura Nominal:	20.01 cm	19.88 cm	20.06 cm													
Área:	78.44 cm ²	77.44 cm ²	78.59 cm ²													
Volumen:	1569.49 cm ³	1539.59 cm ³	1576.82 cm ³													
Peso volumétrico:	2.03 T/m ³	2.17 T/m ³	2.13 T/m ³													
Rel. Altura/Diámetro:	2.00	2.00	2.01													
Factor de corrección por esb.	1.000		1.000		1.000											
Proporciónamiento 137.5 litros	Cemento (kg)	Grava (kg)	Tepetzil F (kg)	Arena (kg)	Agua (seg)	Agua (lts)	Aditivo									
	<i>118</i>	<i>N/A</i>	<i>N/A</i>	<i>102</i>	<i>12</i>	<i>46.8</i>	<i>550</i>									
Revenimiento:	<i>15.0 c.m</i>															
Descripción de falla:																
	Defectos Observados:															
	Resistencia:	275.9 kgf/cm ² 27.05 MPa	329.3 kgf/cm ² 32.29 MPa	341.1 kgf/cm ² 33.45 MPa												
<p>Comportamiento de la Resistencia con la edad</p>  <table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; border-collapse: collapse;"> <caption>Data points for the Resistance vs. Age graph</caption> <thead> <tr> <th>Edad (días)</th> <th>Resistencia (kgf/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>275.9</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>329.3</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>341.1</td> </tr> </tbody> </table>							Edad (días)	Resistencia (kgf/cm ²)	0	0	7	275.9	14	329.3	28	341.1
Edad (días)	Resistencia (kgf/cm ²)															
0	0															
7	275.9															
14	329.3															
28	341.1															




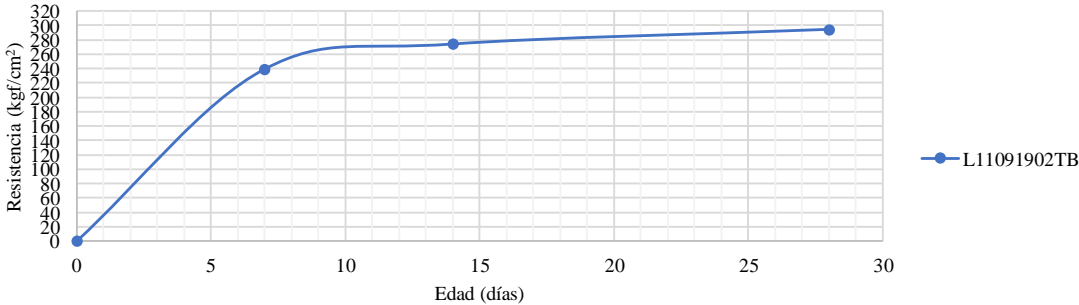
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

Elemento: B: Block L: Losa P: Pretensado PE: Piezas Especiales	Día	Mes	Año	Hora:	Bachada:	Otros	
<i>ℓ</i>	<i>11</i>	<i>09</i>	<i>19</i>	<i>14:46</i>	<i>01</i>	<i>5B</i>	
Clave:	L11091901TB						
Edad:	<i>7 días</i>		<i>14 días</i>		<i>28 días</i>		
Fecha y hora del ensaye:	<i>18/09/2019 10:53</i>		<i>25/09/2019 10:46</i>		<i>09/10/2019 10:03</i>		
Masa:	<i>3.278 kgf</i>		<i>3.29 kgf</i>		<i>3.313 kgf</i>		
Diámetro 1:	<i>9.99 cm</i>		<i>9.98 cm</i>		<i>9.99 cm</i>		
Diámetro 2:	<i>10.01 cm</i>		<i>10 cm</i>		<i>10.03 cm</i>		
Diámetro 3:	<i>9.99 cm</i>		<i>9.99 cm</i>		<i>10.02 cm</i>		
Altura 1:	<i>20.09 cm</i>		<i>20.03 cm</i>		<i>20.18 cm</i>		
Altura 2:	<i>20.07 cm</i>		<i>19.97 cm</i>		<i>20.05 cm</i>		
Altura 3:	<i>20.04 cm</i>		<i>20 cm</i>		<i>20.22 cm</i>		
Carga Máxima:	<i>24253 kgf</i>		<i>26586 kgf</i>		<i>22698 kgf</i>		
	237.85 kN		260.73 kN		222.60 kN		
Diámetro Nominal:	10.00 cm		9.99 cm		10.01 cm		
Altura Nominal:	20.07 cm		20.00 cm		20.15 cm		
Área:	78.49 cm ²		78.38 cm ²		78.75 cm ²		
Volumen:	1574.98 cm ³		1567.66 cm ³		1586.80 cm ³		
Peso volumétrico:	2.08 T/m ³		2.10 T/m ³		2.09 T/m ³		
Rel. Altura/Diámetro:	2.01		2.00		2.01		
Factor de corrección por esb.	1.000		1.000		1.000		
Proporciónamiento 135.5 litros	Cemento (kg)	Grava (kg)	Tepetzil F (kg)	Arena (kg)	Agua (seg)	Agua (lts)	Aditivo
	<i>118</i>	<i>99</i>	<i>N/A</i>	<i>98</i>	<i>14</i>	<i>54.6</i>	<i>500</i>
Revenimiento:	<i>10.5 c.m</i>						
Descripción de falla:							
	Defectos Observados:						
	Resistencia:	309.0 kgf/cm ² 30.30 MPa		339.2 kgf/cm ² 33.26 MPa		288.2 kgf/cm ² 28.27 MPa	




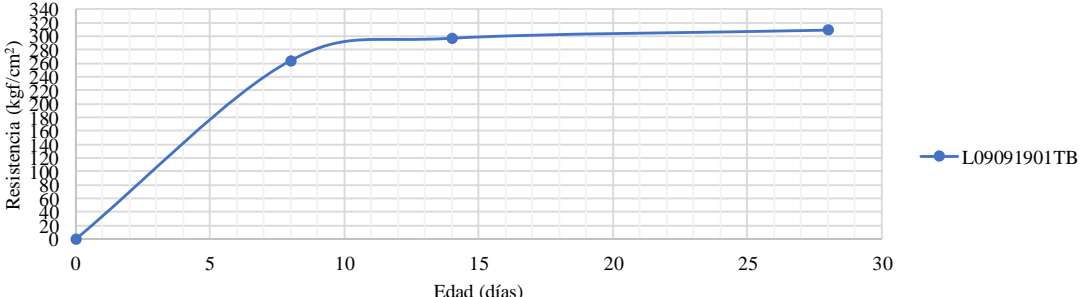
Comportamiento de la Resistencia con la edad






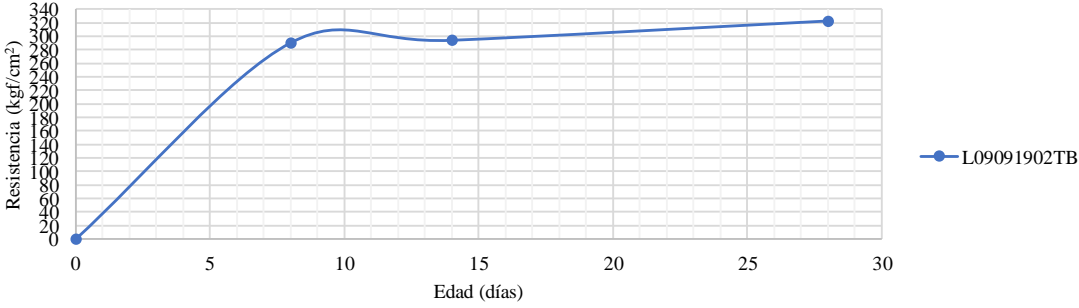
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

Elemento: B: Block L: Losa P: Pretensado PE: Piezas Especiales	Día	Mes	Año	Hora:	Bachada:	Otros								
<i>ℓ</i>	<i>11</i>	<i>09</i>	<i>19</i>	<i>15:50</i>	<i>02</i>	<i>5B</i>								
Clave:	L11091902TB													
Edad:	<i>7 días</i>	<i>14 días</i>	<i>28 días</i>											
Fecha y hora del ensaye:	<i>18 09 2019 10:58</i>		<i>25 09 2019 10:51</i>		<i>09 10 2019 10:06</i>									
Masa:	<i>3163 kgf</i>	<i>3174 kgf</i>	<i>3169 kgf</i>											
Diámetro 1:	<i>10 cm</i>	<i>9.98 cm</i>	<i>9.98 cm</i>											
Diámetro 2:	<i>10 cm</i>	<i>9.99 cm</i>	<i>9.99 cm</i>											
Diámetro 3:	<i>10 cm</i>	<i>9.98 cm</i>	<i>10 cm</i>											
Altura 1:	<i>19.99 cm</i>	<i>20.02 cm</i>	<i>20.07 cm</i>											
Altura 2:	<i>20.04 cm</i>	<i>20 cm</i>	<i>20.05 cm</i>											
Altura 3:	<i>20 cm</i>	<i>20.02 cm</i>	<i>19.98 cm</i>											
Carga Máxima:	<i>18778 kgf</i>	<i>21452 kgf</i>	<i>23078 kgf</i>											
	184.16 kN	210.38 kN	226.33 kN											
Diámetro Nominal:	10.00 cm		9.98 cm		9.99 cm									
Altura Nominal:	20.01 cm		20.01 cm		20.03 cm									
Área:	78.54 cm ²		78.28 cm ²		78.38 cm ²									
Volumen:	1571.58 cm ³		1566.61 cm ³		1570.27 cm ³									
Peso volumétrico:	2.01 T/m ³		2.03 T/m ³		2.02 T/m ³									
Rel. Altura/Diámetro:	2.00		2.00		2.01									
Factor de corrección por esb.	1.000		1.000		1.000									
Proporciónamiento 135.5 litros	Cemento (kg)	Grava (kg)	Tepetzil F (kg)	Arena (kg)	Agua (seg)	Agua (lts)	Aditivo							
	<i>118</i>	<i>99</i>	<i>N/A</i>		<i>14</i>	<i>54.6</i>	<i>500</i>							
Revenimiento:	<i>19.0 c.m</i>													
Descripción de falla:														
	Defectos Observados:													
	Resistencia:	239.1 kgf/cm ² 23.45 MPa	274.0 kgf/cm ² 26.87 MPa	294.4 kgf/cm ² 28.87 MPa										
Comportamiento de la Resistencia con la edad														
 <table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; border-collapse: collapse;"> <caption>Datos del Gráfico de Resistencia vs. Edad</caption> <thead> <tr> <th>Edad (días)</th> <th>Resistencia (kgf/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7</td> <td>239.1</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>274.0</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>294.4</td> </tr> </tbody> </table>							Edad (días)	Resistencia (kgf/cm ²)	7	239.1	14	274.0	28	294.4
Edad (días)	Resistencia (kgf/cm ²)													
7	239.1													
14	274.0													
28	294.4													


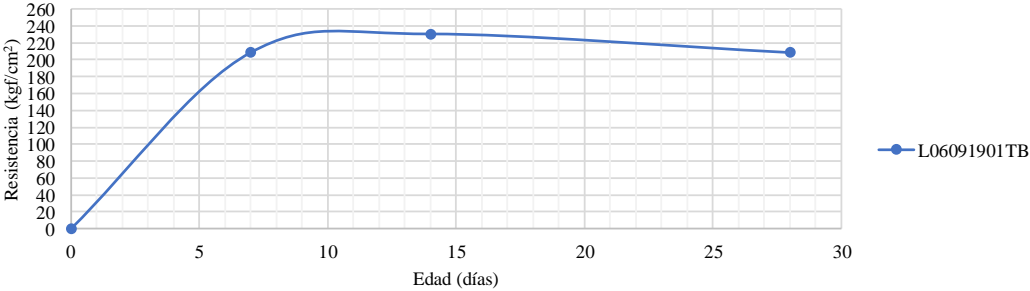
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

Elemento: B: Block L: Losa P: Pretensado PE: Piezas Especiales	Día	Mes	Año	Hora:	Bachada:	Otros	
<i>ℓ</i>	<i>09</i>	<i>09</i>	<i>19</i>	<i>11:01</i>	<i>01</i>	<i>5B</i>	
Clave:	L09091901TB						
Edad:	<i>8 días</i>		<i>14 días</i>		<i>28 días</i>		
Fecha y hora del ensaye:	<i>17 09 2019 10:13</i>		<i>23 09 2019 09:16</i>		<i>07 10 2009 10:15</i>		
Masa:	<i>3.211 kgf</i>		<i>3.201 kgf</i>		<i>3.182 kgf</i>		
Diámetro 1:	<i>10.01 cm</i>		<i>10.01 cm</i>		<i>9.99 cm</i>		
Diámetro 2:	<i>10.03 cm</i>		<i>10.03 cm</i>		<i>9.99 cm</i>		
Diámetro 3:	<i>10.02 cm</i>		<i>10 cm</i>		<i>10 cm</i>		
Altura 1:	<i>20 cm</i>		<i>20.06 cm</i>		<i>20.05 cm</i>		
Altura 2:	<i>20.06 cm</i>		<i>20.05 cm</i>		<i>20.05 cm</i>		
Altura 3:	<i>20.03 cm</i>		<i>20.07 cm</i>		<i>20.04 cm</i>		
Carga Máxima:	<i>20815 kgf</i>		<i>23399 kgf</i>		<i>24246 kgf</i>		
	204.13 kN		229.47 kN		237.78 kN		
Diámetro Nominal:	10.02 cm		10.01 cm		9.99 cm		
Altura Nominal:	20.03 cm		20.06 cm		20.05 cm		
Área:	78.85 cm ²		78.75 cm ²		78.44 cm ²		
Volumen:	1579.45 cm ³		1579.71 cm ³		1572.36 cm ³		
Peso volumétrico:	2.03 T/m ³		2.03 T/m ³		2.02 T/m ³		
Rel. Altura/Diámetro:	2.00		2.00		2.01		
Factor de corrección por esb.	1.000		1.000		1.000		
Proporciónamiento 113 litros	Cemento (kg)	Grava (kg)	Tepetzil F (kg)	Arena (kg)	Agua (seg)	Agua (Its)	Aditivo
	<i>86</i>	<i>84</i>	<i>N/A</i>	<i>78</i>	<i>11</i>	<i>42.9</i>	<i>430</i>
Revenimiento:	<i>18.0 c.m</i>						
Descripción de falla:							
	Defectos Observados:						
	Resistencia:	264.0 kgf/cm ² 25.89 MPa		297.1 kgf/cm ² 29.14 MPa		309.1 kgf/cm ² 30.31 MPa	
Comportamiento de la Resistencia con la edad							
							




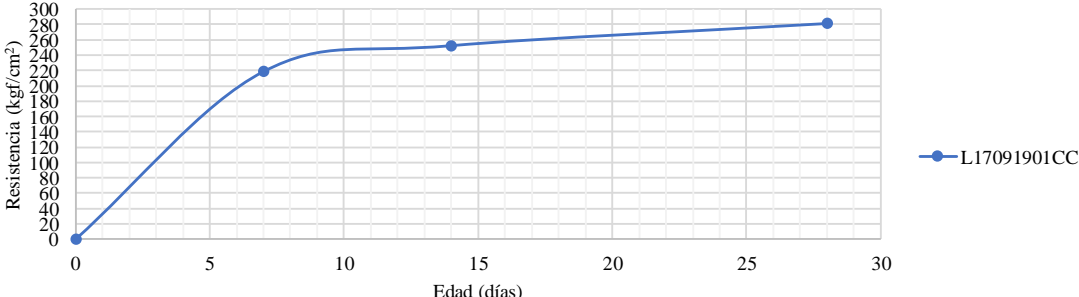
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

Elemento: B: Block L: Losa P: Pretensado PE: Piezas Especiales	Día	Mes	Año	Hora:	Bachada:	Otros	
<i>ℓ</i>	<i>09</i>	<i>09</i>	<i>19</i>	<i>14:41</i>	<i>02</i>	<i>5B</i>	
Clave:	L09091902TB						
Edad:	<i>8 días</i>	<i>14 días</i>	<i>28 días</i>				
Fecha y hora del ensaye:	<i>17 09 2019 10:20</i>		<i>23 09 2019 09:22</i>		<i>07 10 2019 10:19</i>		
Masa:	<i>3.21 kgf</i>		<i>3.208 kgf</i>		<i>3.222 kgf</i>		
Diámetro 1:	<i>9.97 cm</i>		<i>9.99 cm</i>		<i>10 cm</i>		
Diámetro 2:	<i>9.98 cm</i>		<i>10 cm</i>		<i>10.02 cm</i>		
Diámetro 3:	<i>9.98 cm</i>		<i>9.99 cm</i>		<i>10 cm</i>		
Altura 1:	<i>19.97 cm</i>		<i>20.09 cm</i>		<i>20.05 cm</i>		
Altura 2:	<i>20.27 cm</i>		<i>20.02 cm</i>		<i>20.17 cm</i>		
Altura 3:	<i>20.25 cm</i>		<i>20.01 cm</i>		<i>20.09 cm</i>		
Carga Máxima:	<i>22688 kgf</i>		<i>23080 kgf</i>		<i>25388 kgf</i>		
	222.50 kN		226.35 kN		248.98 kN		
Diámetro Nominal:	<i>9.98 cm</i>		<i>9.99 cm</i>		<i>10.01 cm</i>		
Altura Nominal:	<i>20.16 cm</i>		<i>20.04 cm</i>		<i>20.10 cm</i>		
Área:	<i>78.17 cm²</i>		<i>78.44 cm²</i>		<i>78.64 cm²</i>		
Volumen:	<i>1576.24 cm³</i>		<i>1571.84 cm³</i>		<i>1581.02 cm³</i>		
Peso volumétrico:	<i>2.04 T/m³</i>		<i>2.04 T/m³</i>		<i>2.04 T/m³</i>		
Rel. Altura/Diámetro:	<i>2.02</i>		<i>2.01</i>		<i>2.01</i>		
Factor de corrección por esb.	<i>1.000</i>		<i>1.000</i>		<i>1.000</i>		
Proporciónamiento 113 litros	Cemento (kg)	Grava (kg)	Tepetzil F (kg)	Arena (kg)	Agua (seg)	Agua (Its)	Aditivo
	<i>86</i>	<i>84</i>	<i>N/A</i>	<i>78</i>	<i>11</i>	<i>42.9</i>	<i>430</i>
Revenimiento:	<i>15.5 cM</i>						
Descripción de falla:							
	Defectos Observados:						
	Resistencia:	290.2 kgf/cm ² 28.46 MPa		294.3 kgf/cm ² 28.86 MPa		322.8 kgf/cm ² 31.66 MPa	
Comportamiento de la Resistencia con la edad							
							




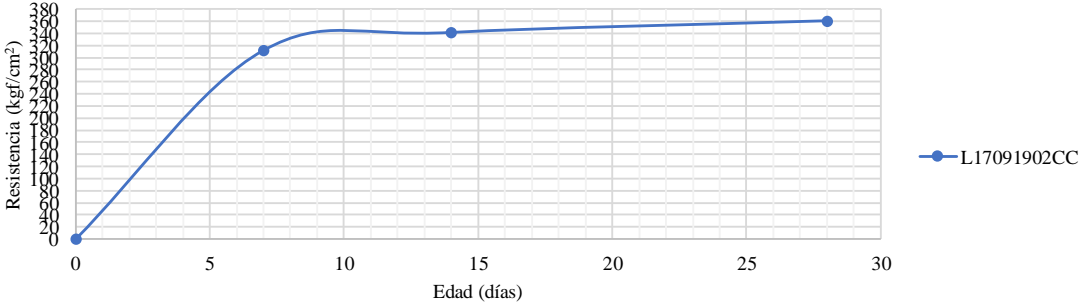
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

Elemento: B: Block L: Losa P: Pretensado PE: Piezas Especiales	Día	Mes	Año	Hora:	Bachada:	Otros	
<i>L</i>	<i>06</i>	<i>09</i>	<i>19</i>	<i>15:13</i>	<i>01</i>	<i>TB</i>	
Clave:	L06091901TB						
Edad:	<i>7 días</i>		<i>14 días</i>		<i>28 días</i>		
Fecha y hora del ensaye:	<i>13/09/2019 09:57</i>		<i>20/09/2019 09:43</i>		<i>04/10/2019 09:55</i>		
Masa:	<i>3.228 kgf</i>		<i>3.234 kgf</i>		<i>3.22 kgf</i>		
Diámetro 1:	<i>9.97 cm</i>		<i>9.9 cm</i>		<i>9.99 cm</i>		
Diámetro 2:	<i>10 cm</i>		<i>9.91 cm</i>		<i>10.01 cm</i>		
Diámetro 3:	<i>9.98 cm</i>		<i>9.91 cm</i>		<i>9.99 cm</i>		
Altura 1:	<i>20.19 cm</i>		<i>20.04 cm</i>		<i>20.01 cm</i>		
Altura 2:	<i>20.1 cm</i>		<i>20.12 cm</i>		<i>20.06 cm</i>		
Altura 3:	<i>20.15 cm</i>		<i>19.97 cm</i>		<i>20.17 cm</i>		
Carga Máxima:	<i>16336 kgf</i>		<i>17792 kgf</i>		<i>16389 kgf</i>		
	160.21 kN		174.49 kN		160.73 kN		
Diámetro Nominal:	9.98 cm		9.91 cm		10.00 cm		
Altura Nominal:	20.15 cm		20.04 cm		20.08 cm		
Área:	78.28 cm ²		77.08 cm ²		78.49 cm ²		
Volumen:	1577.05 cm ³		1544.95 cm ³		1576.03 cm ³		
Peso volumétrico:	2.05 T/m ³		2.09 T/m ³		2.04 T/m ³		
Rel. Altura/Diámetro:	2.02		2.02		2.01		
Factor de corrección por esb.	1.000		1.000		1.000		
Proporciónamiento 225 litros	Cemento (kg)	Grava (kg)	Tepetzil F (kg)	Arena (kg)	Agua (seg)	Agua (lts)	Aditivo
	<i>160</i>	<i>168</i>	<i>N/A</i>	<i>162</i>	<i>21</i>	<i>81.9</i>	<i>900</i>
Revenimiento:	<i>14.5 CM</i>						
Descripción de falla:							
Defectos Observados:							
Resistencia:	208.7 kgf/cm ²		230.8 kgf/cm ²		208.8 kgf/cm ²		
	20.47 MPa		22.64 MPa		20.48 MPa		
Comportamiento de la Resistencia con la edad							
							




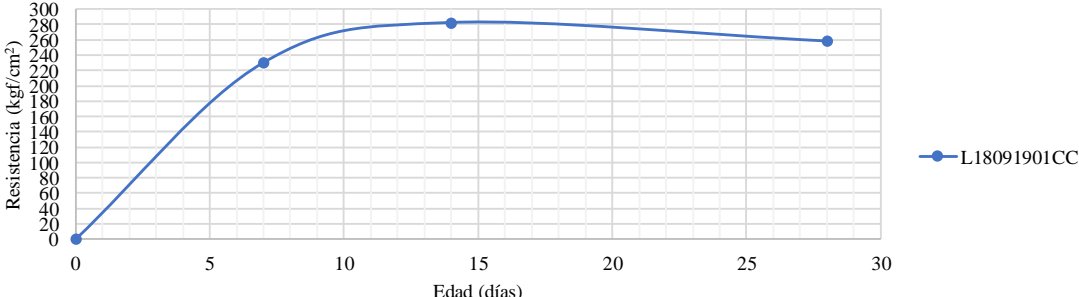
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

Elemento: B: Block L: Losa P: Pretensado PE: Piezas Especiales	Día	Mes	Año	Hora:	Bachada:	Otros	
<i>ℓ</i>	<i>17</i>	<i>09</i>	<i>19</i>	<i>18:51</i>	<i>01</i>	<i>ℓℓ</i>	
Clave:	L17091901CC						
Edad:	<i>7 días</i>	<i>14 días</i>	<i>28 días</i>				
Fecha y hora del ensaye:	<i>24 09 2019 09:42</i>		<i>01 10 2019 10:36</i>		<i>15 10 2019 09:53</i>		
Masa:	<i>3.309 kgf</i>		<i>3.34 kgf</i>		<i>3.33 kgf</i>		
Diámetro 1:	<i>9.9 cm</i>		<i>9.92 cm</i>		<i>9.98 cm</i>		
Diámetro 2:	<i>9.92 cm</i>		<i>9.94 cm</i>		<i>10.01 cm</i>		
Diámetro 3:	<i>9.89 cm</i>		<i>9.93 cm</i>		<i>9.98 cm</i>		
Altura 1:	<i>19.87 cm</i>		<i>19.95 cm</i>		<i>20 cm</i>		
Altura 2:	<i>19.87 cm</i>		<i>19.9 cm</i>		<i>20 cm</i>		
Altura 3:	<i>19.88 cm</i>		<i>20 cm</i>		<i>20.02 cm</i>		
Carga Máxima:	<i>16841 kgf</i>		<i>19562 kgf</i>		<i>22060 kgf</i>		
	165.16 kN		191.84 kN		216.34 kN		
Diámetro Nominal:	9.90 cm		9.93 cm		9.99 cm		
Altura Nominal:	19.87 cm		19.95 cm		20.01 cm		
Área:	77.03 cm ²		77.44 cm ²		78.38 cm ²		
Volumen:	1530.82 cm ³		1545.01 cm ³		1568.18 cm ³		
Peso volumétrico:	2.16 T/m ³		2.16 T/m ³		2.12 T/m ³		
Rel. Altura/Diámetro:	2.01		2.01		2.00		
Factor de corrección por esb.	1.000		1.000		1.000		
Proporciónamiento 335 litros	Cemento (kg)	Grava (kg)	Tepetzil F (kg)	Arena (kg)	Agua (seg)	Agua (lts)	Aditivo
	<i>184</i>	<i>246</i>	<i>N/A</i>	<i>257</i>	<i>31</i>	<i>120.9</i>	
Revenimiento:	<i>15.0 c.m</i>						
Descripción de falla:							
	Defectos Observados:						
	Resistencia:	218.6 kgf/cm ² 21.44 MPa		252.6 kgf/cm ² 24.77 MPa		281.4 kgf/cm ² 27.60 MPa	
Comportamiento de la Resistencia con la edad							
							




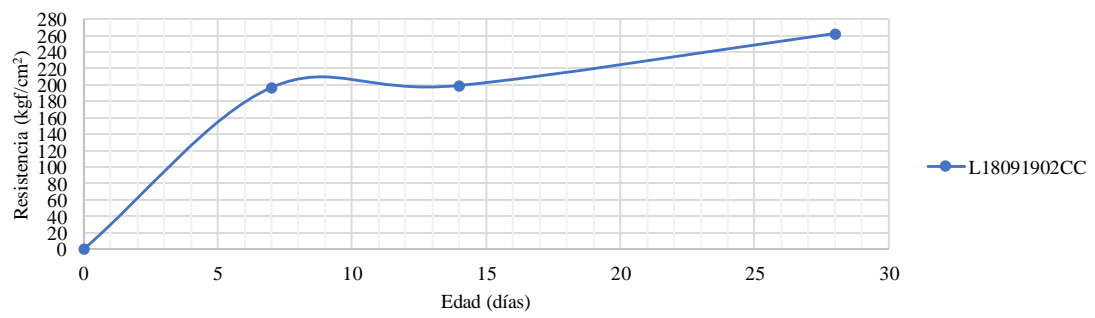
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

Elemento: B: Block L: Losa P: Pretensado PE: Piezas Especiales	Día	Mes	Año	Hora:	Bachada:	Otros	
<i>ℓ</i>	<i>17</i>	<i>09</i>	<i>19</i>	<i>19:30</i>	<i>02</i>	<i>ee</i>	
Clave:	L17091902CC						
Edad:	<i>7 días</i>		<i>14 días</i>		<i>28 días</i>		
Fecha y hora del ensaye:	<i>24 09 2019 09:50</i>		<i>01 10 2019 10:41</i>		<i>15 10 2019 10:03</i>		
Masa:	<i>3.302 kgf</i>		<i>3.327 kgf</i>		<i>3.3 kgf</i>		
Diámetro 1:	<i>9.89 cm</i>		<i>9.89 cm</i>		<i>9.99 cm</i>		
Diámetro 2:	<i>9.91 cm</i>		<i>9.89 cm</i>		<i>10.01 cm</i>		
Diámetro 3:	<i>9.88 cm</i>		<i>9.9 cm</i>		<i>10 cm</i>		
Altura 1:	<i>19.92 cm</i>		<i>19.95 cm</i>		<i>20.02 cm</i>		
Altura 2:	<i>19.86 cm</i>		<i>19.9 cm</i>		<i>20.02 cm</i>		
Altura 3:	<i>19.87 cm</i>		<i>19.96 cm</i>		<i>20.02 cm</i>		
Carga Máxima:	<i>23921 kgf</i>		<i>26207 kgf</i>		<i>28291 kgf</i>		
	234.59 kN		257.01 kN		277.45 kN		
Diámetro Nominal:	9.89 cm		9.89 cm		10.00 cm		
Altura Nominal:	19.88 cm		19.94 cm		20.02 cm		
Área:	76.87 cm ²		76.87 cm ²		78.54 cm ²		
Volumen:	1528.50 cm ³		1532.60 cm ³		1572.37 cm ³		
Peso volumétrico:	2.16 T/m ³		2.17 T/m ³		2.10 T/m ³		
Rel. Altura/Diámetro:	2.01		2.02		2.00		
Factor de corrección por esb.	1.000		1.000		1.000		
Proporciónamiento 165 litros	Cemento (kg)	Grava (kg)	Tepetzil F (kg)	Arena (kg)	Agua (seg)	Agua (lts)	Aditivo
	<i>92</i>	<i>130</i>	<i>N/A</i>	<i>168</i>	<i>23</i>	<i>89.7</i>	
Revenimiento:	<i>19.0 c.m</i>						
Descripción de falla:							
	Defectos Observados:						
	Resistencia:	311.2 kgf/cm ² 30.52 MPa		340.9 kgf/cm ² 33.43 MPa		360.2 kgf/cm ² 35.32 MPa	
Comportamiento de la Resistencia con la edad							
							




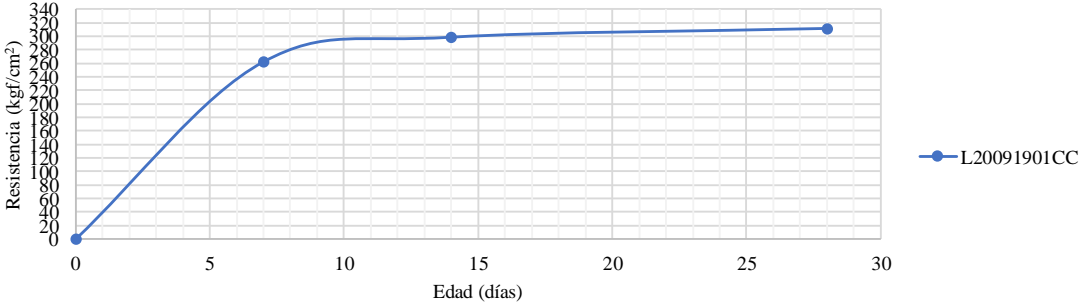
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

Elemento: B: Block L: Losa P: Pretensado PE: Piezas Especiales	Día	Mes	Año	Hora:	Bachada:	Otros	
<i>ℓ</i>	<i>18</i>	<i>09</i>	<i>19</i>	<i>16:09</i>	<i>01</i>	<i>ce</i>	
Clave:	L18091901CC						
Edad:	<i>7 días</i>		<i>14 días</i>		<i>28 días</i>		
Fecha y hora del ensaye:	<i>25 09 2019 10:35</i>		<i>02 10 2019 09:57</i>		<i>16 10 2019 09:23</i>		
Masa:	<i>3.337 kgf</i>		<i>3.389 kgf</i>		<i>3.381 kgf</i>		
Diámetro 1:	<i>9.96 cm</i>		<i>9.86 cm</i>		<i>9.98 cm</i>		
Diámetro 2:	<i>9.97 cm</i>		<i>9.88 cm</i>		<i>9.99 cm</i>		
Diámetro 3:	<i>9.97 cm</i>		<i>9.88 cm</i>		<i>9.98 cm</i>		
Altura 1:	<i>19.96 cm</i>		<i>19.93 cm</i>		<i>20 cm</i>		
Altura 2:	<i>19.96 cm</i>		<i>19.97 cm</i>		<i>20.08 cm</i>		
Altura 3:	<i>19.96 cm</i>		<i>19.92 cm</i>		<i>20.01 cm</i>		
Carga Máxima:	<i>17939 kgf</i>		<i>21611 kgf</i>		<i>20209 kgf</i>		
	175.93 kN		211.94 kN		198.19 kN		
Diámetro Nominal:	<i>9.97 cm</i>		<i>9.87 cm</i>		<i>9.98 cm</i>		
Altura Nominal:	<i>19.96 cm</i>		<i>19.94 cm</i>		<i>20.03 cm</i>		
Área:	<i>78.02 cm²</i>		<i>76.56 cm²</i>		<i>78.28 cm²</i>		
Volumen:	<i>1557.22 cm³</i>		<i>1526.66 cm³</i>		<i>1567.91 cm³</i>		
Peso volumétrico:	<i>2.14 T/m³</i>		<i>2.22 T/m³</i>		<i>2.16 T/m³</i>		
Rel. Altura/Diámetro:	<i>2.00</i>		<i>2.02</i>		<i>2.01</i>		
Factor de corrección por esb.	<i>1.000</i>		<i>1.000</i>		<i>1.000</i>		
Proporciónamiento 335 litros	Cemento (kg)	Grava (kg)	Tepetzil F (kg)	Arena (kg)	Agua (seg)	Agua (lts)	Aditivo
	<i>193</i>	<i>265</i>	<i>N/A</i>	<i>267</i>	<i>32</i>	<i>124.8</i>	
Revenimiento:	<i>16.5 cM</i>						
Descripción de falla:							
	Defectos Observados:						
	Resistencia:	229.9 kgf/cm ² 22.55 MPa		282.3 kgf/cm ² 27.68 MPa		258.2 kgf/cm ² 25.32 MPa	
<p>Comportamiento de la Resistencia con la edad</p>  <p style="text-align: right;">—●— L18091901CC</p>							



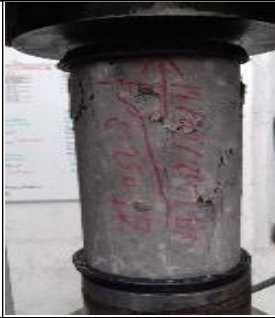
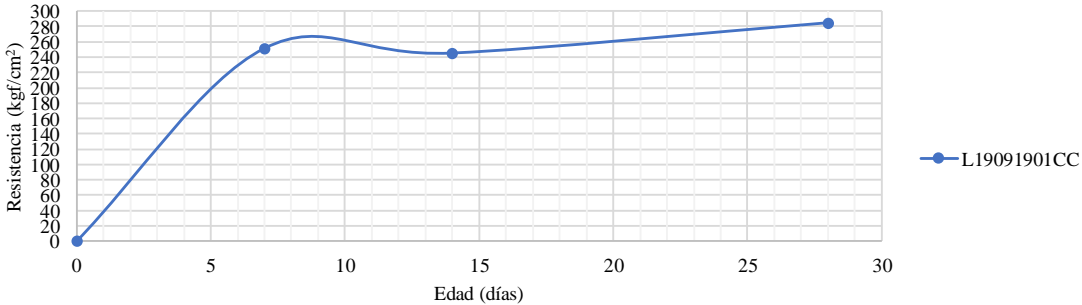
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

Elemento: B: Block L: Losa P: Pretensado PE: Piezas Especiales	Día	Mes	Año	Hora:	Bachada:	Otros								
<i>ℓ</i>	<i>18</i>	<i>09</i>	<i>19</i>	<i>17:02</i>	<i>02</i>	<i>ce</i>								
Clave:	L18091902CC													
Edad:	<i>7 días</i>	<i>14 días</i>	<i>28 días</i>											
Fecha y hora del ensaye:	<i>25/08/2019 10:40</i>		<i>02/10/2019 10:02</i>		<i>16/10/2019 09:27</i>									
Masa:	<i>3.346 kgf</i>		<i>3.366 kgf</i>		<i>3.407 kgf</i>									
Diámetro 1:	<i>9.92 cm</i>		<i>9.86 cm</i>		<i>9.99 cm</i>									
Diámetro 2:	<i>9.94 cm</i>		<i>9.87 cm</i>		<i>10 cm</i>									
Diámetro 3:	<i>9.93 cm</i>		<i>9.86 cm</i>		<i>10 cm</i>									
Altura 1:	<i>19.91 cm</i>		<i>19.87 cm</i>		<i>20.11 cm</i>									
Altura 2:	<i>19.93 cm</i>		<i>19.88 cm</i>		<i>20.2 cm</i>									
Altura 3:	<i>19.97 cm</i>		<i>19.89 cm</i>		<i>20.1 cm</i>									
Carga Máxima:	<i>15206 kgf</i>		<i>15199 kgf</i>		<i>20557 kgf</i>									
	149.13 kN		149.06 kN		201.60 kN									
Diámetro Nominal:	9.93 cm		9.86 cm		10.00 cm									
Altura Nominal:	19.94 cm		19.88 cm		20.14 cm									
Área:	77.44 cm ²		76.41 cm ²		78.49 cm ²									
Volumen:	1543.98 cm ³		1518.99 cm ³		1580.48 cm ³									
Peso volumétrico:	2.17 T/m ³		2.22 T/m ³		2.16 T/m ³									
Rel. Altura/Diámetro:	2.01		2.02		2.01									
Factor de corrección por esb.	1.000		1.000		1.000									
Proporciónamiento 168 litros	Cemento (kg)	Grava (kg)	Tepetzil F (kg)	Arena (kg)	Agua (seg)	Agua (lts)	Aditivo							
	<i>97</i>	<i>132</i>	<i>N/A</i>	<i>126</i>	<i>16</i>	<i>62.4</i>								
Revenimiento:	<i>20.0 c.m</i>													
Descripción de falla:														
	Defectos Observados:													
	Resistencia:	196.3 kgf/cm ² 19.26 MPa		198.9 kgf/cm ² 19.51 MPa		261.9 kgf/cm ² 25.69 MPa								
Comportamiento de la Resistencia con la edad														
 <table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; border-collapse: collapse;"> <caption>Datos del Gráfico de Resistencia vs. Edad</caption> <thead> <tr> <th>Edad (días)</th> <th>Resistencia (kgf/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7</td> <td>196.3</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>198.9</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>261.9</td> </tr> </tbody> </table>							Edad (días)	Resistencia (kgf/cm ²)	7	196.3	14	198.9	28	261.9
Edad (días)	Resistencia (kgf/cm ²)													
7	196.3													
14	198.9													
28	261.9													




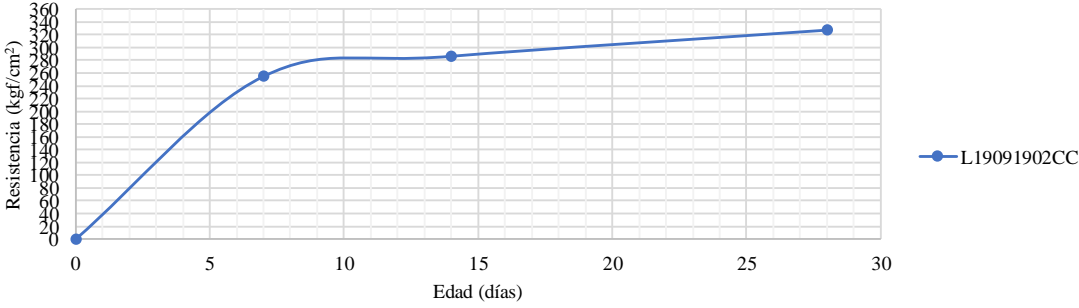
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

Elemento: B: Block L: Losa P: Pretensado PE: Piezas Especiales	Día	Mes	Año	Hora:	Bachada:	Otros								
<i>ℓ</i>	<i>20</i>	<i>09</i>	<i>19</i>	<i>15:10</i>	<i>01</i>	<i>ee</i>								
Clave:	L20091901CC													
Edad:	<i>7 días</i>		<i>14 días</i>		<i>28 días</i>									
Fecha y hora del ensaye:	<i>27/09/2019 09:48</i>		<i>04/10/2019 10:05</i>		<i>18/10/2019 09:30</i>									
Masa:	<i>3.374 kgf</i>		<i>3.372 kgf</i>		<i>3.363 kgf</i>									
Diámetro 1:	<i>9.83 cm</i>		<i>9.97 cm</i>		<i>9.97 cm</i>									
Diámetro 2:	<i>9.85 cm</i>		<i>9.98 cm</i>		<i>9.99 cm</i>									
Diámetro 3:	<i>9.84 cm</i>		<i>9.98 cm</i>		<i>9.98 cm</i>									
Altura 1:	<i>19.85 cm</i>		<i>20.09 cm</i>		<i>19.97 cm</i>									
Altura 2:	<i>19.88 cm</i>		<i>20.06 cm</i>		<i>19.98 cm</i>									
Altura 3:	<i>19.84 cm</i>		<i>19.99 cm</i>		<i>19.84 cm</i>									
Carga Máxima:	<i>19896 kgf</i>		<i>23305 kgf</i>		<i>24335 kgf</i>									
	195.12 kN		228.55 kN		238.65 kN									
Diámetro Nominal:	9.84 cm		9.98 cm		9.98 cm									
Altura Nominal:	19.86 cm		20.05 cm		19.93 cm									
Área:	76.05 cm ²		78.17 cm ²		78.23 cm ²									
Volumen:	1510.03 cm ³		1567.12 cm ³		1559.04 cm ³									
Peso volumétrico:	2.23 T/m ³		2.15 T/m ³		2.16 T/m ³									
Rel. Altura/Diámetro:	2.02		2.01		2.00									
Factor de corrección por esb.	1.000		1.000		1.000									
Proporciónamiento 450 litros	Cemento (kg)	Grava (kg)	Tepetzil F (kg)	Arena (kg)	Agua (seg)	Agua (lts)	Aditivo							
	<i>267</i>	<i>325</i>	<i>N/A</i>	<i>255</i>	<i>27</i>	<i>105.3</i>								
Revenimiento:	<i>18.0 cM</i>													
Descripción de falla:														
	Defectos Observados:													
	Resistencia:	261.6 kgf/cm ² 25.66 MPa		298.1 kgf/cm ² 29.24 MPa		311.1 kgf/cm ² 30.51 MPa								
Comportamiento de la Resistencia con la edad														
 <table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; border-collapse: collapse;"> <caption>Datos del Gráfico de Resistencia vs. Edad</caption> <thead> <tr> <th>Edad (días)</th> <th>Resistencia (kgf/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7</td> <td>261.6</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>298.1</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>311.1</td> </tr> </tbody> </table>							Edad (días)	Resistencia (kgf/cm ²)	7	261.6	14	298.1	28	311.1
Edad (días)	Resistencia (kgf/cm ²)													
7	261.6													
14	298.1													
28	311.1													

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

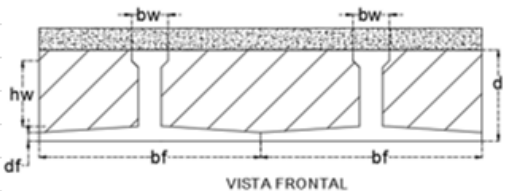
Elemento: B: Block L: Losa P: Pretensado PE: Piezas Especiales	Día	Mes	Año	Hora:	Bachada:	Otros	
<i>ℓ</i>	<i>19</i>	<i>09</i>	<i>19</i>	<i>15:39</i>	<i>01</i>	<i>ce</i>	
Clave:	L19091901CC						
Edad:	<i>7 días</i>		<i>14 días</i>		<i>28 días</i>		
Fecha y hora del ensaye:	<i>26 09 2019 10:04</i>		<i>03 10 2019 09:46</i>		<i>17 10 2019 10:28</i>		
Masa:	<i>3.36 kgf</i>		<i>3.367 kgf</i>		<i>3.372 kgf</i>		
Diámetro 1:	<i>10 cm</i>		<i>9.98 cm</i>		<i>9.99 cm</i>		
Diámetro 2:	<i>10.02 cm</i>		<i>10 cm</i>		<i>10.01 cm</i>		
Diámetro 3:	<i>10.01 cm</i>		<i>10 cm</i>		<i>10 cm</i>		
Altura 1:	<i>20.06 cm</i>		<i>20.07 cm</i>		<i>20.11 cm</i>		
Altura 2:	<i>20.15 cm</i>		<i>20.12 cm</i>		<i>20.08 cm</i>		
Altura 3:	<i>20.04 cm</i>		<i>20.1 cm</i>		<i>20.11 cm</i>		
Carga Máxima:	<i>19769 kgf</i>		<i>19234 kgf</i>		<i>22358 kgf</i>		
	193.87 kN		188.63 kN		219.26 kN		
Diámetro Nominal:	10.01 cm		9.99 cm		10.00 cm		
Altura Nominal:	20.08 cm		20.10 cm		20.10 cm		
Área:	78.70 cm ²		78.44 cm ²		78.54 cm ²		
Volumen:	1580.50 cm ³		1576.28 cm ³		1578.65 cm ³		
Peso volumétrico:	2.13 T/m ³		2.14 T/m ³		2.14 T/m ³		
Rel. Altura/Diámetro:	2.01		2.01		2.01		
Factor de corrección por esb.	1.000		1.000		1.000		
Proporciónamiento 315 litros	Cemento (kg)	Grava (kg)	Tepetzil F (kg)	Arena (kg)	Agua (seg)	Agua (lts)	Aditivo
	<i>190</i>	<i>249</i>	<i>N/A</i>	<i>255</i>	<i>27</i>	<i>105.3</i>	
Revenimiento:	<i>16.0 c.m</i>						
Descripción de falla:							
	Defectos Observados:						
	Resistencia:	251.2 kgf/cm ² 24.63 MPa	245.2 kgf/cm ² 24.05 MPa	284.7 kgf/cm ² 27.92 MPa			
Comportamiento de la Resistencia con la edad							
							

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

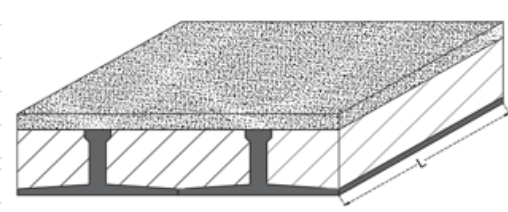
Elemento: B: Block L: Losa P: Pretensado PE: Piezas Especiales	Día	Mes	Año	Hora:	Bachada:	Otros	
<i>ℓ</i>	<i>19</i>	<i>09</i>	<i>19</i>	<i>16:54</i>	<i>02</i>	<i>ℓℓ</i>	
Clave:	L19091902CC						
Edad:	<i>7 días</i>	<i>14 días</i>	<i>28 días</i>				
Fecha y hora del ensaye:	<i>26/09/2019 10:10</i>	<i>03/10/2019 09:50</i>	<i>17/10/2019 10:32</i>				
Masa:	<i>3.382 kgf</i>	<i>3.357 kgf</i>	<i>3.352 kgf</i>				
Diámetro 1:	<i>10.01 cm</i>	<i>9.99 cm</i>	<i>9.99 cm</i>				
Diámetro 2:	<i>10.02 cm</i>	<i>10 cm</i>	<i>10 cm</i>				
Diámetro 3:	<i>10.02 cm</i>	<i>9.98 cm</i>	<i>10 cm</i>				
Altura 1:	<i>20.11 cm</i>	<i>20.16 cm</i>	<i>20.05 cm</i>				
Altura 2:	<i>20.26 cm</i>	<i>20.21 cm</i>	<i>20.01 cm</i>				
Altura 3:	<i>20.18 cm</i>	<i>20.21 cm</i>	<i>20.05 cm</i>				
Carga Máxima:	<i>20090 kgf</i>	<i>22471 kgf</i>	<i>25714 kgf</i>				
	197.02 kN	220.37 kN	252.18 kN				
Diámetro Nominal:	10.02 cm	9.99 cm	10.00 cm				
Altura Nominal:	20.18 cm	20.19 cm	20.04 cm				
Área:	78.80 cm ²	78.38 cm ²	78.49 cm ²				
Volumen:	1590.48 cm ³	1582.81 cm ³	1572.63 cm ³				
Peso volumétrico:	2.13 T/m ³	2.12 T/m ³	2.13 T/m ³				
Rel. Altura/Diámetro:	2.01	2.02	2.00				
Factor de corrección por esb.	1.000	1.000	1.000				
Proporciónamiento 135 litros	Cemento (kg)	Grava (kg)	Tepetzil F (kg)	Arena (kg)	Agua (seg)	Agua (Its)	Aditivo
	<i>73</i>	<i>95</i>	<i>N/A</i>	<i>97</i>	<i>10</i>	<i>39</i>	
Revenimiento:	<i>15.0 c.m</i>						
Descripción de falla:							
	Defectos Observados:						
	Resistencia:	254.9 kgf/cm ² 25.00 MPa	286.7 kgf/cm ² 28.11 MPa	327.6 kgf/cm ² 32.13 MPa			
Comportamiento de la Resistencia con la edad							
							

ANEXO 4.- REPORTES DE LABORATORIO DEL ENSAYE DE CADA LOSA

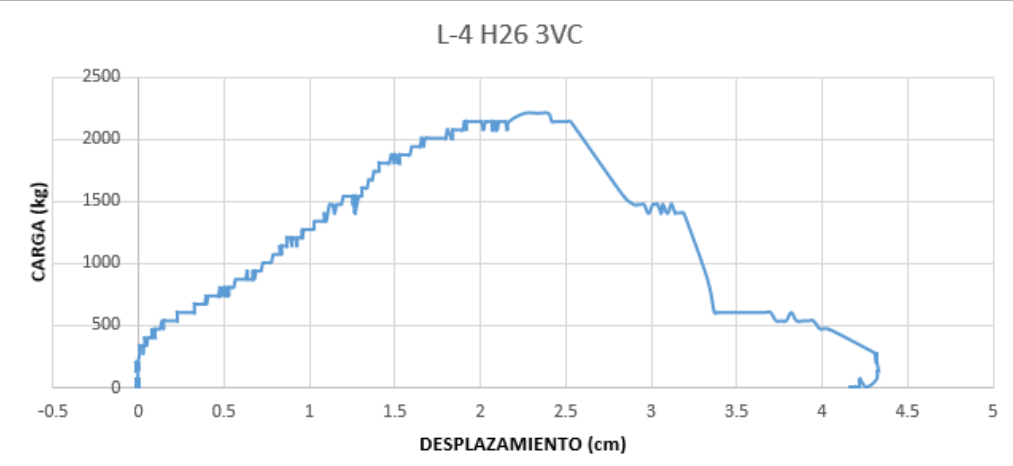
INFORME DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE DEFLEXION Y CARGA DEL SISTEMA DE LOSA						
Elemento:	Día	Mes	Año	Hora:	Muestra:	Otros
LTINV H26	8	10	19	11:59	L-4 3VC	
Clave:	LTINV H2681019L-4 3VC					
Edad:	días					
Fecha y hora del ensaye:	08/10/2019 11:59					
Ancho 1:	50 cm					
Ancho 2:	50.3 cm					
Ancho 3:	50 cm					
Largo 1:	400 cm					
Largo 2:	400 cm					
Largo 3:	400.1 cm					
Carga Máxima:	2202.24 kgf					
	21.60 kN					
Ancho Nominal:	50.10 cm					
Largo Nominal:	400.03 cm					
Deflexion Máxima:	2.40 cm					
Deflexión Permisible L/240:	1.67 cm					
Deflexión Permisible L/480:	0.83 cm					



VISTA FRONTAL



L-4 H26 3VC

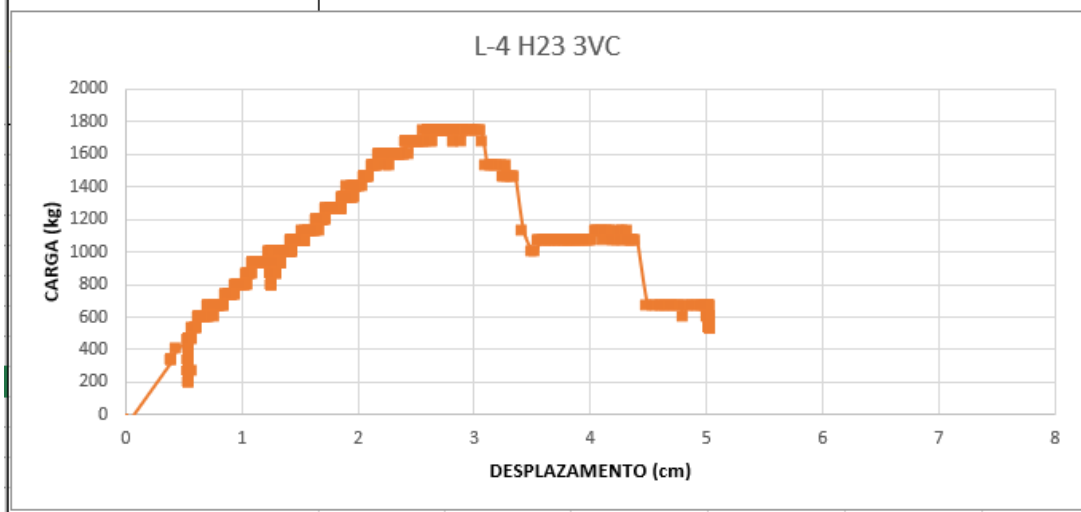
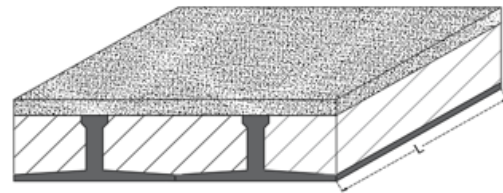
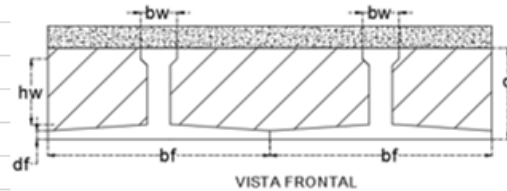


CARGA (kg)

DESPLAZAMIENTO (cm)

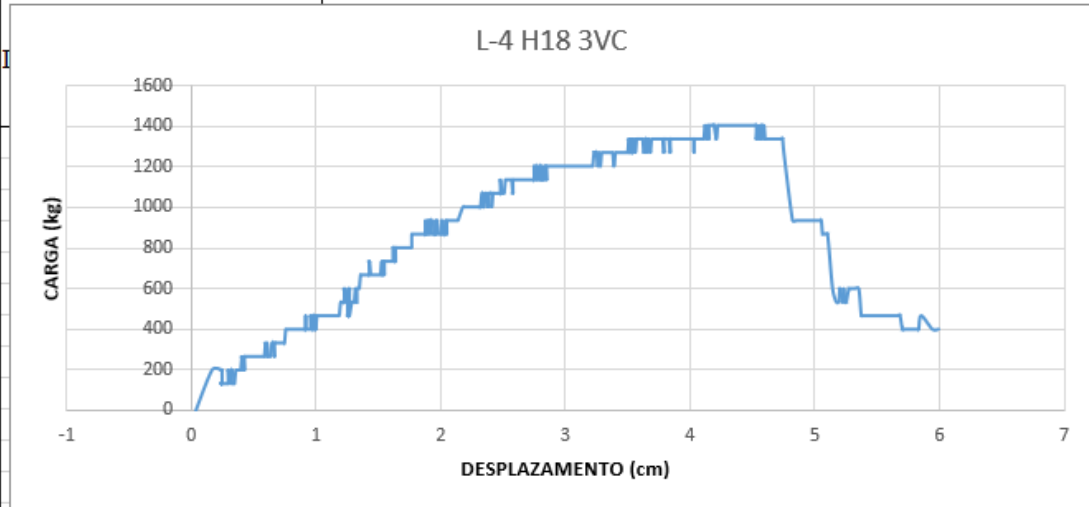
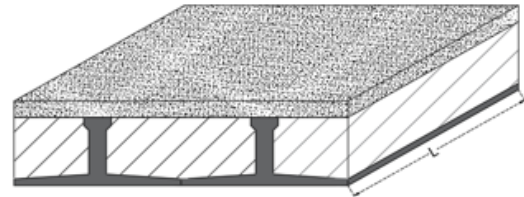
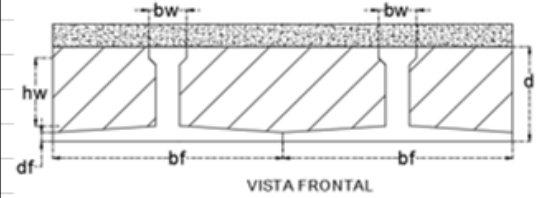
INFORME DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE DEFLEXION Y CARGA DEL SISTEMA DE LOSA

Elemento:	Día	Mes	Año	Hora:	Muestra:	Otros
LOSA H23	10	10	19	17:36	L-4 3VC	
Clave:	LOSA H23101019L-4 3VC					
Edad:	días					
Fecha y hora del ensaye:	10/10/2019 17:36					
Ancho 1:	50	cm				
Ancho 2:	50	cm				
Ancho 3:	50.3	cm				
Largo 1:	400	cm				
Largo 2:	400	cm				
Largo 3:	400.1	cm				
Carga Máxima:	1468.02	kgf				
	14.40	kN				
Ancho Nominal:	50.10	cm				
Largo Nominal:	400.03	cm				
Deflexión Máxima:	3.05	cm				
Deflexión Permisible L/240:	1.67	cm				
Deflexión Permisible L/480:	0.83	cm				



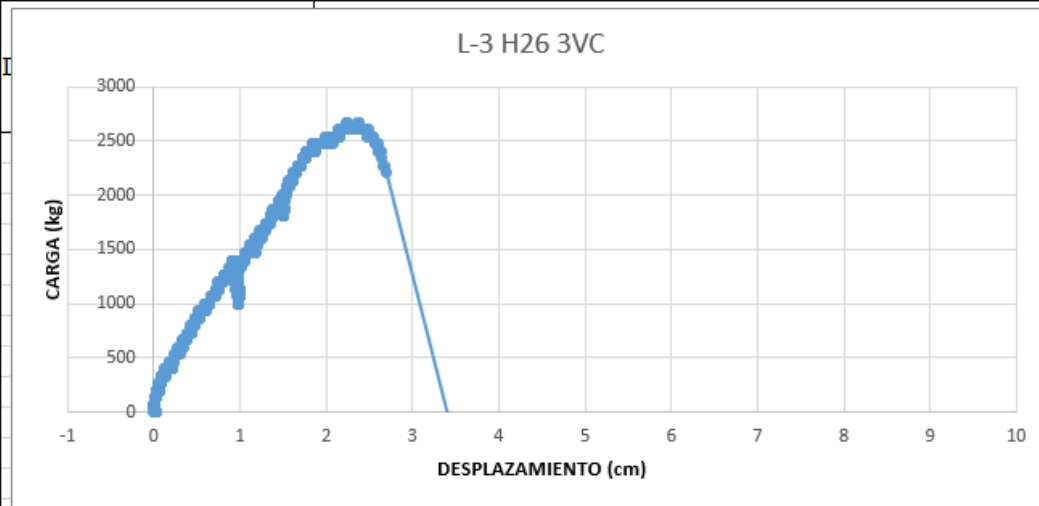
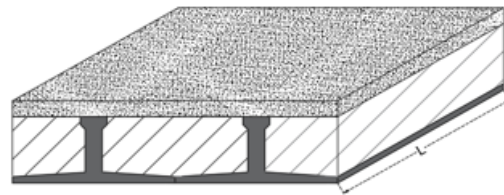
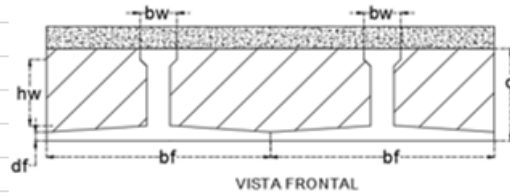
INFORME DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE DEFLEXION Y CARGA DEL SISTEMA DE LOSA

Elemento:	Día	Mes	Año	Hora:	Muestra:	Otros
L TINV H18	8	10	19	15:35	L-4 3VC	
Clave:	L TINV H1881019L-4 3VC					
Edad:	días					
Fecha y hora del ensaye:	08/10/2019 15:35					
Ancho 1:	50.1	cm				
Ancho 2:	50	cm				
Ancho 3:	50	cm				
Largo 1:	400	cm				
Largo 2:	400.1	cm				
Largo 3:	400	cm				
Carga Máxima:	1401.02	kgf				
	13.74	kN				
Ancho Nominal:	50.03	cm				
Largo Nominal:	400.03	cm				
Deflexión Máxima:	4.60	cm				
Deflexión Permisible L/240:	1.67	cm				
Deflexión Permisible L/480:	0.83	cm				



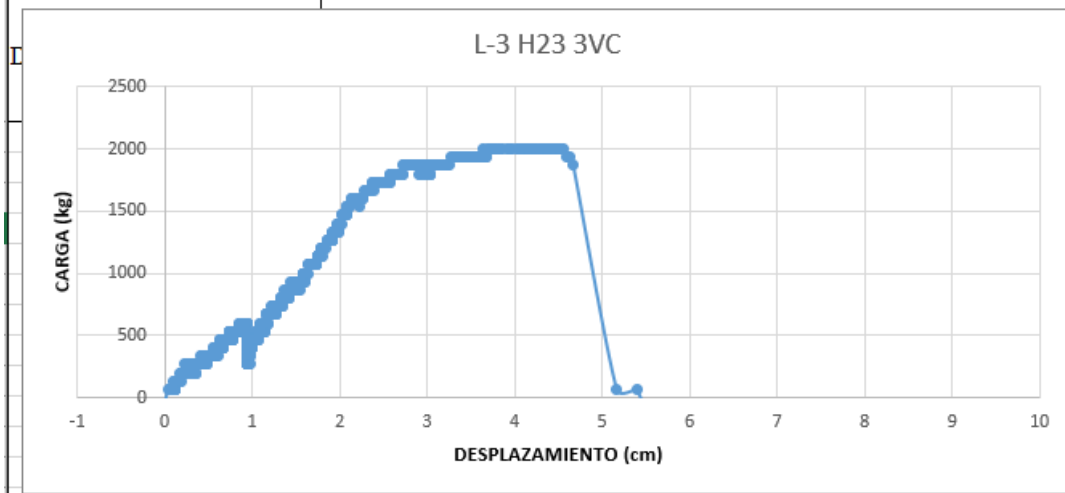
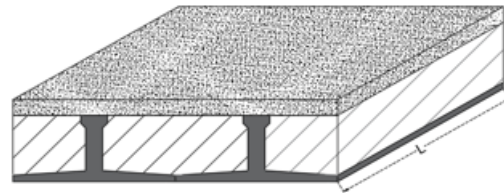
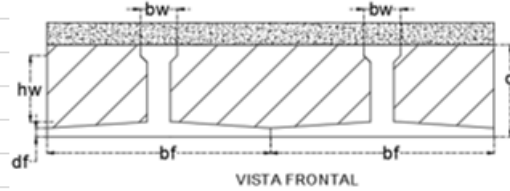
INFORME DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE DEFLEXION Y CARGA DEL SISTEMA DE LOSA

Elemento:	Día	Mes	Año	Hora:	Muestra:	Otros
LOSA H26	11	10	19	17:39	L-3 3VC	
Clave:	LOSA H26111019L-3 3VC					
Edad:	días					
Fecha y hora del ensaye:	11/10/2019 17:39					
Ancho 1:	50 cm					
Ancho 2:	50 cm					
Ancho 3:	50.3 cm					
Largo 1:	300 cm					
Largo 2:	300.1 cm					
Largo 3:	300 cm					
Carga Máxima:	2669.43 kgf					
	26.18 kN					
Ancho Nominal:	50.10 cm					
Largo Nominal:	300.03 cm					
Deflexion Máxima:	2.39 cm					
Deflexión Permisible L/240:	1.25 cm					
Deflexión Permisible L/480:	0.63 cm					



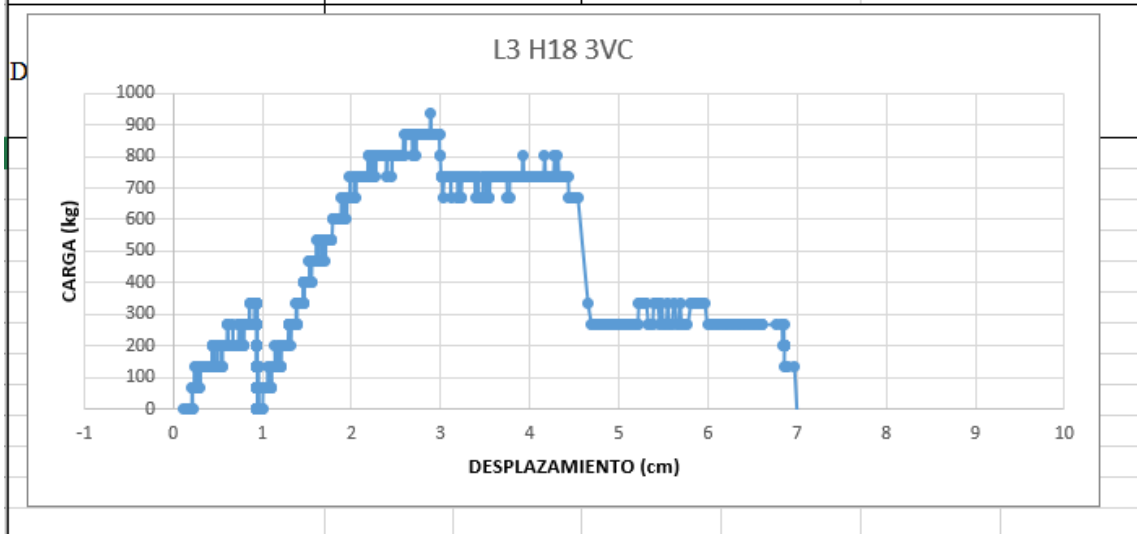
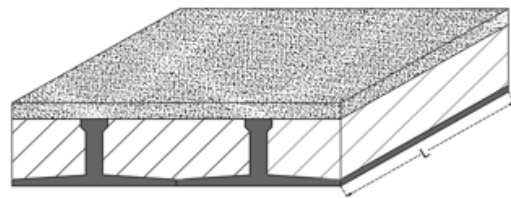
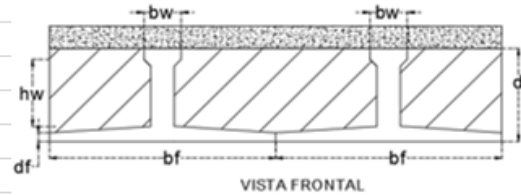
INFORME DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE DEFLEXION Y CARGA DEL SISTEMA DE LOSA

Elemento:	Día	Mes	Año	Hora:	Muestra:	Otros
LOSA H23	12	10	19	09:13	L-3 3VC	
Clave:	LOSA H23121019L-3 3VC					
Edad:	días					
Fecha y hora del ensaye:	12/10/2019 09:13					
Ancho 1:	50	cm				
Ancho 2:	50.1	cm				
Ancho 3:	50	cm				
Largo 1:	300.1	cm				
Largo 2:	300	cm				
Largo 3:	300	cm				
Carga Máxima:	2001.95	kgf				
	19.63	kN				
Ancho Nominal:	50.03	cm				
Largo Nominal:	300.03	cm				
Deflexion Máxima:	4.56	cm				
Deflexión Permisible L/240:	1.25	cm				
Deflexión Permisible L/480:	0.63	cm				



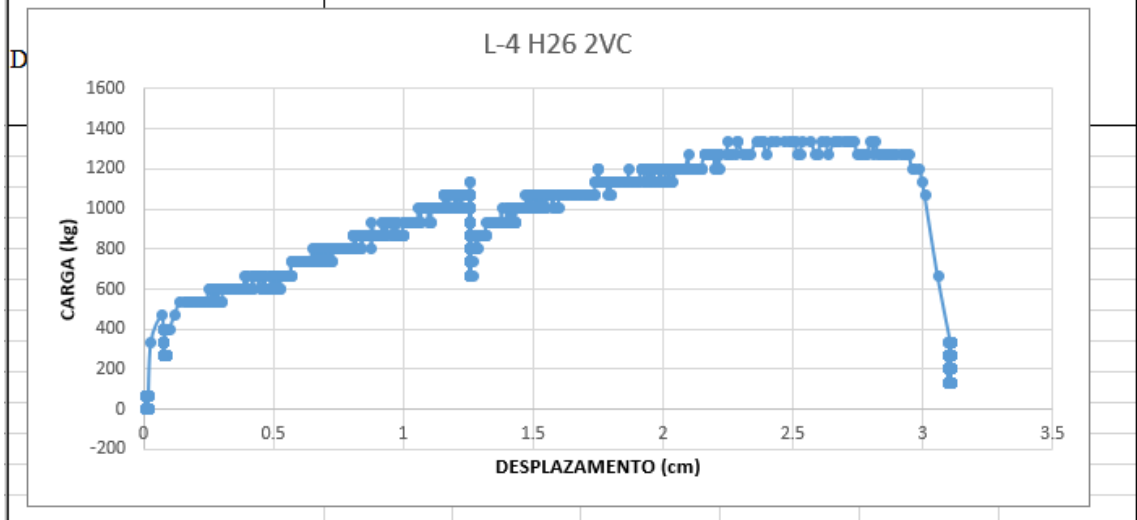
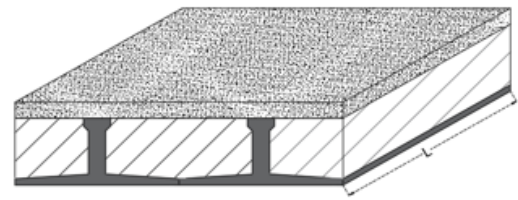
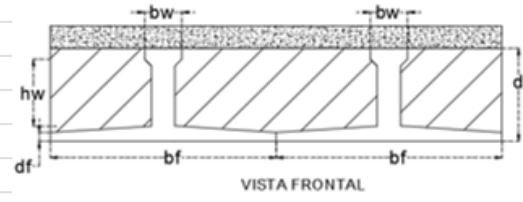
INFORME DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE DEFLEXION Y CARGA DEL SISTEMA DE LOSA

Elemento:	Día	Mes	Año	Hora:	Muestra:	Otros
LOSA H18	12	10	19	11:16	L-3 3VC	
Clave:	LOSA H18121019L-3 3VC					
Edad:	días					
Fecha y hora del ensaye:	12/10/2019 11:16					
Ancho 1:	50 cm					
Ancho 2:	50 cm					
Ancho 3:	50.1 cm					
Largo 1:	300 cm					
Largo 2:	300 cm					
Largo 3:	300.05 cm					
Carga Máxima:	934.59 kgf					
	9.17 kN					
Ancho Nominal:	50.03 cm					
Largo Nominal:	300.02 cm					
Deflexion Máxima:	2.88 cm					
Deflexión Permissible L/240:	1.25 cm					
Deflexión Permissible L/480:	0.63 cm					



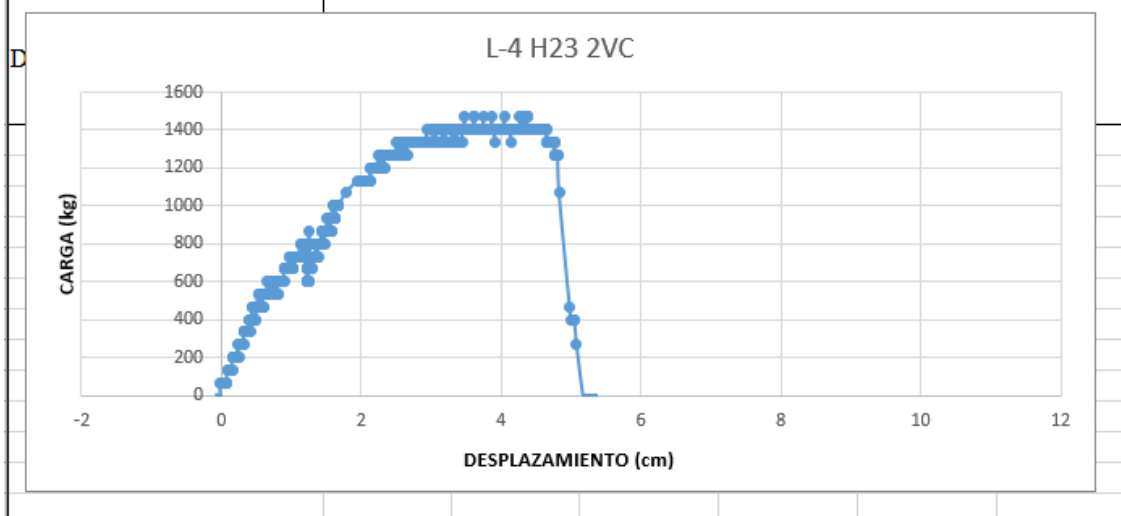
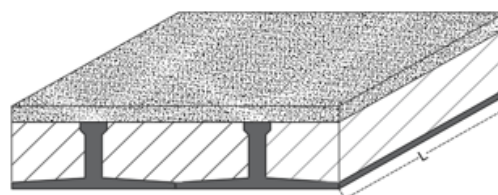
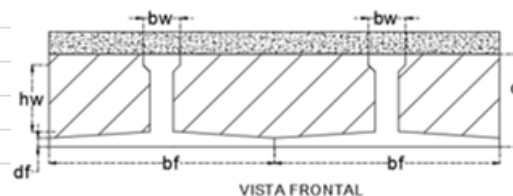
INFORME DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE DEFLEXION Y CARGA DEL SISTEMA DE LOSA

Elemento:	Día	Mes	Año	Hora:	Muestra:	Otros
LOSA H26	10	10	19	11:14	L-4 2VC	
Clave:	LOSA H26101019L-4 2VC					
Edad:	días					
Fecha y hora del ensaye:	10/10/2019 11:14					
Ancho 1:	50 cm					
Ancho 2:	50 cm					
Ancho 3:	50.1 cm					
Largo 1:	400 cm					
Largo 2:	400.05 cm					
Largo 3:	400 cm					
Carga Máxima:	667.21 kgf					
	6.54 kN					
Ancho Nominal:	50.03 cm					
Largo Nominal:	400.02 cm					
Deflexion Máxima:	2.81 cm					
Deflexión Permisible L/240:	1.67 cm					
Deflexión Permisible L/480:	0.83 cm					



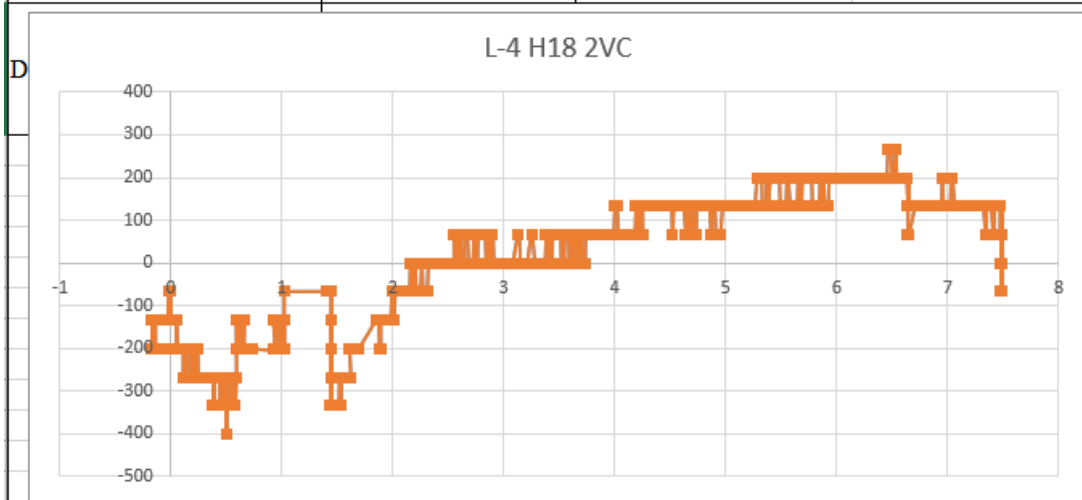
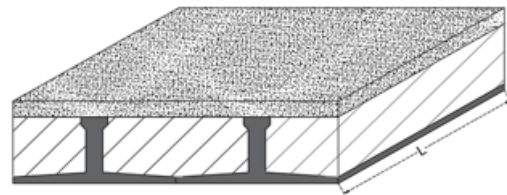
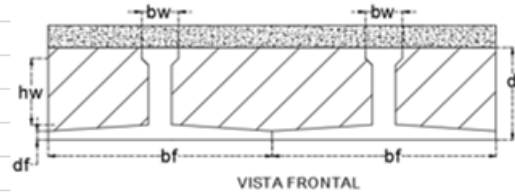
INFORME DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE DEFLEXION Y CARGA DEL SISTEMA DE LOSA

Elemento:	Día	Mes	Año	Hora:	Muestra:	Otros
LOSA H23	10	10	19	17:36	L-4 2VC	
Clave:	LOSA H23101019L-4 2VC					
Edad:	días					
Fecha y hora del ensaye:	10/10/2019 17:36					
Ancho 1:	50 cm					
Ancho 2:	50 cm					
Ancho 3:	50.1 cm					
Largo 1:	400.05 cm					
Largo 2:	400 cm					
Largo 3:	400 cm					
Carga Máxima:	1468.02 kgf					
	14.40 kN					
Ancho Nominal:	50.03 cm					
Largo Nominal:	400.02 cm					
Deflexion Máxima:	4.29 cm					
Deflexión Permisible L/240:	1.67 cm					
Deflexión Permisible L/480:	0.83 cm					



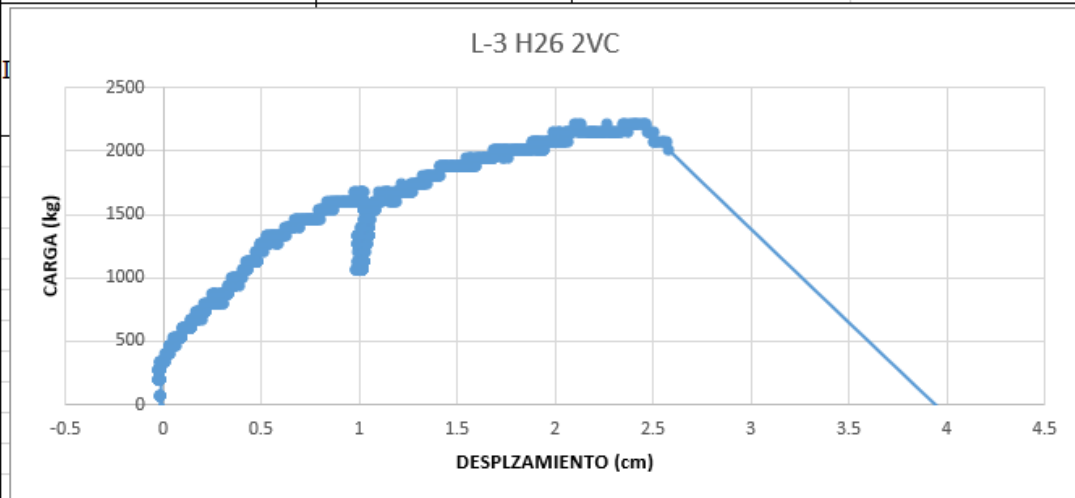
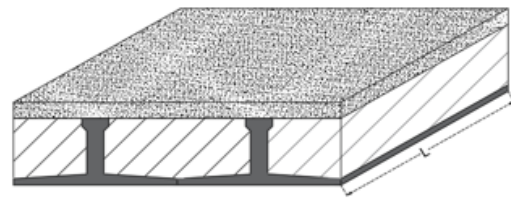
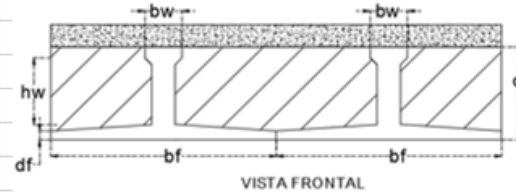
INFORME DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE DEFLEXION Y CARGA DEL SISTEMA DE LOSA

Elemento:	Día	Mes	Año	Hora:	Muestra:	Otros
LOSA H18	10	10	19	14:19	L-4 2VC	
Clave:	LOSA H18101019L-4 2VC					
Edad:	días					
Fecha y hora del ensaye:	10/10/2019 14:19					
Ancho 1:	50 cm					
Ancho 2:	50 cm					
Ancho 3:	50.1 cm					
Largo 1:	400.05 cm					
Largo 2:	400 cm					
Largo 3:	400 cm					
Carga Máxima:	667.3 kgf					
	6.54 kN					
Ancho Nominal:	50.03 cm					
Largo Nominal:	400.02 cm					
Deflexion Máxima:	6.52 cm					
Deflexión Permisible L/240:	1.67 cm					
Deflexión Permisible L/480:	0.83 cm					



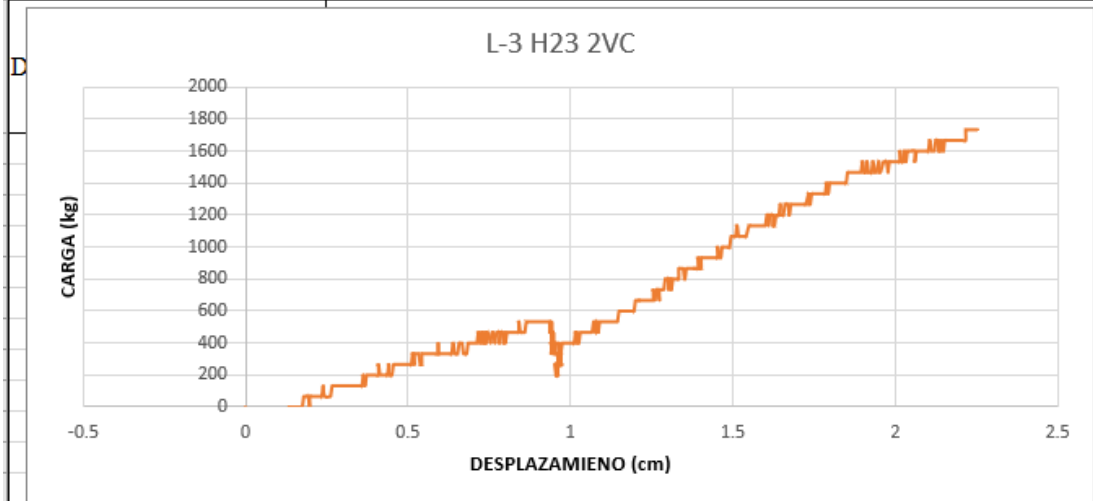
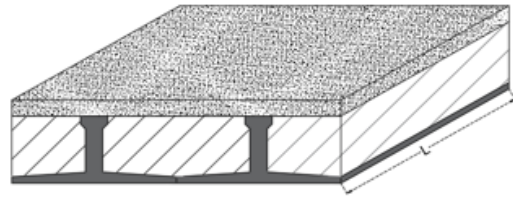
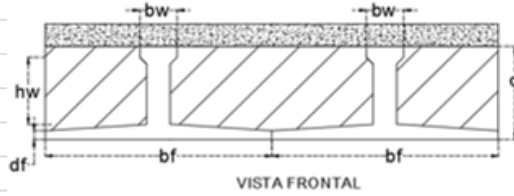
INFORME DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE DEFLEXION Y CARGA DEL SISTEMA DE LOSA

Elemento:	Día	Mes	Año	Hora:	Muestra:	Otros
LOSA H26	11	10	19	10:37	L-3 2VC	
Clave:	LOSA H26111019L-3 2VC					
Edad:	días					
Fecha y hora del ensaye:	11/10/2019 10:37					
Ancho 1:	50 cm					
Ancho 2:	50 cm					
Ancho 3:	50.1 cm					
Largo 1:	300 cm					
Largo 2:	300 cm					
Largo 3:	300.05 cm					
Carga Máxima:	2201.7 kgf					
	21.59 kN					
Ancho Nominal:	50.03 cm					
Largo Nominal:	300.02 cm					
Deflexion Máxima:	2.47 cm					
Deflexión Permisible L/240:	1.25 cm					
Deflexión Permisible L/480:	0.63 cm					



INFORME DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE DEFLEXION Y CARGA DEL SISTEMA DE LOSA

Elemento:	Día	Mes	Año	Hora:	Muestra:	Otros
LOSA H23	11	10	19	12:20	L-3 2VC	
Clave:	LOSA H23111019L-3 2VC					
Edad:	días					
Fecha y hora del ensaye:	11/10/2019 12:02					
Ancho 1:	50 cm					
Ancho 2:	50 cm					
Ancho 3:	50.1 cm					
Largo 1:	300 cm					
Largo 2:	300 cm					
Largo 3:	300.05 cm					
Carga Máxima:	2135.7 kgf					
	20.94 kN					
Ancho Nominal:	50.03 cm					
Largo Nominal:	300.02 cm					
Deflexión Máxima:	3.39 cm					
Deflexión Permisible L/240:	1.25 cm					
Deflexión Permisible L/480:	0.63 cm					



INFORME DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RELACION DE DEFLEXION Y CARGA DEL SISTEMA DE LOSA

Elemento:	Día	Mes	Año	Hora:	Muestra:	Otros
LOSA H18	11	10	19	16:01	L-3 2VC	
Clave:	LOSA H18111019L-3 2VC					
Edad:	días					
Fecha y hora del ensaye:	11/10/2019 16:01					
Ancho 1:	50	cm				
Ancho 2:	50	cm				
Ancho 3:	50.1	cm				
Largo 1:	300	cm				
Largo 2:	300	cm				
Largo 3:	300.05	cm				
Carga Máxima:	1801.83	kgf				
	17.67	kN				
Ancho Nominal:	50.03	cm				
Largo Nominal:	300.02	cm				
Deflexión Máxima:	2.34	cm				
Deflexión Permisible L/240:	1.25	cm				
Deflexión Permisible L/480:	0.63	cm				

