

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



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“DISEÑO DE LOSAS ALIGERADAS CON VIGUETAS  
PREFABRICADAS: SOLUCIÓN DE CASOS ESPECIALES”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR**

**JUAN CARLOS MENDOZA TOMAS**

**ASESOR**

**Mg. JORGE GALLARDO TAPIA**

**LIMA – PERÚ**

**2020**

© 2020, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados.

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir el TSP en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”**

Mendoza Tomas, Juan Carlos

[uni\\_2005\\_43@hotmail.com](mailto:uni_2005_43@hotmail.com)

955877478

**DEDICATORIA:**

*El presente Trabajo se lo dedico en forma muy especial a mi menor y único hermano, Alex Manuel Mendoza Tomas, por haberme brindado su apoyo emocional y por haber creído en mí hasta su último momento.*

*Querido hermano permíteme brindarte algunas palabras; quiero que sepas que tú nunca morirás en nuestros corazones, porque gracias a los buenos recuerdos que nos dejastes y por los cuales ahora te recordamos con gran cariño, tú siempre estarás presente.*

*Tu partida cambio mi vida y por ello desde el fondo de mi corazón deseo que Dios te tenga en su Santa Gloria; descansa en paz hermanito.*

### **AGRADECIMIENTOS:**

*Quiero brindar mis agradecimientos primeramente a Dios por haberme permitido llegar hasta aquí hoy, por darme la fuerza y la salud para culminar este trabajo e inspirarme en el proceso. Quiero darle las gracias por su amor infinito, el cual me permitió sobrellevar uno de los momentos más difíciles de mi vida.*

*A mi madre Luz Tomas Ramos, por sus alientos de ánimos de forma incondicional que me ayudaron en el transcurso de mí vida personal y profesional.*

*A mi Padre Benito Mendoza, por su apoyo emocional y por creer en mí, para alcanzar mi sueño.*

*A mis hermanas, por siempre brindarme palabras de ánimo.*

*A los buenos amigos, que conocí y con los cuales compartí gratos momentos dentro y fuera de las aulas de nuestra querida facultad; y en especial a mis amigos, Ronald Mantilla y Jimmy Flores por ser unas excelentes personas; gracias por su apoyo y consejos.*

*A mi asesor el Mg. Jorge Gallardo, por su orientación y consejos que me brindo durante todo el proceso de asesoramiento.*

*A mi especialista el Dr. Luis Quiroz, por sus conocimientos y por su exigencia, que me permitieron mejorar mi informe.*

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>7</b>
<b>PRÓLOGO</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>13</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>24</b>
1.1 PREFABRICACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN	24
1.2 PROBLEMÁTICA EN LA CONSTRUCCIÓN INMOBILIARIA	26
1.3 ANTECEDENTES REFERENCIALES	26
1.4 OBJETIVOS DEL PRESENTE INFORME	28
1.4.1 Objetivo General	28
1.4.2 Objetivos Específicos	28
<b>CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO</b>	<b>29</b>
2.1 DEFINICIÓN DE LOSA	29
2.2 CLASIFICACIÓN DE LOSAS	29
2.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE LOSAS ALIGERADAS ALITEC	30
2.4 DOCUMENTOS DEL SISTEMA DE LOSAS ALIGERADAS ALITEC	37
2.4.1 Resolución Ministerial N° 026-2013-VIVIENDA	37
2.4.2 Memoria Descriptiva	37
2.4.3 Ensayo de Flexión	38
<b>CAPÍTULO III: DISEÑO Y CONVERSIÓN DE LOSAS ALIGERADAS AL SISTEMA ALITEC</b>	<b>40</b>
3.1 METRADO Y COTIZACIÓN	40
3.1.1 Clasificación de Áreas Mediante el Sistema Alitec	41
3.1.2 Obtención del Precio del Sistema Alitec	44
3.1.3 Elaboración de La Cotización del Sistema Alitec	45
3.2 DISEÑO Y CONVERSIÓN AL SISTEMA ALITEC	48

3.2.1	Criterio de Cálculo	48
3.2.2	Normas y Especificaciones Técnicas	49
3.2.2.1	<i>Normas y Reglamentos de Diseño</i>	49
3.2.2.2	<i>Especificaciones Técnicas de Materiales</i>	49
3.2.3	Tablas de Diseño	50
3.2.4	Modelo Matemático Generado	52
3.3	ELABORACIÓN DEL PARTE DE PRODUCCIÓN	63
3.4	ELABORACIÓN DEL PLANO DE MONTAJE	63
	<b>CAPÍTULO IV: PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO</b>	<b>65</b>
4.1	PROCESO DE FABRICACIÓN DE LAS VIGUETAS ALITEC	65
4.1.1	Entrega y Recepción del Parte de Producción (PP)	66
4.1.2	Corte del Tralicho y Acero de Refuerzo	66
4.1.3	Limpieza y Aplicación de Desmoldante en los Moldes de Viguetas	67
4.1.4	Montaje del Acero de Refuerzo al Tralicho	67
4.1.5	Colocación del Tralicho con Refuerzo, en los Moldes	68
4.1.6	Colocación y Vibrado del Concreto	68
4.1.7	Desencofrado y Almacenaje de Viguetas	69
4.1.8	Curado de Viguetas	69
4.2	PROCESO DE MONTAJE DEL SISTEMA DE LOSA ALIGERADA ALITEC	70
4.2.1	Encofrado de Vigas, Soleras y Puntales	70
4.2.2	Colocación de Viguetas (Viguetado)	71
4.2.3	Apuntalamiento y Nivelación de la Losa	72
4.2.4	Ensamblaje de Albañilería	73
4.2.5	Proceso de Replanteo	73
4.2.6	Instalaciones Sanitarias	73
4.2.7	Colocación del Acero de Temperatura y Refuerzo Negativo	75
4.2.8	Colocación del Sistema Eléctrico y de Agua	75
	<b>CAPÍTULO V: PROYECTOS DISEÑADOS Y CONVERTIDOS AL SISTEMA ALITEC EN LOSAS ALIGERADAS BIDIRECCIONALES Y DE LUCES AMPLIAS</b>	<b>77</b>
5.1	ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSAS EN DOS DIRECCIONES	77
5.1.1	Introducción	77

5.2	ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSAS PERIMETRALMENTE APOYADAS	79
5.2.1	Comportamiento Estructural	79
5.3	CONVERSIÓN DE UNA LOSA ALIGERADA BIDIRECCIONAL ALITEC	83
5.3.1	Obtención de las Cargas Vivas y Muertas en Cada Paño	86
5.3.1.1	<i>Cargas en el Paño “P”</i>	87
5.3.1.2	<i>Cargas en el Paño “Q” y “R”</i>	90
5.3.2	Ingreso de Datos en el SAP	93
5.3.2.1	<i>En Dirección de las Viguetas Alitec</i>	93
5.3.2.2	<i>En Dirección de las Viguetas Convencionales</i>	106
	<b>CAPÍTULO VI: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA CONVENCIONAL Y EL SISTEMA ALITEC</b>	<b>121</b>
6.1	COMPARACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIALES UTILIZADOS PARA EL SISTEMA CONVENCIONAL Y EL SISTEMA PREFABRICADO ALITEC	121
6.1.1	Comparativa para una Losa Aligerada Unidireccional	121
6.1.1.1	<i>Cantidad de Madera Utilizada</i>	122
6.1.1.2	<i>Cantidad de Concreto Utilizado</i>	130
6.1.1.3	<i>Cantidad de Acero Utilizado</i>	135
6.1.2	Comparativa para una Losa Aligerada Bidireccional	136
6.1.2.1	<i>Cantidad de Madera Utilizada</i>	137
6.1.2.2	<i>Cantidad de Concreto Utilizado</i>	144
6.1.2.3	<i>Cantidad de Acero Utilizado</i>	150
6.2	COMPARACIÓN DE PESOS POR METRO CUADRADO, ENTRE EL SISTEMA CONVENCIONAL Y EL SISTEMA PREFABRICADO ALITEC	152
6.2.1	Peso del Concreto	152
6.2.2	Peso del Ladrillo	153
6.2.3	Peso del Acero	154
6.3	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA CONVENCIONAL Y EL SISTEMA PREFABRICADO ALITEC	156
6.3.1	Sistema Convencional	156
6.3.2	Sistema Prefabricado Alitec	157

---

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>159</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>161</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>162</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>164</b>
Anexo 01	165
Anexo 02	168
Anexo 03	173
Anexo 04	177
Anexo 05	181
Anexo 06	185
Anexo 07	187
Anexo 08	191
Anexo 09	193
Anexo 10	199
Anexo 11	202
Anexo 12	205

## **RESUMEN**

En la actualidad las empresas inmobiliarias buscan contrarrestar los efectos del sobrecosto que les implica la construcción de una edificación, por ello buscan alternativas tecnológicas que les permitan reducir sus gastos para así obtener una mayor rentabilidad económica; una de estas alternativas es el “Sistema de Losas Aligeradas Alitec”, sistema prefabricado de la empresa ITALCONCRETO SAC y el cual es el centro de análisis del presente trabajo de suficiencia profesional.

El objetivo de este estudio se centra principalmente en el caso de losas aligeradas bidireccionales y de luces amplias, para ello se dará conocer paso a paso el proceso de conversión de una losa convencional a una losa prefabricada de alma abierta Alitec, desde la llegada de los planos para su metrado y cotización, hasta su conversión total.

Complementando a este objetivo se buscará:

- Dar a conocer el conjunto de elementos (estructurales y no estructurales) que conforman el “Sistema de Losas Aligeradas Alitec”, así como sus ventajas y desventajas.
- Que el “Sistema de Losas Aligeradas Alitec”, sirva como una buena opción para las empresas inmobiliarias, así como para personas particulares al momento de elegir entre construir la losa aligerada de forma convencional o mediante el sistema prefabricado.

Para poder alcanzar los objetivos propuestos se procederá y tomará a modo de ejemplo, los proyectos:

- “Edificio Multifamiliar y Oficinas Privadas Don José” correspondiente al Sótano 1 donde se apreciará la conversión del sistema convencional al sistema prefabricado Alitec de una losa bidireccional.
- “Vivienda Multifamiliar Tudela y Varela” correspondiente al 2do Piso donde se verá la comparativa entre el sistema convencional y el sistema prefabricado Alitec con respecto a la cantidad total de madera para encofrado, concreto y acero utilizados, tanto para losas unidireccionales como losas bidireccionales.

Obteniéndose de la comparativa de materiales utilizados, los siguientes resultados:

- Que utilizando el sistema Alitec para una losa unidireccional el porcentaje ahorrado es de un 46.69% en encofrado, de un 0.69% en acero y de un 5.02% en concreto.
- Que utilizando el sistema Alitec para una losa bidireccional el porcentaje ahorrado es de un 52.56% en encofrado, de un 8.80% en acero y de un -1.67% en concreto (indicándonos que el concreto total utilizado en el sistema Alitec es mayor que el utilizado en el sistema convencional).
- Que una losa aligerada unidireccional en el sistema convencional es  $0.77 \text{ kg/m}^2$  ó 0.27% más pesado que en el sistema prefabricado Alitec.
- Que una losa aligerada bidireccional en el sistema convencional es  $8.38 \text{ kg/m}^2$  ó 2.56% más ligero que en el sistema prefabricado Alitec.

Concluyéndose que la conversión al sistema Alitec de una losa bidireccional, resulta práctica por la relación que existe entre sus cargas y sus luces elevado a la cuarta, porque con este método se obtienen las sobrecargas (*CV* y *CM*) en las dos direcciones de la losa bidireccional, permitiendo analizar la losa en cada dirección como si fuera un sistema simplemente apoyado.

Así también se puede concluir que el montaje o instalación, del sistema prefabricado Alitec (colocación de las viguetas, bovedillas, bandejas eléctricas y sanitarias), resulta ser práctico y reiterativo.

Por otro lado, se recomienda que con respecto a la manipulación, se debe tener en cuenta que para viguetas de longitudes menores a 3.5 m pueden ser acarreadas desde los extremos, pero para viguetas de longitudes mayores a 3.5 m deben ser sostenidas a 60 cm de sus extremos con el fin de evitar movimientos ondulatorios bruscos, los cuales podrían generar fisuras en el patín de concreto y/o deformaciones permanentes en el acero superior del tralicho.

Así también se recomienda que para el almacenado de las viguetas Alitec (en varios niveles), estas deben ser colocadas sobre un terreno nivelado, así también se deberá colocar cuartones de madera cada 2 m debiendo estar verticalmente alineadas con los cuartones superiores del siguiente nivel de viguetas.

## **ABSTRACT**

Nowadays, real estate companies seek to counteract the effects of the extra cost that the construction of a building implies for them, therefore they look for technological alternatives that allow them to reduce their expenses in order to obtain a greater economic profitability; one of these alternatives is the "Alitec Lightened Slab System", a prefabricated system from the company ITALCONCRETO SAC and which is the analysis center for this professional sufficiency work.

The objective of this study is mainly focused on the case of bidirectional lightened slabs and wide spans, for this, the process of converting a conventional slab to a precast slab with an Alitec open core will be revealed step by step, since the arrival of plans for its measurement and quotation, until its total conversion.

Complementing this objective will be sought:

- Publicize the set of elements (structural and non-structural) that make up the "Alitec Lightened Slab System", as well as their advantages and disadvantages.
- That the "Alitec Lightened Slab System" serve as a good option for real estate companies, as well as for individuals when choosing between building the lightened slab in a conventional way or through the precast system.

In order to achieve the proposed objectives, we will proceed and take as an example, the projects:

- "Don José Multifamily Building and Private Offices" corresponding to Basement 1 where the conversion of the conventional system to the prefabricated Alitec system of a bidirectional slab will be appreciated.
- "Tudela y Varela Multifamily Housing" corresponding to the 2nd Floor where the comparison between the conventional system and the Alitec precast system will be seen with respect to the total amount of wood for formwork, concrete and steel used, both for unidirectional slabs and bidirectional slabs.

Obtaining from the comparison of materials used, the following results:

- That by using the Alitec system for a unidirectional slab the percentage saved is 46.69% in formwork, 0.69% in steel and 5.02% in concrete.
- That by using the Alitec system for a bidirectional slab, the percentage saved is 52.56% in formwork, 8.80% in steel and  $-1.67\%$  in concrete (indicating that the total concrete used in the Alitec system is greater than that used in the conventional system).
- That a unidirectional lightened slab in the conventional system is  $0.77 \text{ kg/m}^2$  or 0.27% heavier than in the Alitec precast system.
- That a bidirectional lightened slab in the conventional system is  $8.38 \text{ kg/m}^2$  or 2.56% lighter than in the Alitec precast system.

Concluding that the conversion to the Alitec system of a bidirectional slab is practical due to the relationship that exists between its loads and its spans raised to the fourth, because with this method the overloads ( $CV$  and  $CM$ ) are obtained in both directions of the slab. bidirectional, allowing the analysis of the slab in each direction as if it were a simply supported system.

Thus, it can also be concluded that the assembly or installation of the Alitec prefabricated system (placement of the joists, vaults, electrical and sanitary trays), turns out to be practical and repetitive.

On the other hand, it is recommended that with regard to handling, it should be taken into account that for joists of lengths less than  $3.5 \text{ m}$  they can be hauled from the ends, but for joists of lengths greater than  $3.5 \text{ m}$  they must be supported at  $60 \text{ cm}$  from its ends in order to avoid sudden wave movements, which could generate cracks in the concrete skid and / or permanent deformations in the upper steel of the tralicho.

Thus, it is also recommended that for the storage of Alitec joists (on several levels), they should be placed on a level ground, as well as wood squares should be placed every  $2 \text{ m}$  and must be vertically aligned with the upper squares of the next level of joists.

## **PRÓLOGO**

En los últimos años la demanda en el sector inmobiliario se ha incrementado considerablemente, generando a su vez un incremento de empresas constructoras las cuales para obtener mayores utilidades buscan optimizar sus procesos y recursos, utilizando de forma más seguida sistemas constructivos prefabricados y uno de estos sistemas constructivos es el “Sistema de Losas Aligeradas Alitec” de la empresa Italconcreto.

El presente trabajo de suficiencia profesional, “Diseño de Losas Aligeradas con Viguetas Prefabricadas: Solución de Casos Especiales” busca dar a conocer el sistema prefabricado de alma abierta Alitec, para el caso de una losa bidireccional y de luces amplias. Otro motivo que impulsa el desarrollo del presente informe es en lo práctico y limpio que se hace el trabajo, al momento de su instalación o montaje.

Este trabajo puede servir para tomar una decisión al momento de elegir entre hacer la losa aligerada por el medio convencional o por el sistema prefabricado; ya que muchas veces por el desconocimiento, dejamos de lado el sistema prefabricado sin tomar en cuenta las ventajas que nos ofrece.

Este trabajo de suficiencia profesional consta de seis capítulos, en donde se encontrará una breve descripción de la prefabricación en la construcción, el marco teórico del sistema prefabricado Alitec, el proceso de análisis estructural, la metodología utilizada para su realización, el proceso de fabricación y de montaje; tomándose a modo de ejemplo el proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”, para losas aligeradas unidireccionales y el proyecto “Edificio Multifamiliar y Oficinas Privadas Don José”, para losas aligeradas bidireccionales.

Por último, se verá la comparativa entre los materiales utilizados, para los dos sistemas, tanto para losas unidireccionales como bidireccionales.

También se verán las ventajas y desventajas, que aportan ambos sistemas; finalizando con las conclusiones y recomendaciones.

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla N°3.1:</b> Valores de Sobrecarga y Áreas del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”.	44
<b>Tabla N°3.2:</b> Costo por $m^2$ del Sistema Alitec.	44
<b>Tabla N°3.3:</b> Valores de Momentos Flectores, para cada Combinación del Sistema Alitec.	50
<b>Tabla N°3.4:</b> Valores de la Carga Muerta para los Diferentes Tipos de Bovedillas.	51
<b>Tabla N°3.5:</b> Obtención de la Envolvente Mediante la Suma de Combinaciones.	53
<b>Tabla N°3.6:</b> Valores de Momentos, para los Aceros de Refuerzo Negativo con $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .	59
<b>Tabla N°3.7:</b> Valores de Momentos, para los Aceros de Refuerzo Positivo con $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$ .	60
<b>Tabla N°3.8:</b> Parte de Producción del Semisótano del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”.	63
<b>Tabla N°5.1:</b> Valores de Carga Muerta por $m^2$ para los Diferentes Tipos de Bovedillas.	87
<b>Tabla N°5.2:</b> Valores de Carga Muerta por $m^2$ para los Diferentes Tipos de Bovedillas.	90
<b>Tabla N°5.3:</b> Obtención de la Envolvente Mediante la Suma de Combinaciones, en el Sentido de las Viguetas Alitec.	94
<b>Tabla N°5.4:</b> Valores de Momentos, para los Aceros de Refuerzo Negativo con $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .	101
<b>Tabla N°5.5:</b> Valores de Momentos, para los Aceros de Refuerzo Positivo con $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$ .	102
<b>Tabla N°5.6:</b> Obtención de la Envolvente Mediante la Suma de Combinaciones, del Paño “P” y en el Sentido de las Viguetas Convencionales.	107
<b>Tabla N°5.7:</b> Valores de Momentos, para los Aceros de Refuerzo Negativo y Refuerzo Positivo con $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .	111

<b>Tabla N°5.8:</b>	Obtención de la Envolvente Mediante la Suma de Combinaciones, de los Paños “Q” y “R” y en el Sentido de las Viguetas Convencionales.	113
<b>Tabla N°5.9:</b>	Valores de Momentos, para los Aceros de Refuerzo Negativo y Refuerzo Positivo con $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .	117
<b>Tabla N°6.1:</b>	Volumen de cada Elemento, para el Encofrado de la Losa Aligerada Unidireccional.	126
<b>Tabla N°6.2:</b>	Cantidad de Elementos, para el Encofrado de la Losa Aligerada Unidireccional.	128
<b>Tabla N°6.3:</b>	Cantidad de Madera Utilizada, para el Encofrado de la Losa Aligerada Unidireccional en cada Sistema.	129
<b>Tabla N°6.4:</b>	Cantidad de Concreto para una Losa Aligerada Unidireccional de $4.50 \text{ m} \times 4.00 \text{ m}$ en cada Sistema.	130
<b>Tabla N°6.5:</b>	Volumen de Concreto de las Viguetas Alitec para la Losa Aligerada Unidireccional de $4.50 \text{ m} \times 4.00 \text{ m}$ .	130
<b>Tabla N°6.6:</b>	Cantidad Total de Concreto para una Losa Aligerada Unidireccional de $4.50 \text{ m} \times 4.00 \text{ m}$ en cada Sistema.	130
<b>Tabla N°6.7:</b>	Consumo de Concreto en una Losa Aligerada Unidireccional para diferentes tipos de peraltes en cada Sistema.	131
<b>Tabla N°6.8:</b>	Volumen de Concreto por $\text{m}^2$ de Losa Aligerada Unidireccional Convencional.	133
<b>Tabla N°6.9:</b>	Volumen de Concreto por $\text{m}^2$ de Losa Aligerada Unidireccional Alitec.	135
<b>Tabla N°6.10:</b>	Cantidad de Acero Utilizado, en la Losa Aligerada Unidireccional de cada Sistema.	135
<b>Tabla N°6.11:</b>	Volumen de cada Elemento, para el Encofrado de la Losa Aligerada Bidireccional.	141
<b>Tabla N°6.12:</b>	Cantidad de Elementos, para el Encofrado de la Losa Aligerada Bidireccional.	142
<b>Tabla N°6.13:</b>	Cantidad de Madera Utilizada, para el Encofrado de la Losa Aligerada Bidireccional en cada Sistema.	143
<b>Tabla N°6.14:</b>	Cantidad de Concreto para una Losa Aligerada Bidireccional de $7.20 \text{ m} \times 6.50 \text{ m}$ en cada Sistema.	144

<b>Tabla N°6.15:</b>	Volumen de Concreto de las Viguetas Alitec para la Losa Aligerada Bidireccional de 7.20 m x 6.50 m.	144
<b>Tabla N°6.16:</b>	Volumen de Concreto de las Bandejas Estructurales Ranuradas para la Losa Aligerada Bidireccional de 7.20 m x 6.50 m.	144
<b>Tabla N°6.17:</b>	Cantidad Total de Concreto para una Losa Aligerada Bidireccional de 7.20 m x 6.50 m en cada Sistema.	145
<b>Tabla N°6.18:</b>	Consumo de Concreto en una Losa Aligerada Bidireccional para diferentes tipos de peraltes en cada Sistema.	145
<b>Tabla N°6.19:</b>	Volumen de Concreto por m <sup>2</sup> de Losa Aligerada Bidireccional Convencional.	147
<b>Tabla N°6.20:</b>	Volumen de Concreto por m <sup>2</sup> de Losa Aligerada Bidireccional Alitec.	149
<b>Tabla N°6.21:</b>	Cantidad de Acero Utilizado, en la Losa Aligerada Bidireccional de cada Sistema.	150
<b>Tabla N°6.22:</b>	Cuadro Resumen de Cantidades de Acero Utilizado, en la Losa Aligerada Bidireccional para cada Sistema.	151
<b>Tabla N°6.23:</b>	Cuadro Resumen de Porcentajes Ahorrados de Encofrado, Concreto y Acero Utilizados en cada Sistema.	151
<b>Tabla N°6.24:</b>	Resumen de Pesos por m <sup>2</sup> en Losa Aligerada Unidireccional de 4.50 m x 4.00 m.	155
<b>Tabla N°6.25:</b>	Resumen de Pesos por m <sup>2</sup> en Losa Aligerada Bidireccional de 7.20 m x 6.50 m.	155
<b>Tabla N°6.26:</b>	Cuadro Resumen de Pesos por Metro Cuadrado, en cada Sistema.	155

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura N°2.1:</b> Detalle del Sistema Prefabricado Alitec.	30
<b>Figura N°2.2:</b> Detalle de los Aceros que Conforman el Tralicho.	31
<b>Figura N°2.3:</b> Detalle del Patín de Concreto de la Vigueta Alitec.	32
<b>Figura N°2.4:</b> Detalle de la Bovedilla de Arcilla.	33
<b>Figura N°2.5:</b> Detalle de la Bandeja Eléctrica con Caja Octogonal.	34
<b>Figura N°2.6:</b> Detalle de la Bandeja Eléctrica sin Caja Octogonal.	34
<b>Figura N°2.7:</b> Detalle de la Bandeja Sanitaria.	35
<b>Figura N°2.8:</b> Detalle de la Bandeja Estructural.	35
<b>Figura N°2.9:</b> Detalle de la Bandeja Estructural Ranurada.	36
<b>Figura N°2.10:</b> Bovedillas y Bandejas del Sistema Alitec.	36
<b>Figura N°3.1:</b> Combinación de Aceros de Refuerzo para las Viguetas Alitec.	40
<b>Figura N°3.2:</b> Áreas para el Metrado Alitec del Semisótano del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”.	41
<b>Figura N°3.3:</b> Áreas para el Metrado Alitec del Piso 1, 2, 3 y 4 del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”.	42
<b>Figura N°3.4:</b> Áreas para el Metrado Alitec de la Azotea del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”.	43
<b>Figura N°3.5:</b> Modelo de Cotización del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno” Pág. 1.	45
<b>Figura N°3.6:</b> Modelo de Cotización del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno” Pág. 2.	46
<b>Figura N°3.7:</b> Modelo de Cotización del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno” Pág. 3.	47
<b>Figura N°3.8:</b> Plano del Semisótano del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”.	52
<b>Figura N°3.9:</b> Combinaciones de Cargas para el Tramo ABCD, Correspondiente al Semisótano del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”.	53
<b>Figura N°3.10:</b> Ingreso de Datos en el SAP, para los 3 Tramos Consecutivos del Semisótano.	54

<b>Figura N°3.11:</b>	Ingreso de la Carga Muerta (DEAD), para los 3 Tramos Consecutivos del Semisótano.	54
<b>Figura N°3.12:</b>	Ingreso de la Carga Viva (L1), para los 3 Tramos Consecutivos del Semisótano.	55
<b>Figura N°3.13:</b>	Ingreso de la Carga Viva (L2), para los 3 Tramos Consecutivos del Semisótano.	55
<b>Figura N°3.14:</b>	Ingreso de la Carga Viva (L3), para los 3 Tramos Consecutivos del Semisótano.	56
<b>Figura N°3.15:</b>	Ingreso de la Carga Viva (L4), para los 3 Tramos Consecutivos del Semisótano.	56
<b>Figura N°3.16:</b>	Obtención de Cortantes Máximas en la Dirección de las Viguetas Alitec.	57
<b>Figura N°3.17:</b>	Obtención de Momentos Máximos en la Dirección de las Viguetas Alitec.	57
<b>Figura N°3.18:</b>	Esquema de las Viguetas Alitec con sus Aceros de Refuerzo.	61
<b>Figura N°3.19:</b>	Plano de Encofrado Alitec del Semisótano (E-01) Comprendido entre los <i>Ejes A – I/3 – 4</i> , del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”.	62
<b>Figura N°3.20:</b>	Plano de Montaje Alitec del Semisótano (EM-1) Comprendido entre los <i>Ejes A – I/3 – 4</i> , del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”.	64
<b>Figura N°4.1:</b>	Esquema del Proceso Constructivo de las Viguetas Alitec.	65
<b>Figura N°4.2:</b>	PP del Semisótano del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”.	66
<b>Figura N°4.3:</b>	Corte del Tralicho y Acero de Refuerzo.	66
<b>Figura N°4.4:</b>	Colocación de Desmoldante en los Moldes de las Viguetas Prefabricadas Alitec.	67
<b>Figura N°4.5:</b>	Colocación y Fijación del Acero de Refuerzo Positivo, en el Tralicho.	67
<b>Figura N°4.6:</b>	Colocación del Conjunto (Tralicho y Acero de Refuerzo Positivo) en los Moldes.	68
<b>Figura N°4.7:</b>	Colocación y Vibrado del Concreto.	68
<b>Figura N°4.8:</b>	Desencofrado y Almacenaje de Viguetas.	69

<b>Figura N°4.9:</b>	Aplicación de Curador Químico en las Viguetas Alitec, Mediante Mochila Aspersora.	69
<b>Figura N°4.10:</b>	Colocación y Separación Recomendada, de Soleras y Puntales.	70
<b>Figura N°4.11:</b>	Detalle del Apoyo de la Vigüeta Alitec, en Vigas, Placas y Muros Portantes.	71
<b>Figura N°4.12:</b>	Colocación de Viguetas Alitec en la Losa Aligerada.	71
<b>Figura N°4.13:</b>	Apuntalamiento y Nivelación de las Viguetas Alitec.	72
<b>Figura N°4.14:</b>	Colocación de Bovedillas de Arcilla en los Extremos, para el Alineamiento de las Viguetas.	73
<b>Figura N°4.15:</b>	Detalle de las Instalaciones Sanitarias, que Pasan por los Alambrones en Zigzag de la Vigüeta Alitec.	74
<b>Figura N°4.16:</b>	Colocación de Bandejas Sanitarias para el Recorrido de las Tuberías de Desagüe en Losa de 30 cm de Peralte.	74
<b>Figura N°4.17:</b>	Colocación de la Malla de Temperatura en la Losa Aligerada Alitec.	75
<b>Figura N°4.18:</b>	Colocación de las Tuberías de Luz, usando las Bandejas Eléctricas.	76
<b>Figura N°4.19:</b>	Sellado de los Alveolos de las Bovedillas, usando Tapas de Tecnopor.	76
<b>Figura N°5.1:</b>	Representación Esquemática de las Losas de Edificios.	77
<b>Figura N°5.2:</b>	Sistemas de Losas en Una y Dos Direcciones.	78
<b>Figura N°5.3:</b>	Sistemas de Placa Plana y Losa Plana.	78
<b>Figura N°5.4:</b>	Sección de Losa Maciza y Aligerada de Hormigón Armado.	79
<b>Figura N°5.5:</b>	Acción Estructural en Una y en Dos Direcciones en Losas.	80
<b>Figura N°5.6:</b>	Disposición de Franjas en una Losa en Dos Direcciones.	81
<b>Figura N°5.7:</b>	Definición de Franjas y Momentos en Losas en Dos Direcciones.	82
<b>Figura N°5.8:</b>	Losa Bidireccional, Utilizando el Sistema Alitec.	83
<b>Figura N°5.9:</b>	Vista Isométrica de la Losa Aligerada Bidireccional Alitec.	84
<b>Figura N°5.10:</b>	Vista Isométrica del sentido de las viguetas Alitec y bandejas estructurales ranuradas de la Losa Aligerada Bidireccional Alitec.	84

<b>Figura N°5.11:</b>	Modelo Matemático para el tramo comprendido entre los Ejes B – C/5' – 9 del Proyecto “Edificio Multifamiliar y Oficinas Privadas Don José”.	85
<b>Figura N°5.12:</b>	Dimensión de la Losa Bidireccional, Correspondiente al Paño “P”.	87
<b>Figura N°5.13:</b>	Dimensión de la Losa Bidireccional, Correspondiente al Paño “Q” y “R”.	90
<b>Figura N°5.14:</b>	Esquema Resumen de Cargas Vivas y Muertas en Ambas Direcciones.	93
<b>Figura N°5.15:</b>	Esquema de Análisis en el Sentido de las Viguetas Alitec.	93
<b>Figura N°5.16:</b>	Combinaciones de Cargas en el Sentido de las Viguetas Alitec.	94
<b>Figura N°5.17:</b>	Ingreso de la Carga Muerta “DEAD” en el 1er Tramo.	95
<b>Figura N°5.18:</b>	Ingreso de la Carga Muerta “DEAD” en el 2do y 3er Tramo.	95
<b>Figura N°5.19:</b>	Ingreso de la Carga Viva “L1” en el 1er Tramo.	96
<b>Figura N°5.20:</b>	Ingreso de la Carga Viva “L1” en el 2do y 3er Tramo.	96
<b>Figura N°5.21:</b>	Ingreso de la Carga Viva “L2” en el 1er Tramo.	97
<b>Figura N°5.22:</b>	Ingreso de la Carga Viva “L2” en el 3er Tramo.	97
<b>Figura N°5.23:</b>	Ingreso de la Carga Viva “L3” en el 2do Tramo.	98
<b>Figura N°5.24:</b>	Ingreso de la Carga Viva “L4” en el 1er Tramo.	98
<b>Figura N°5.25:</b>	Ingreso de la Carga Viva “L4” en el 2do Tramo.	99
<b>Figura N°5.26:</b>	Obtención de Momentos Máximos en la Dirección de las Viguetas Alitec.	99
<b>Figura N°5.27:</b>	Obtención de Cortantes Máximas en la Dirección de las Viguetas Alitec.	100
<b>Figura N°5.28:</b>	Zonas de Ensanches para la Losa Aligerada Alitec con Peralte de $h = 0.20m$ .	104
<b>Figura N°5.29:</b>	Esquema en el Sentido de las viguetas Alitec con sus Aceros de Refuerzo y Ensanches.	106
<b>Figura N°5.30:</b>	Esquema de Análisis en el Sentido de las Viguetas Convencionales (Perpendicular a las Viguetas Alitec en el Paño “P”).	106
<b>Figura N°5.31:</b>	Combinaciones de Cargas del Paño “P”, en el Sentido de las Viguetas Convencionales.	106

<b>Figura N°5.32:</b>	Ingreso de la Carga Muerta “DEAD”.	107
<b>Figura N°5.33:</b>	Ingreso de la Carga Viva “L1”.	108
<b>Figura N°5.34:</b>	Obtención de Momentos Máximos en la Dirección de las Viguetas Convencionales.	108
<b>Figura N°5.35:</b>	Obtención de Cortantes Máximas en la Dirección de las Viguetas Convencionales.	109
<b>Figura N°5.36:</b>	Esquema de las Viguetas Convencionales con su Acero de Refuerzo, en el Paño “P”.	112
<b>Figura N°5.37:</b>	Esquema de Análisis en el Sentido de las Viguetas Convencionales (Perpendicular a las Viguetas Alitec en los Paños “Q” y “R”).	113
<b>Figura N°5.38:</b>	Combinaciones de Cargas de los Paños “Q” y “R”, en el Sentido de Viguetas Convencionales.	113
<b>Figura N°5.39:</b>	Ingreso de la Carga Muerta “DEAD”.	114
<b>Figura N°5.40:</b>	Ingreso de la Carga Viva “L1”.	114
<b>Figura N°5.41:</b>	Obtención de Momentos Máximos en la Dirección de las Viguetas Convencionales.	115
<b>Figura N°5.42:</b>	Obtención de Cortantes Máximas en la Dirección de las Viguetas Convencionales.	115
<b>Figura N°5.43:</b>	Esquema de las Viguetas Convencionales con su Acero de Refuerzo en los Paños “Q” y “R”.	118
<b>Figura N°5.44:</b>	Plano de Encofrado Alitec del Sótano 1, comprendido entre los <i>Ejes B – C/5’ – 9</i> del Proyecto “Edificio Multifamiliar y Oficinas Privadas Don José”.	119
<b>Figura N°5.45:</b>	Plano de Montaje Alitec del Sótano 1, comprendido entre los <i>Ejes B – C/5’ – 9</i> del Proyecto “Edificio Multifamiliar y Oficinas Privadas Don José”.	120
<b>Figura N°6.1:</b>	Vista en Planta del Paño de Losa Aligerada Unidireccional, Comprendida entre los <i>Ejes 1 – 2/D’ – E</i> , del 2do Piso del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Tudela y Varela”.	121
<b>Figura N°6.2:</b>	Corte Longitudinal <i>A – A</i> , para la Losa Aligerada Unidireccional Convencional.	122
<b>Figura N°6.3:</b>	Corte Longitudinal <i>B – B</i> , para la Losa Aligerada Unidireccional Convencional.	123

<b>Figura N°6.4:</b>	Corte Longitudinal $A - A$ , para la Losa Aligerada Unidireccional Prefabricada Alitec.	124
<b>Figura N°6.5:</b>	Corte Longitudinal $B - B$ , para la Losa Aligerada Unidireccional Prefabricada Alitec.	125
<b>Figura N°6.6:</b>	Vista Isométrica de un Pie Cuadrado de Construcción.	127
<b>Figura N°6.7:</b>	Losa Aligerada Unidireccional del Sistema Convencional.	132
<b>Figura N°6.8:</b>	Losa Aligerada Unidireccional del Sistema Prefabricado Alitec.	134
<b>Figura N°6.9:</b>	Vista en Planta del Paño de Losa Aligerada Bidireccional, Comprendida entre los $Ejes 2 - 3/B - C$ , del 2do Piso del Proyecto "Vivienda Multifamiliar Tudela y Varela".	136
<b>Figura N°6.10:</b>	Corte Longitudinal $C - C$ , para la Losa Aligerada Bidireccional Convencional.	137
<b>Figura N°6.11:</b>	Corte Longitudinal $D - D$ , para la Losa Aligerada Bidireccional Convencional.	138
<b>Figura N°6.12:</b>	Corte Longitudinal $C - C$ , para la Losa Aligerada Bidireccional Prefabricada Alitec.	139
<b>Figura N°6.13:</b>	Corte Longitudinal $D - D$ , para la Losa Aligerada Bidireccional Prefabricada Alitec.	140
<b>Figura N°6.14:</b>	Losa Aligerada Bidireccional del Sistema Convencional.	146
<b>Figura N°6.15:</b>	Losa Aligerada Bidireccional del Sistema Prefabricado Alitec.	148

## LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

$h_{losa}$ :	Altura de losa.
$h_{ladrillo}$ :	Altura de Ladrillo.
$A_s$ :	Área de Acero de Refuerzo.
$\text{Área}_{trans.}$ :	Área Transversal.
$ACI$ :	American Concrete Institute.
$Cant_{ladrillos}$ :	Cantidad de Ladrillos.
$CM$ ó $DEAD$ :	Carga Muerta.
$CV$ :	Carga Viva.
$w$ ó $q$ :	Carga Distribuida Uniforme.
$w_{m\acute{a}x}$ :	Carga Distribuida Uniforme Máxima.
$q$ :	Carga Total.
$q_a$ :	Carga en la Dirección Corta.
$q_b$ :	Carga en la Dirección Larga.
$CM_{total}$ :	Carga Muerta Total.
$CM_{AB}$ :	Carga Muerta en el Tramo $AB$ .
$CM_{CD}$ :	Carga Muerta en el Tramo $CD$ .
$CM_{EF}$ :	Carga Muerta en el Tramo $EF$ .
$CM_a$ ó $CM_{ar}$ :	Carga Muerta en la Dirección Corta.
$CM_b$ ó $CM_{br}$ :	Carga Muerta en la Dirección Larga.
$CV_{total}$ :	Carga Viva Total.
$CV_{AB}$ :	Carga Viva en el Tramo $AB$ .
$CV_{CD}$ :	Carga Viva en el Tramo $CD$ .
$CV_{EF}$ :	Carga Viva en el Tramo $EF$ .
$L1$ ó $CV - 1$ :	Carga Viva en la Combinación 1.
$L2$ ó $CV - 2$ :	Carga Viva en la Combinación 2.
$L3$ ó $CV - 3$ :	Carga Viva en la Combinación 3.
$L4$ ó $CV - 4$ :	Carga Viva en la Combinación 4.
$CV_a$ ó $CV_{ar}$ :	Carga Viva en la Dirección Corta.
$CV_b$ ó $CV_{br}$ :	Carga Viva en la Dirección Larga.
$W_u$ :	Carga Ultima.
$cm$ :	Centímetro.
$cm^2$ :	Centímetro cuadrado.

<b>COM – 1:</b>	Combinación de cargas 1.
<b>COM – 2:</b>	Combinación de cargas 2.
<b>COM – 3:</b>	Combinación de cargas 3.
<b>COM – 4:</b>	Combinación de cargas 4.
<b>Comb – 1:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = 8mm
<b>Comb – 2:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = 8mm + 8mm
<b>Comb – 3:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = 12mm
<b>Comb – 4:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = 8mm + 12mm
<b>Comb – 5:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = 12mm + 12mm
<b>Comb – 6:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = 8mm + 1 $\phi$ 5/8 "
<b>Comb – 7:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = 12mm + 1 $\phi$ 5/8 "
<b>Comb – 8:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = 1 $\phi$ 5/8 " + 1 $\phi$ 5/8 "
<b>Comb – 9:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = 1 $\phi$ 3/8 "
<b>Comb – 10:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = 1 $\phi$ 1/2 "
<b>Comb – 11:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = 1 $\phi$ 3/8 " + 1 $\phi$ 3/8 "
<b>Comb – 12:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = 1 $\phi$ 3/8 " + 1 $\phi$ 1/2 "
<b>Comb – 13:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = 1 $\phi$ 1/2 " + 1 $\phi$ 1/2 "
<b>Comb – 14:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = 1 $\phi$ 3/8 " + 1 $\phi$ 5/8 "
<b>Comb – 15:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = 1 $\phi$ 1/2 " + 1 $\phi$ 5/8 "
<b>Comb – 16:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = 1 $\phi$ 5/8 " + 1 $\phi$ 5/8 "
<b>Comb' – 1:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = <i>Tralicho</i>
<b>Comb' – 2:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = <i>Tralicho</i> + 7.5mm
<b>Comb' – 3:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = <i>Tralicho</i> + 9mm
<b>Comb' – 4:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = <i>Tralicho</i> + 7.5mm + 7.5mm
<b>Comb' – 5:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = <i>Tralicho</i> + 7.5mm + 9mm
<b>Comb' – 6:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = <i>Tralicho</i> + 12mm
<b>Comb' – 7:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = <i>Tralicho</i> + 9mm + 9mm
<b>Comb' – 8:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = <i>Tralicho</i> + 7.5mm + 12mm
<b>Comb' – 9:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = <i>Tralicho</i> + 9mm + 12mm

<b><i>Comb'</i> – 10:</b>	Combinación de Aceros de Refuerzo = <i>Tralicho</i> + 12mm + 12mm
<b><math>\delta_{m\acute{a}x}</math> ó <math>\Delta_{m\acute{a}x}</math>:</b>	Deflexión Máxima.
<b><math>\phi</math>:</b>	Diámetro de la Varilla de Acero.
<b><math>L_1</math>:</b>	Distancia desde el extremo izquierdo hacia el acero de refuerzo.
<b><math>L_2</math>:</b>	Distancia desde el extremo derecho hacia el acero de refuerzo.
<b><i>e</i>:</b>	Ensanche Alternado.
<b><i>ENV</i>:</b>	Envolvente.
<b><math>f_y</math>:</b>	Esfuerzo de Fluencia del Acero.
<b><math>f'_c</math>:</b>	Esfuerzo de Resistencia a la Compresión del Concreto.
<b><math>b_y</math>:</b>	Franjas Paralelas al Eje X.
<b><math>b_x</math>:</b>	Franjas Paralelas al Eje Y.
<b><i>V</i>:</b>	Fuerza Cortante.
<b><i>V</i> –:</b>	Fuerza Cortante Negativa.
<b><i>V</i> +:</b>	Fuerza Cortante Positiva.
<b><i>I</i>:</b>	Inercia.
<b><i>Kg</i>:</b>	Kilogramo.
<b><i>kN</i>:</b>	Kilonewton.
<b><i>L</i>:</b>	Longitud de Acero de Refuerzo.
<b><math>L_n</math>:</b>	Luz Libre.
<b><math>L_a</math> ó <math>L_{a'}</math>:</b>	Luz Libre en la Dirección Corta.
<b><math>L_b</math> ó <math>L_{b'}</math>:</b>	Luz Libre en la Dirección Larga.
<b><math>L_{AB}</math>:</b>	Luz Libre en Tramo AB.
<b><math>L_{CD}</math>:</b>	Luz Libre en Tramo CD.
<b><i>m</i>:</b>	Metro.
<b><i>ml</i>:</b>	Metro Lineal.
<b><math>m^2</math>:</b>	Metro Cuadrado.
<b><math>m^3</math>:</b>	Metro Cúbico.
<b><i>mm</i>:</b>	Milímetro.
<b><i>E</i>:</b>	Módulo de Elasticidad.
<b><i>M</i>:</b>	Momento.
<b><math>M_A</math>:</b>	Momento en el Apoyo "A".

$M_D$ :	Momento en el Apoyo "D".
$M_E$ :	Momento en el Apoyo "E".
$M_F$ :	Momento en el Apoyo "F".
$M^+_{m\acute{a}x}$ :	Momento Máximo.
$M_{a_{m\acute{a}x}}$ :	Momento Máximo en la Dirección Corta.
$M_{b_{m\acute{a}x}}$ :	Momento Máximo en la Dirección Larga.
$\phi M_n$ :	Momento Nominal.
$M -$ :	Momento Flector Negativo.
$M +$ :	Momento Flector Positivo.
$N.P.T.$ :	Nivel de Piso Terminado.
$E - 020$ :	Norma Técnica Peruana de Cargas.
$E - 060$ :	Norma Técnica Peruana de Concreto Armado.
$h_s$  $h$ :	Peralte de Losa.
$ft$ :	Pie.
$pi^2$	Pie Cuadrado de Construcción o Pie Tablar.
$EPS$ :	Poliestireno Expandido.
%:	Porcentaje.
$P.U.$ :	Precio Unitario por Metro Cuadrado.
"  $pulg.$ :	Pulgada.
$rad$ :	Radianes.
@:	Separación entre varillas de acero.
$S/C$ :	Sobrecarga.
$S/$ :	Sol (Moneda del Perú).
$Ton$  $Tn$	Tonelada.
$t$ :	Tralicho.
$Und.$ :	Unidad.
$var.$ :	Variable.
$VT$ :	Vigueta Transversal.
$Vol$ :	Volumen.
$V_{concreto}$ :	Volumen de Concreto.
$V_{techo}$ :	Volumen de Techo.
$V_{ladrillo}$ :	Volumen de Ladrillo.
$V_{bovedilla}$ :	Volumen de Ladrillo Tipo Bovedilla.
$V_{patín}$ :	Volumen de Patín de Concreto.

$V_{band. \text{ estru. ranurada}}$ : Volumen de Bandeja Estructural Ranurada.  
 $V_{madera}$ : Volumen de Madera.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1 PREFABRICACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

En los últimos años se ha arraigado más la utilización de elementos prefabricados por parte de las empresas inmobiliarias para la construcción de sus proyectos, esto debido al ahorro en el tiempo de ejecución (principalmente) y a la gran oferta de empresas que elaboran y ofrecen estos productos prefabricados.

Como señala López A., “En la actualidad hay muchos motivos para decidirse por una construcción que utiliza un alto porcentaje de procesos industrializados, ventajas que van desde un control más ajustado de los gastos y de los tiempos de ejecución; la posibilidad de poder acceder a elementos producidos en fábricas lejanas – lo cual tiene una múltiple perspectiva, la del empresario que busca costos más baratos en la producción, la del proyectista de un país con una industria local poco desarrollada, etc.–; el asegurar una calidad final superior y también el cumplimiento de normas cada vez más exigentes en todos los apartados de la construcción.” [6]

La gran demanda de elementos prefabricados se debe a los beneficios que aportan a la obra. Así como se sugiere en un reciente trabajo, “En el sector hay una gama de elementos prefabricados que permiten construir edificaciones completas y obras de infraestructura, debido a que aportan grandes ventajas como; versatilidad, funcionalidad y velocidad de colocación, además de la economía, estética, durabilidad y practicidad.

El elemento prefabricado es una tecnología inteligente e industrializada que sirve para construir cualquier tipo de obra, sea de edificación o infraestructura, con una alta calidad, eficiencia energética, rentabilidad y seguridad.

La creación de los elementos prefabricados obedece a un concepto de industrialización de la construcción, y una de sus características es que la producción de concreto prefabricado se realiza en alguna ubicación diferente (planta) a su posición final en la estructura; y cuando estos elementos han sido

curados hasta alcanzar una resistencia suficiente para su manejo, son removidos de sus moldes y trasladados a la estructura en obra.” [8]

Al iniciar un proyecto inmobiliario es necesario analizar, que partes del proyecto se puede hacer mediante la utilización de elementos prefabricados (para optimizar ese proceso). Como señala Bozzo M. “Al iniciar el diseño de una obra se debería determinar, en primer lugar, si el proyecto o parte de él, es adecuado para su construcción prefabricada, y que ventajas e inconvenientes existen respecto a otros sistemas constructivos. Normalmente se considera que las principales ventajas de las obras prefabricadas, son la velocidad de construcción, el trabajar en planta de producción y la economía, resultado de emplear menor mano de obra “in situ”. La alta repetición de productos o los prolongados estudios gracias a las modernas técnicas de producción y a la ayuda de los ordenadores en el diseño y fabricación se han convertido en la principal ventaja comercial de la prefabricación.” [1]

Así también como se sugiere en un reciente trabajo, “En el Perú, la demanda de elementos prefabricados de forma industrial ha aumentado constantemente en los últimos años, debido a una serie de prestaciones y/o optimizaciones técnicas, económicas y de tiempo que implica su utilización en obra.

Una de las principales ventajas que ofrecen los elementos prefabricados respecto a los elementos ejecutados “in situ”, es la calidad de los materiales y los acabados del producto final. Y esto es porque los elementos prefabricados se producen en una planta con una serie de condiciones exhaustivas y estrictos controles de calidad.

Así, si en obra solo se realiza el trabajo de montaje de las piezas, la aplicación de elementos prefabricados reduce significativamente el espacio necesario para acopio y producción de piezas en obra, y también el tiempo de ejecución del proyecto. Esta ventaja conlleva a que los costos globales de la obra se reduzcan. De otro lado, al ser externa la producción de los elementos prefabricados se reducen los equipos de trabajo en campo.

Y, por lo general, los operarios de la industria de prefabricados son obreros con mayor especialización y calificación que los obreros de la zona de construcción, reduciendo significativamente los daños o accidentes laborales.

En términos de sostenibilidad, la producción de prefabricados se realiza en una planta donde las condiciones de fabricación están controladas y, por ende, la gestión de los residuos generados es más eficaz; y si a este factor, se acota el hecho que el consumo de energía es menor, se puede afirmar que la construcción de estos elementos es menos dañina para el medio ambiente.

Ciertamente, la construcción de elementos prefabricados de concreto que se basa en el diseño de producción mecanizado de componentes y subsistemas elaborados en serie, presenta un nuevo modo de construir en el mercado, acompañado de una mirada industrial y tecnológica, que brinda una gama de prestaciones para todo proyecto que se quiera desarrollar en el sector.” [8]

## **1.2 PROBLEMÁTICA EN LA CONSTRUCCIÓN INMOBILIARIA**

La problemática que presentan las empresas inmobiliarias es el buscar reducir costos y tiempos de ejecución de una obra, para así poder obtener una mayor rentabilidad.

Es por ello que las empresas ven factible buscar alternativas de innovación tecnológica en la industria de la construcción para obtener ventajas competitivas en el mercado, por ende, en la actualidad se viene trabajando cada vez más con sistemas prefabricados que nos permitan lograr una mejor calidad del producto, reducir plazos de entrega y optimizar recursos.

Uno de estos sistemas prefabricados es el “Sistema de Losas Aligeradas Alitec” de la empresa ITALCONCRETO SAC y el cual es el centro de análisis del presente trabajo de suficiencia profesional.

## **1.3 ANTECEDENTES REFERENCIALES**

Vivas W. llegó a la conclusión que, con relación a las contra flechas que se da en el encofrado para contrarrestar la deformación vertical, podemos indicar que en el sistema pretensado debido a la precompresión de la vigueta pretensada se tiene una contra flecha inicial hacia arriba que disminuye considerablemente las deflexiones, en el sistema reticulado mixto requiere las mismas condiciones del sistema convencional de la losa aligerada; y que con relación a tiempos de ejecución de la obra estos sistemas prefabricados favorecen, ya que se puede obtener disminuciones de tiempo en un rango del 15% al 30% de las partidas

implicadas, así también que podemos indicar que los sistemas prefabricados para losas aligeradas analizados reducen el consumo de concreto por  $m^2$  entre un 15% y 25%. [14]

Díaz G. llegó a la conclusión que, en los sistemas de viguetas prefabricadas, una de las ventajas es la eliminación del encofrado. El término adecuado para las losas aligeradas con viguetas prefabricadas es APUNTALAMIENTO. Este factor es uno de los principales reductores de los costos en comparación al sistema tradicional, y así también concluyó que, en el caso de las viguetas prefabricadas con alma metálica, denominada tralicho, estas aportan hasta un 20% del acero negativo de refuerzo de la losa. [12]

Asto J. llegó a la conclusión que, económicamente es una alternativa viable, debido al ahorro en mano de obra de encofrado de fondo de losa, ahorro en equipo de encofrado y ahorro en la cuantía de acero de todo el edificio por disminución de carga muerta. [10]

Gutiérrez A. llegó a la conclusión que, gracias a su armadura expuesta, la vigueta de alma abierta de Todocemento integra una firme conexión estructural con el concreto nuevo, debido principalmente a las barras diagonales de la armadura que trabajan como conectores de corte horizontal entre el patín de la vigueta y el concreto vaciado en obra. Esta cualidad garantiza un comportamiento similar al de una losa monolítica vaciada en obra, con lo que se siguen las mismas consideraciones de diseño y cálculo estructural. Mientras que la vigueta Firth, por ser pretensada, cuenta con mayor inercia y por lo tanto cuenta con un mayor autoaporte. [13]

## 1.4 OBJETIVOS DEL PRESENTE INFORME

El presente informe de suficiencia profesional, se basa en la experiencia del autor en el área de proyectos, de la empresa ITALCONCRETO SAC y consiste en la conversión de losas aligeradas convencionales, a losas aligeradas prefabricadas utilizando el “Sistema de Losas Aligeradas Alitec”.

### 1.4.1 Objetivo General

El objetivo central está enfocado principalmente al caso de losas aligeradas bidireccionales y de luces amplias, para ello se dará conocer paso a paso el proceso de conversión de una losa convencional a una losa prefabricada de alma abierta Alitec, desde la llegada de los planos para su metrado y cotización, hasta su conversión total y posterior visado por el calculista original.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Dar a conocer el conjunto de elementos (estructurales y no estructurales) que conforman el “Sistema de Losas Aligeradas Alitec”.
- Dar a conocer las ventajas y desventajas del “Sistema de Losas Aligeradas Alitec” así como de lo práctico y limpio que resulta su ejecución en obra.
- Que el “Sistema de Losas Aligeradas Alitec”, sirva como una buena opción para las empresas inmobiliarias, así como para personas particulares al momento de elegir entre construir la losa aligerada de forma convencional o mediante el sistema prefabricado.
- Que el trabajo de suficiencia profesional, sirva como una guía y que ayude a terceros a facilitar la conversión de una losa aligerada convencional al “Sistema de Losas Aligeradas Alitec” o sistemas prefabricados similares.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 2.1 DEFINICIÓN DE LOSA

Las losas son los elementos que hacen factible la existencia de los pisos y techos de una edificación.

Tienen dos funciones principales desde el punto de vista estructural: la primera, ligada a las cargas de gravedad, que es la trasmisión hacia las vigas de las cargas propias de la losa, el piso terminado, la sobrecarga y eventualmente tabiques u otros elementos apoyados en ellos; y la segunda, ligada a las cargas de sismo, que es la obtención de la unidad de la estructura, de manera que esta tenga un comportamiento uniforme en cada piso, logrando que las columnas y muros se deformen una misma cantidad en cada nivel. [2]

#### 2.2 CLASIFICACIÓN DE LOSAS

Las losas de entrepiso se pueden clasificar así:

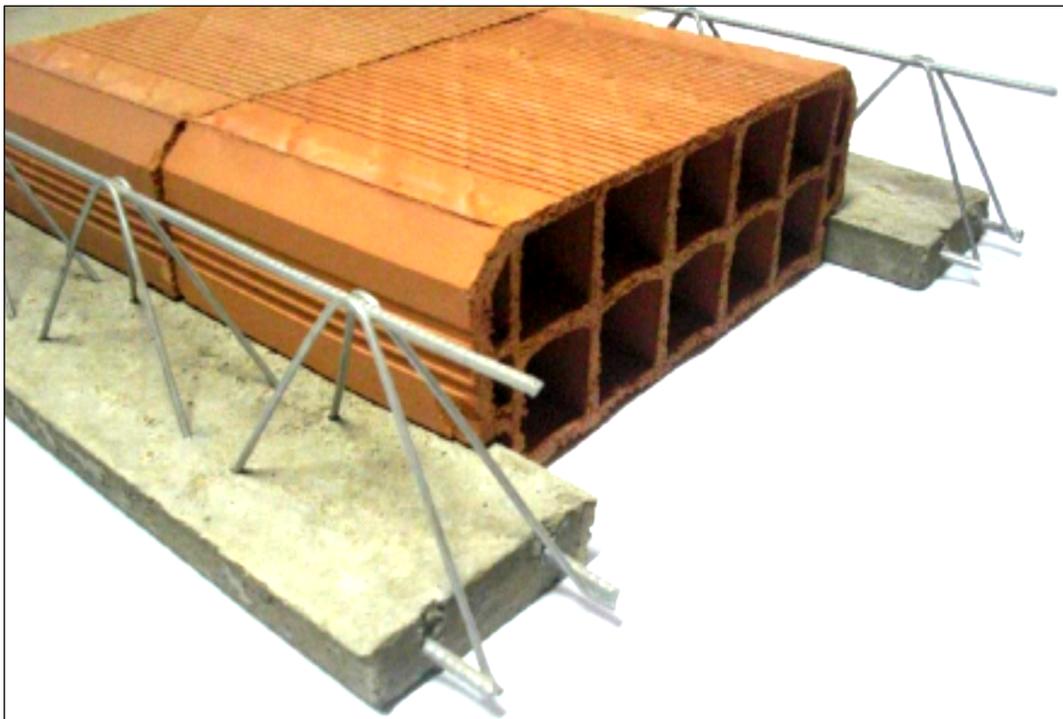
##### a) Según la dirección de carga:

- ❖ Losas Unidireccionales: La losa unidireccional está soportada por vigas en los dos lados opuestos para transportar la carga a lo largo de una dirección. La relación entre el tramo más largo y el tramo más corto es igual o mayor que 2. En este tipo, la losa se doblará en una dirección, es decir, en la dirección a lo largo de su tramo más corto.
  
- ❖ Losas Bidireccionales: La losa bidireccional está soportada por vigas en los cuatro lados y las cargas son transportadas por los soportes a lo largo de ambas direcciones, esto se conoce como losa bidireccional. En la losa de dos vías, la relación entre el tramo más largo y el tramo más corto es menor que 2. Es probable que las losas se doblen en ambas direcciones hacia los cuatro bordes de soporte y, por lo tanto, el refuerzo de distribución se proporciona en ambas direcciones. [15]

**b) Según la distribución interior del concreto:**

- ❖ Losa Maciza: se llama así cuando el concreto ocupa todo el espesor de la losa, ahora bien, cuando parte del volumen de la losa y es ocupado por materiales más livianos o espacios vacíos se conoce como Losa Aligerada o Losa Alivianada: estas losas usan un aligerante para rebajar su peso e incrementar el espesor para darle mayor rigidez transversal a la losa.
- ❖ Losa Aligerada: son aquellas losas en la que parte del concreto se reemplaza por otros materiales como cajones de madera y principalmente cuando se trata de viviendas de uno y dos pisos se reemplaza por ladrillos o bloques. De esta forma se disminuye el peso de la losa y se pueden cubrir mayores luces de manera más económica. [11]

**2.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE LOSAS ALIGERADAS ALITEC**



**Figura N°2.1** Detalle del Sistema Prefabricado Alitec.

El sistema de losas aligeradas Alitec está conceptualizado para reemplazar las losas aligeradas tradicionales ejecutadas en obra (conformadas por viguetas de 10 cm de ancho y de altura de losa variable, espaciadas 40 cm entre eje a eje).

El sistema de losas aligeradas Alitec está conformado por viguetas parcialmente fabricadas en planta, espaciadas de eje a eje una distancia de 50 cm con bloques o bovedillas de arcilla, concreto o poliestireno expandido. Son diseñadas para alturas de losa de 17, 20, 25 y 30 cm llegando a cubrir luces de hasta 8 m de largo en una o dos direcciones según lo señale el diseño estructural.

Las viguetas Alitec constan de los siguientes elementos:

### a) Tralicho

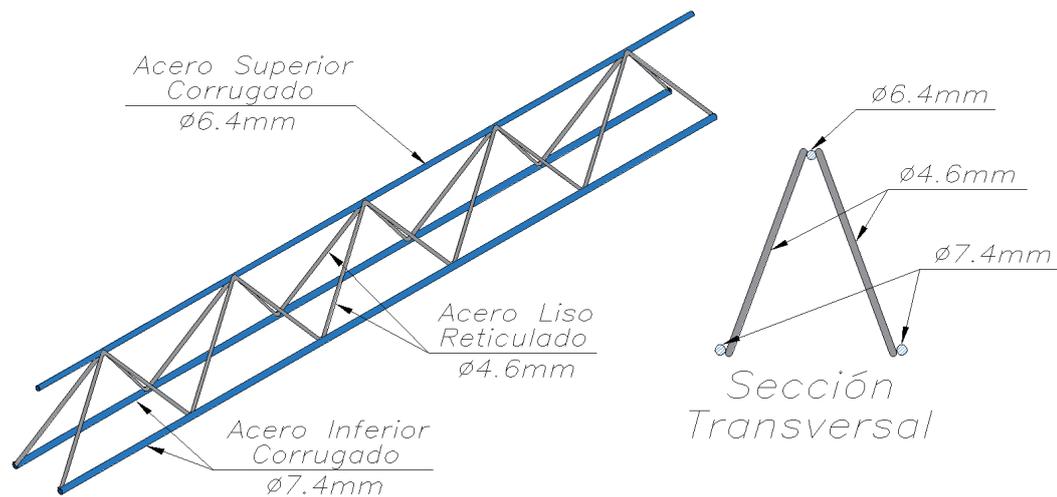


Figura N°2.2 Detalle de los Aceros que Conforman el Tralicho.

Se denomina tralicho a la estructura de acero de alta resistencia grado 80 (con esfuerzo de fluencia del orden de los 5000  $kg/cm^2$ ), compuesto por refuerzos de acero corrugado y trefilado en frío; posee dos aceros inferiores de  $\varnothing 7.4 mm$  (conforman el acero de refuerzo positivo primario) y uno superior de  $\varnothing 6.4 mm$  (que absorbe los requerimientos de carga del aligerado antes del vaciado de concreto) ambos están unidos entre sí por dos alambrones lisos y reticulados continuos de  $\varnothing 4.6 mm$  en zigzag, los cuales están electrosoldados a los aceros de alta resistencia superior e inferior. Ambos elementos cumplen las normas *ASTM A496 – 94* (con respecto al acero corrugado) y la *ASTM A82 – 94* (con respecto al alambroón liso reticulado).

El tralicho está compuesto por los aceros que conforman el acero de refuerzo primario y del diseño estructural se le adicionará en planta, los restantes aceros

de refuerzo requerido (el acero de refuerzo secundario) en la zona inferior y dentro del patín o bloque de concreto que conforma la vigueta prefabricada, satisfaciendo así la demanda total de esfuerzos positivos de la losa en servicio. El acero de refuerzo superior o negativo se adicionará posteriormente en obra por el cliente al igual que el acero de la malla de temperatura.

La vigueta prefabricada con el tralicho constituye por sí misma una estructura rígida con momento de inercia propio, que permite a la estructura un comportamiento de auto soportante de la losa aligerada ensamblada antes del vaciado de concreto, ahorrando en encofrado.

Además, los aceros de refuerzo positivos poseen un adecuado recubrimiento, ocupando la posición exacta donde fueron calculados, lo cual no siempre es factible conseguir con las losas aligeradas convencionales. Finalmente, los alambrones reticulados continuos en zigzag, unen perfectamente el concreto del patín de la vigueta con el concreto vaciado en obra, consiguiendo a lo largo de toda la vigueta una unión monolítica.

#### b) Patín de Concreto

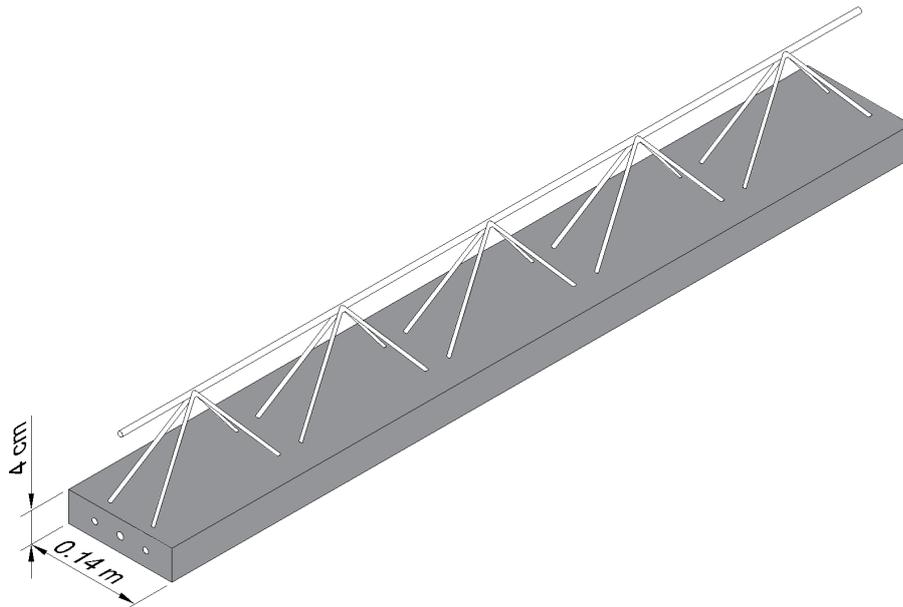


Figura N°2.3 Detalle del Patín de Concreto de la Vigueta Alitec.

El patín de concreto de la vigueta prefabricada Alitec posee una altura de 4 cm y un ancho de 14 cm y es en esta sección de concreto donde se encuentran

embebidos, los aceros para el refuerzo positivo y posee una resistencia a la compresión mínima de  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

### c) Bovedillas

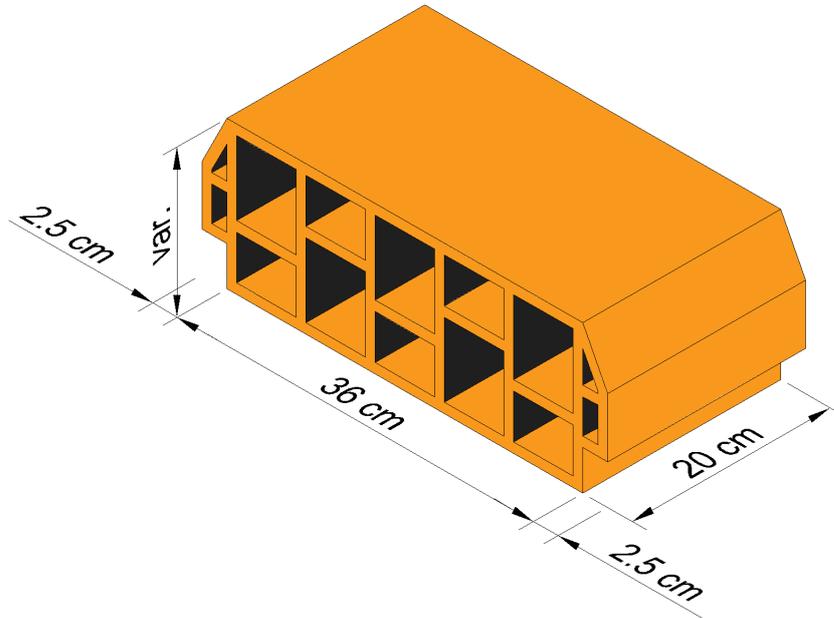


Figura N°2.4 Detalle de la Bovedilla de Arcilla.

Son unidades de albañilería hueca (poseen alveolos) y posee en ambos lados inferiores, sendas hendiduras que le permite ser asentados manualmente a lo largo de los frisos de dos viguetas continuas, asegurando una separación constante sin necesitar mayor encofrado. El proceso de ensamblaje del sistema es rápido, limpio, con mínimos desperdicios y el tiempo de aprendizaje en la instalación es corto, al ser una actividad simple y repetitiva.

Las bovedillas son de tres tipos de materiales; de arcilla (siendo estas las más utilizadas en obra), de concreto (siendo una buena alternativa de acabado sin tarrajeo al obtenerse una superficie de aspecto presentable y homogéneo en el fondo de losa) y de poliestireno (son bloques de 1 m de largo que representan una alternativa nueva e interesante si el cliente desea optimizar el sistema Alitec).

#### d) Bandejas Eléctricas

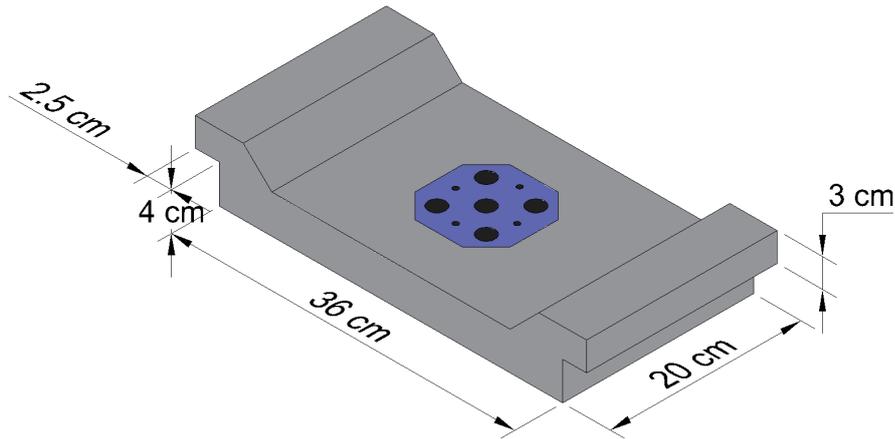


Figura N°2.5 Detalle de la Bandeja Eléctrica con Caja Octogonal.

Son elementos de concreto armado (cuya forma es semejante a la base de la bovedilla), su función es permitir el pase y salida de los puntos de luz de las instalaciones eléctricas; las bandejas eléctricas poseen cajas octogonales semipesados, embebidas en el concreto.

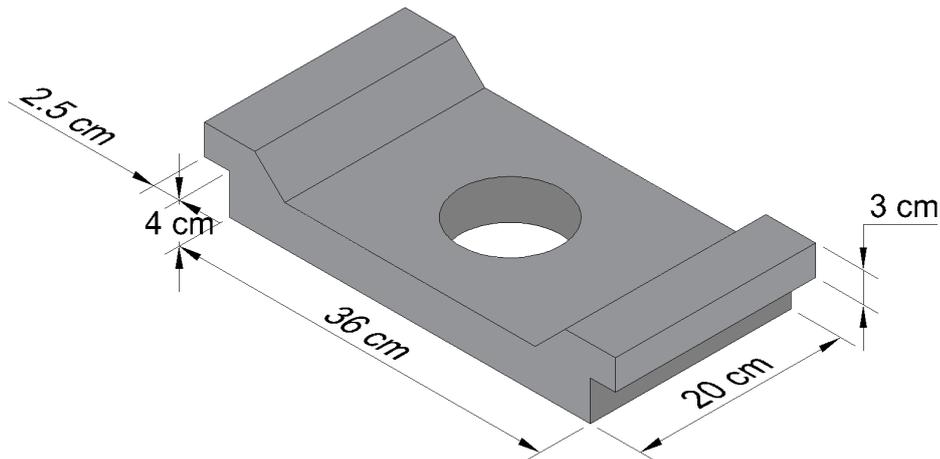


Figura N°2.6 Detalle de la Bandeja Eléctrica sin Caja Octogonal.

Hay 2 tipos de bandejas eléctricas, las que poseen la caja octogonal embebida (las cuales, por la posición de la caja octogonal, pueden ser centrales o laterales), y las que poseen agujeros para la adición de salidas del tipo iluminación de dicróicos (las cuales, por la posición del agujero, pueden ser centrales o laterales).

### e) Bandejas Sanitarias

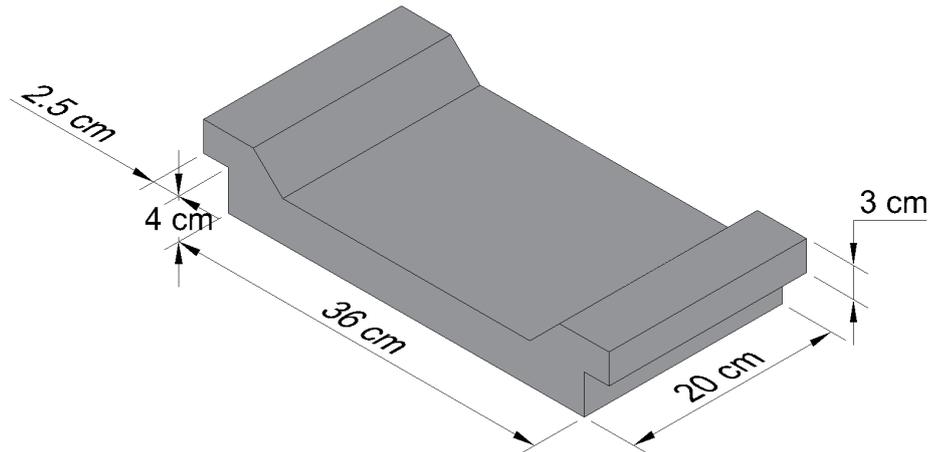


Figura N°2.7 Detalle de la Bandeja Sanitaria.

Son elementos de concreto armado (cuya forma es semejante a la base de la bovedilla), y su función es permitir el pase de las tuberías del sistema de desagüe y también son utilizadas para los ensanches alternos o corridos, originados por el diseño por esfuerzo de corte de la estructura.

### f) Bandejas Estructurales

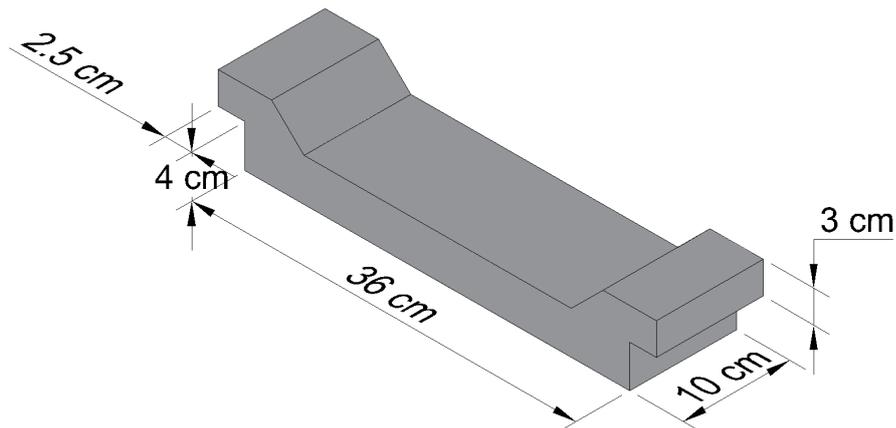
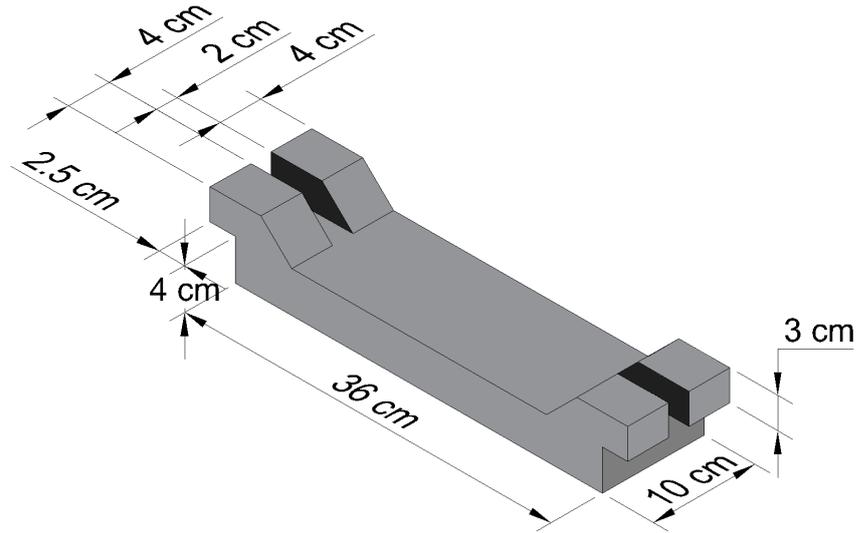


Figura N°2.8 Detalle de la Bandeja Estructural.

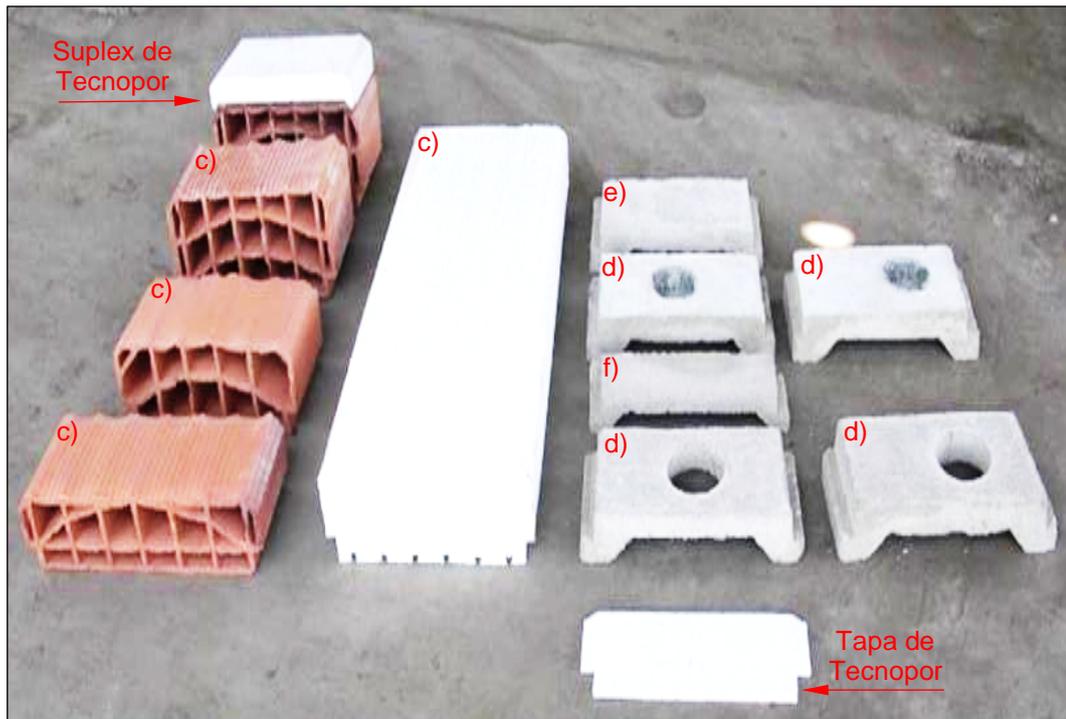
Son elementos de concreto armado, similares a las bandejas sanitarias, pero poseen un ancho de 10 cm y son utilizadas para los ensanches alternos o corridos, originados por el diseño por esfuerzo de corte de la estructura.

**g) Bandejas Estructurales Ranuradas**



**Figura N°2.9** Detalle de la Bandeja Estructural Ranurada.

Son elementos de concreto armado, similares a las bandejas estructurales, pero que poseen ranuras de 2 cm en ambos extremos y son utilizadas para la instalación de las viguetas transversales (VT) y en la instalación de losas aligeradas en dos direcciones. [9]



**Figura N°2.10** Bovedillas y Bandejas del Sistema Alitec.

## 2.4 DOCUMENTOS DEL SISTEMA DE LOSAS ALIGERADAS ALITEC

### 2.4.1 Resolución Ministerial N° 026-2013-VIVIENDA

Según decreto supremo N°010-71-VI, indica que, para la utilización de un sistema de prefabricado en cualquier parte del país, primero debe contar con la aprobación y autorización del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Que, conforme a la normativa citada, la empresa ITALCONCRETO SAC, presento a sencico la solicitud de aprobación del sistema constructivo no convencional denominado “Sistema de Losas Aligeradas Alitec”; obteniendo la opinión técnica favorable por parte de sencico.

Que, habiéndose cumplido con las disposiciones técnicas, se resuelve aprobar el sistema constructivo no convencional denominado “Sistema de Losas Aligeradas Alitec” presentado por la empresa ITALCONCRETO SAC, con una vigencia de aprobación de 10 años. **(Ver Anexo 01)**

### 2.4.2 Memoria Descriptiva

El diseño estructural de las losas aligeradas ALITEC es similar al diseño de losas aligeradas tradicionales, que a su vez descansa en el diseño de vigas de concreto armado con secciones transversales rectangulares.

El sistema, se diseña para una vigueta continua que viaja por los paños de pisos a cubrir de la estructura; que además de su peso propio, el peso del piso terminado y de la sobrecarga de uso, puede estar exigida por cargas provenientes del peso de los muros de albañilería que se apoyan directamente sobre él.

En los diagramas de momentos generados, se analiza la zona de momentos negativos donde la vigueta trabaja como una viga rectangular. La compresión del concreto estará contenida íntegramente en el alma de la sección transversal de la vigueta. En el caso que el bloque de compresión ingrese al ala significará que se debe pasar al siguiente aligerado superior por ser la sección insuficiente para las cargas y luces a cubrir.

En la zona de momento positivo, en la mayoría de los casos, la vigueta también trabaja como rectangular. El bloque de compresión será casi siempre menor que el espesor del ala de 5cm.

En el diseño por cortante, si el aligerado no puede hacer frente a los esfuerzos originados por las fuerzas cortantes se ejecutan los ensanches. Los ensanches son zonas en la vecindad de los apoyos en los que se retiran las unidades de

albañilería y se reemplaza por concreto vaciado en obra, existiendo de dos tipos, corridos y alternos.

Para el paso de tuberías no es necesario cortar el acero superior del tralicho, bastara con golpear el acero superior hundiéndole ligeramente o cortar el alambión en zigzag en longitudes mínimas necesarias para que la tubería de 2" pase por debajo.

No obstante, si el corte del refuerzo fuera necesario, se apuntalará debajo de la vigueta correspondiente, luego se procederá a cortarla y reforzarla con una varilla de acero corrugado de  $\phi 3/8$ " con una longitud de 60 cm o mayor.

La luz máxima que se puede construir con este sistema puede ser de 8 m, con un peralte de 30 cm, las viguetas dispuestas en dos direcciones y para una sobrecarga de 350 kg/m<sup>2</sup>, esto según el cuadro de preseleccionamiento del entrepiso (especificaciones técnicas y constructivas del expediente técnico), sin embargo, sus dimensiones, disposición y estructuración estaría sujeto a cambios según el análisis estructural correspondiente.

Las viguetas podrían ser dañadas fácilmente si se manipulan en forma inadecuada. Por lo tanto, el uso inapropiado del sistema requiere el entrenamiento de los operarios y del personal que los supervisa. (**Ver Anexo 02**)

### 2.4.3 Ensayo de Flexión

La prueba de carga se realizó siguiendo el procedimiento establecido para elementos que trabajan en flexión, indicado en el capítulo 23 "Evaluación de Estructuras" de la norma de concreto armado, E-060, **para el doble del valor de la sobrecarga de diseño** (según requerimiento, acordado).

Obteniendo los siguientes resultados:

- ❖ La deflexión máxima alcanzada (para la carga total de prueba de 500 kg/m<sup>2</sup> actuando sobre la losa 1 de 5.90m x 5.50m) es de 14.878 mm.

Comparando con lo que indica la norma:

$$\delta_{m\acute{a}x} < \frac{l}{360}$$

Remplazando:

$$14.878 \text{ mm} < \frac{5.90 \text{ m}}{360}$$

$$14.878 \text{ mm} < 16.388 \text{ mm} \dots \text{ok!}$$

- ❖ La deformación máxima alcanzada (para la carga total de prueba de  $400 \text{ kg/m}^2$  actuando sobre la losa 2 de  $4.50\text{m} \times 4.00\text{m}$ ) es de  $4.308 \text{ mm}$ .  
Comparando con lo que indica la norma:

$$\delta_{\text{máx}} < \frac{l}{360}$$

Remplazando:

$$4.308 \text{ mm} < \frac{4.50 \text{ m}}{360}$$

$$4.308 \text{ mm} < 12.5 \text{ mm} \dots \text{ok!}$$

La prueba de carga se realizó siguiendo el procedimiento de ensayo normalizado establecido para elementos que trabajan en flexión: ASTM C-78.

Referencialmente se adoptó el criterio de "Prueba de Carga" definidas en el capítulo 20 "Evaluación de Estructuras" de la norma de concreto armado, E-060 y su equivalente ACI-318.

La carga distribuida uniforme ( $w$ ) por unidad de longitud y por unidad de área equivalente a las cargas máximas, aplicadas durante el ensayo de flexión, usando el criterio de igualdad de resistencia (esfuerzos), es:

- ❖ Para la losa 1 de  $6\text{m} \times 1\text{m}$  :

$$w_{\text{máx}} = 2796.1 \text{ kg/m} \text{ ó } w_{\text{máx}} = 1674 \text{ kg/m}^2$$

- ❖ Para la losa 2 de  $4.50\text{m} \times 1\text{m}$  :

$$w_{\text{máx}} = 2285.6 \text{ kg/m} \text{ ó } w_{\text{máx}} = 1369 \text{ kg/m}^2$$

**(Ver Anexo 03)**

## CAPÍTULO III

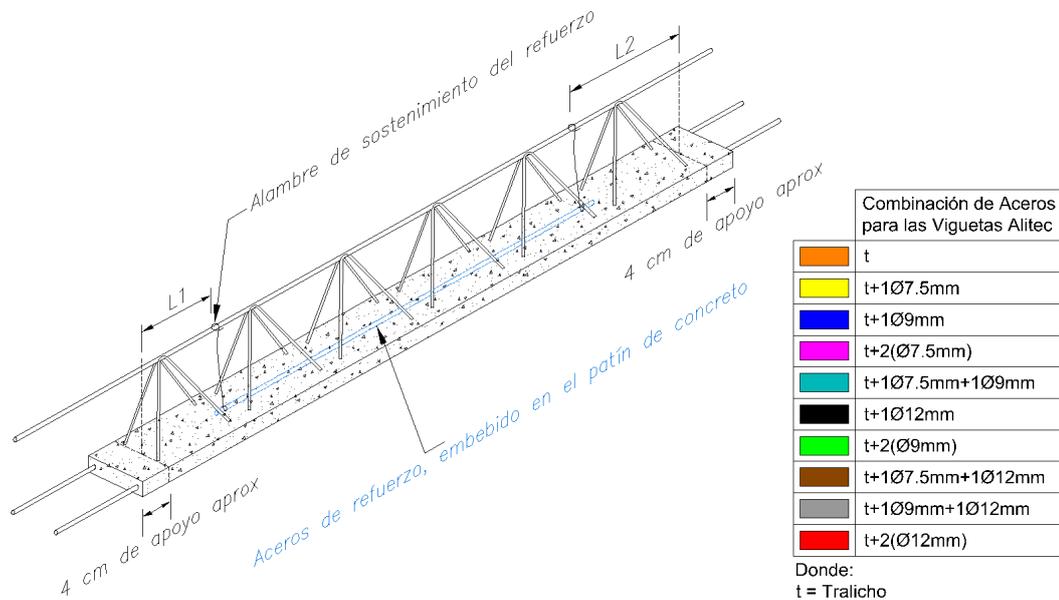
### DISEÑO Y CONVERSIÓN DE LOSAS ALIGERADAS AL SISTEMA ALITEC

La conversión de una losa aligerada convencional a una losa aligerada prefabricada con el sistema Alitec, pasa por varias etapas, las cuales se detallará a continuación y para ello se tomará a modo de ejemplo ilustrativo, el proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”.

- ❖ Ubicación: Jr. Neptuno N° 568, Cercado de Lima.
- ❖ Descripción: La edificación cuenta con un semisótano, 4 pisos típicos y una azotea.
- ❖ Área de Losa Aligerada en el Semisótano:  $223.63 \text{ m}^2$
- ❖ Área de Losa Aligerada en el Piso típico:  $193.94 \text{ m}^2$
- ❖ Área de Losa Aligerada en la Azotea:  $191.26 \text{ m}^2$

#### 3.1 METRADO Y COTIZACIÓN

Utilizando los planos de estructuras y arquitectura del proyecto, se procede a determinar las áreas donde van cada tipo de combinación, luego con estas áreas se obtiene el precio por  $\text{m}^2$  del sistema Alitec (para este proyecto), posteriormente se envía la cotización al cliente para su aprobación.



**Figura N°3.1** Combinación de Aceros de Refuerzo para las Viguetas Alitec.

3.1.1 Clasificación de Áreas Mediante el Sistema Alitec: En esta etapa se hará un análisis rápido (con ayuda de tablas) para determinar el tipo de refuerzo que llevarán las viguetas en cada paño.

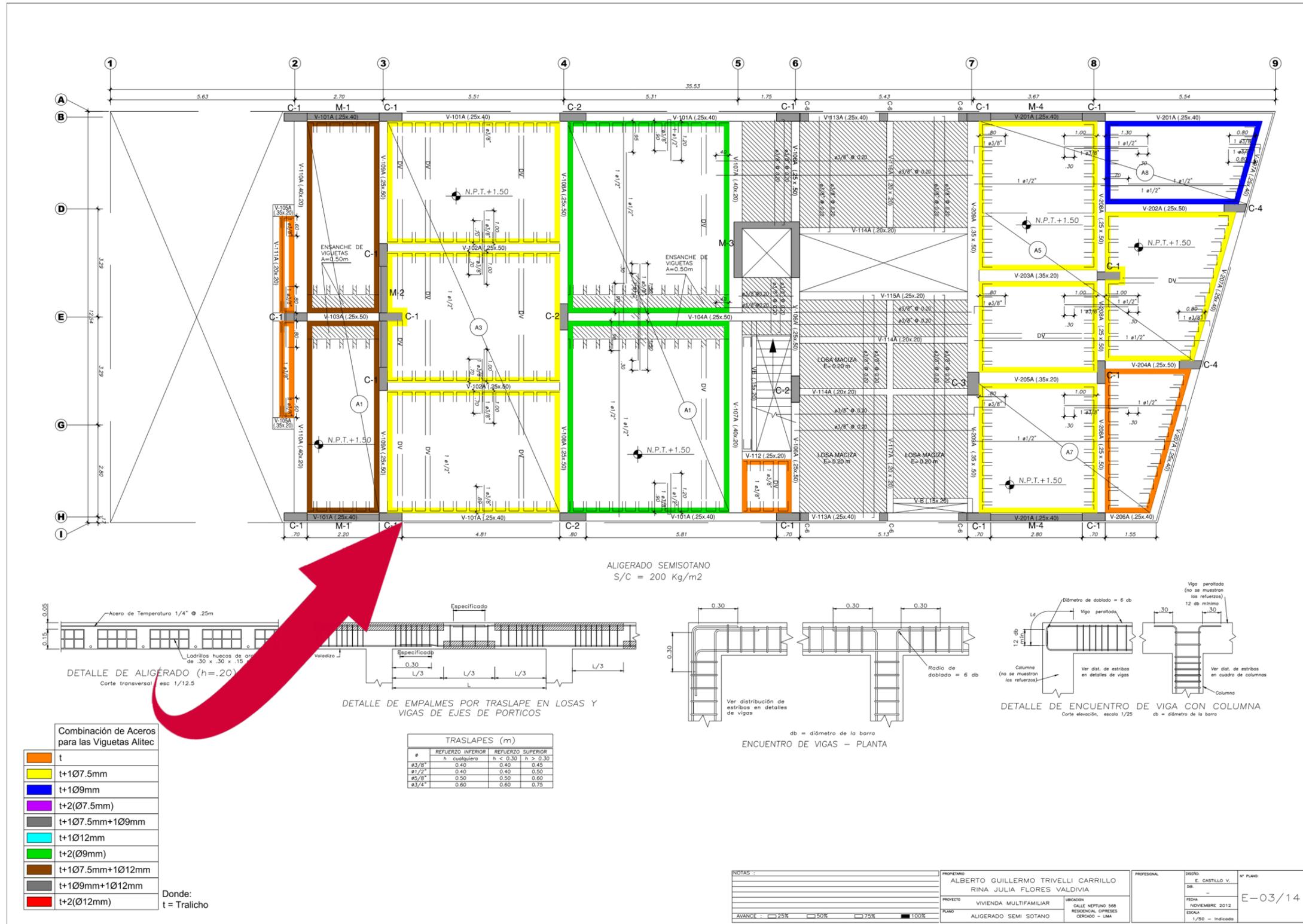


Figura N°3.2 Áreas para el Metrado Alitec del Semisótano del Proyecto "Vivienda Multifamiliar Neptuno".

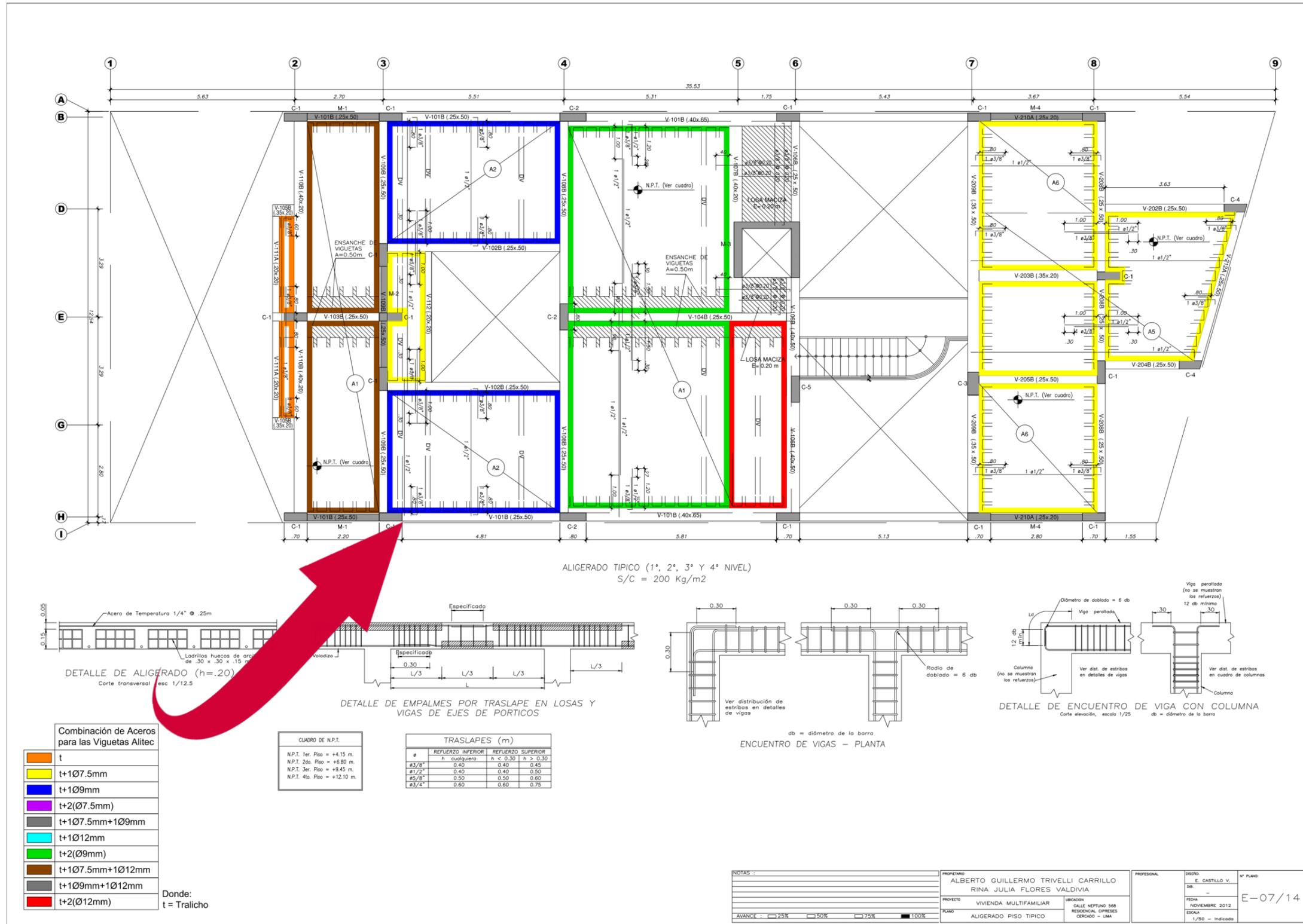


Figura N°3.3 Áreas para el Metrado Alitec del Piso 1, 2, 3 y 4 del Proyecto "Vivienda Multifamiliar Neptuno".

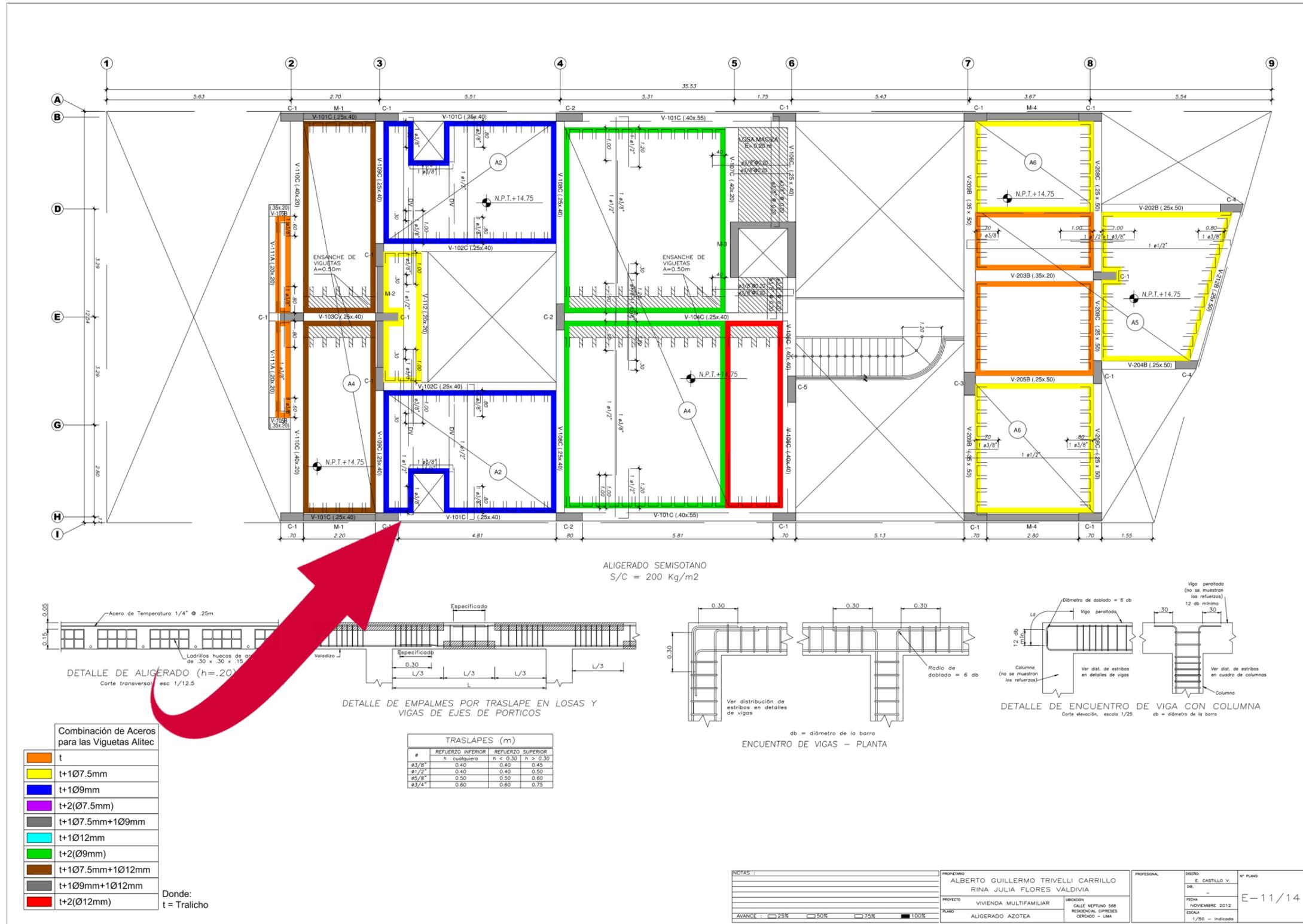


Figura N°3.4 Áreas para el Metrado Alitec de la Azotea del Proyecto "Vivienda Multifamiliar Neptuno".

### 3.1.2 Obtención del Precio del Sistema Alitec

Luego de haber identificado las áreas de losa aligerada y el tipo de vigueta que corresponda, se procederá a calcular el precio del sistema Alitec por  $m^2$ .

**Tabla N°3.1** Valores de Sobrecarga y Áreas del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”.

Nivel	S/C ( $kg/m^2$ )	Área ( $m^2$ )
Semisótano	200	223.63
Piso 1	200	193.94
Piso 2	200	193.94
Piso 3	200	193.94
Piso 4	200	193.94
Azotea	150	191.26
<b>Total</b>		<b>1,190.65</b>

Luego de obtener las áreas de cada nivel del proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”, se procederá a obtener el costo final del sistema por  $m^2$ , el cual está en función del porcentaje del tipo de combinación de aceros de la vigueta.

**Tabla N°3.2** Costo por  $m^2$  del Sistema Alitec.

Serie	Combinación de Aceros	Área ( $m^2$ )	Porcentaje (%)	P.U. (Soles/ $m^2$ )	Costo Final (Soles/ $m^2$ )
N	t	26.84	2.25%	36.50	0.82
L	t+7.5	417.17	35.04%	38.90	13.63
J	t+2x7.5	---	---	41.30	---
H	t+9	205.13	17.23%	39.78	6.85
F	t+9+7.5	---	---	42.18	---
E	t+2x9	337.62	28.36%	43.06	12.21
D	t+12	---	---	42.17	---
C	t+12+7.5	154.06	12.94%	44.57	5.77
B	t+12+9	---	---	45.45	---
A	t+2x12	49.83	4.18%	47.84	2.00
		<b>1,190.65</b>	<b>100%</b>		<b>41.28</b>

Donde:

t = Tralicho

### 3.1.3 Elaboración de La Cotización del Sistema Alitec

Con el costo del sistema Alitec (por  $m^2$ ), se desarrolla la cotización y se le envía al cliente; a continuación, como ejemplo, se muestra la cotización del proyecto "Vivienda Multifamiliar Neptuno".



**Italconcreto SAC**  
Profesionales en Aligerados



Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento  
Aprobada por Resolución Ministerial RM.N° 026-2013 VIVIENDA

---

**Cotización N° 5642**

Lima, 12 de Abril del 2013

Señores:

**CLIENTE: GRUPO TRIVELLI S.A.C.**

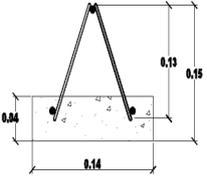
**ATENCIÓN: ING. ALBERTO TRIVELLI**

**REFERENCIA DE OBRA: JR. NEPTUNO N° 568, CERCADO DE LIMA.**

De nuestra consideración:  
Es grato dirigirnos a Ud. a fin de presentarles la cotización de nuestro sistema **ALITEC** para losas Aligeradas, de acuerdo a lo siguiente:

ESPECIFICACIONES	
<b>Producto:</b>	Sistema de Losas Aligeradas <b>ALITEC</b> .
<b>Área Metrada Total:</b>	1190.65 $m^2$ para losa $H = 20cm@50cm$ .
<b>Peralte:</b>	Losa $H = 20cm$ .
<b>Bovedillas:</b>	<b>ARCILLA.</b>
<b>Consumo de Concreto:</b>	0.072 $m^3/m^2$ , para losa de espesor $H = 20cm@50cm$
Las viguetas serán elaboradas con 4 cm de empotramiento debiendo colocarse los estribos previendo esta distancia. Los fierros de la vigueta tendrán 4 cm adicionales al concreto de la vigueta.	
Todas las bandejas son elaboradas con Concreto Armado. La resistencia mínima del concreto de la vigueta es de 280 $kg/m^2$ .	

**VIGUETA ALITEC**



PRECIO
El precio por metro cuadrado del sistema <b>ALITEC</b> es de <b>SI. 41.28 <math>m^2</math> + I.G.V.</b> para la $H = 20cm@50cm$ .
<b>El precio incluye:</b> <b>Puesto a pie de obra, dentro de Lima Metropolitana</b>
Modificación y elaboración de nuevos planos de encofrado de los diferentes pisos serán realizados por nuestra empresa. La revisión de los mencionados planos por el mismo proyectista (Ing. Estructural).
<b>Viguetas de 14 cm</b> de ancho y 4 cm de altura de concreto con todo el fierro positivo requerido según planos modificados, altura total de viguetas 15 cm.
Todos los bloques ( <b>Bovedillas de ARCILLA</b> ) para la losa de $H = 20cm$ son de 20x41x15cm Las bovedillas adicionales tendrán un costo adicional por unidad de ladrillos.
<b>Bandejas especiales eléctricas</b> incluidos el centro de luz octogonal de fierro galvanizado (deberán de indicarnos la cantidad). Si requieren cajas pesadas el cliente asume la diferencia del costo.
<b>Bandejas sanitarias y estructurales</b> , para el pase del recorrido sanitario, las que serán utilizadas en los ensanches si el edificio lo requiera.

Pág. 1

Figura N°3.5 Modelo de Cotización del Proyecto "Vivienda Multifamiliar Neptuno" Pág. 1.



Italconcreto SAC  
Profesionales en Aligerados



Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento  
Aprobada por Resolución Ministerial RM.N° 026-2013 VIVIENDA

#### DESCRIPCIÓN

DESCRIPCIÓN	LOSA (cm)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	P.U. (\$/.)	V. VENTA (\$/.)	IGV (18%)	TOTAL (\$/.)
Semisótano	20	223.63	41.28	9,231.45	1,661.66	10,893.11
1er Piso	20	193.94	41.28	8,005.84	1,441.05	9,446.89
2do Piso	20	193.94	41.28	8,005.84	1,441.05	9,446.89
3er Piso	20	193.94	41.28	8,005.84	1,441.05	9,446.89
4to Piso	20	193.94	41.28	8,005.84	1,441.05	9,446.89
Azotea	20	191.26	41.28	7,895.21	1,421.14	9,316.35
<b>Área Total</b>		<b>1,190.65</b>		<b>49,150.03</b>	<b>8,847.01</b>	<b>57,997.04</b>

METRADO DE ACEROS: 35L / 17H / 28E / 13C / 4A

#### NOTA

Los montos finales se obtienen por las medidas que se efectuara en obra.

Las cuales serán tomadas de la siguiente manera: en uno y otro sentido de cara a cara de la viga.

**Cabe mencionar que nuestro abastecimiento es por m<sup>2</sup> del SISTEMA ALITEC, lo que significa que todo material sobrante (Viguetas, Bovedillas y Bandejas) serán devueltas a planta y/o recogidas en su obra.**

#### CONDICIONES DE VENTA

Para la fabricación de las viguetas se entregará un plano con las medidas definitivas, debiendo ser firmado por el Ing. Residente o el Responsable de la Empresa Contratante como señal de aceptación, con lo cual se elaborará el orden de trabajo.

##### Validez de la propuesta:

**7 días calendario** a partir de la fecha de la cotización cualquier variación en el precio del cemento, acero, bovedilla y combustible subirá proporcionalmente el precio del m<sup>2</sup> del Sistema ALITEC.

**Los precios están sujetos a variaciones sin previo aviso, debido a la inestabilidad internacional del precio del acero y del dólar.**

##### Plazo de entrega:

A los 10 días de la aceptación del contrato y del pago del adelanto.

#### CONDICIONES DE PAGO

##### Dos Opciones:

1. 50% de adelanto del total de la obra y saldo contra entrega de cada techo, donde se descontará el mismo porcentaje del adelanto. De esta manera se asegura el precio hasta el final de obra. Siempre y cuando no haya una paralización mayor de 30 días.

Figura N°3.6 Modelo de Cotización del Proyecto "Vivienda Multifamiliar Neptuno" Pág. 2.

 Italconcreto SAC Profesionales en Aligerados	 Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento Aprobada por Resolución Ministerial RM.N° 026-2013 VIVIENDA
--	--

---

2. Techo por techo 100% adelantado, donde no se garantiza el precio hasta el final de obra, este estará sujeto a cualquier variación en el precio de los insumos (cemento, acero, bovedilla y combustible) y subirá proporcionalmente el precio del m<sup>2</sup> del Sistema ALITEC

**CUENTAS CORRIENTES**

BCO CONTINENTAL	M.N. 0011-0146-0200077843
BCO DE CREDITO	M.N. 193-1617836-0-76
SCOTIABANK	M.N. 097 -0006415873
BCO GNB	M.N. 002 -0096949001

**CONSIDERACIONES FINALES PARA LA ENTREGA**

El Ing. Responsable o residente deberá entregar al inicio de la obra el cronograma de vaciados de losas, para poder coordinar la visita del técnico, la producción y el despacho respectivo

Agradeciéndoles la atención que le brinden a la presente, quedamos de Uds.  
Atentamente,

-----  
Ing. GUILLERMO VILLANUEVA C.  
Presidente del Directorio  
ITAL CONCRETO S.A.C.

---

Pág. 3

Figura N°3.7 Modelo de Cotización del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno” Pág. 3.

## 3.2 DISEÑO Y CONVERSIÓN AL SISTEMA ALITEC

Luego de aprobada la cotización (por parte del cliente), se procede con la conversión de los planos de estructuras, haciendo un análisis más minucioso, utilizando las tablas que maneja la empresa Italconcreto y con ayuda del programa SAP 2000.

### 3.2.1 Criterio de Cálculo

El diseño estructural de las losas aligeradas de Alitec es similar al diseño de losas aligeradas tradicionales, que descansa en el diseño de vigas de concreto armado con secciones transversales rectangulares.

El modelo matemático que describe el comportamiento de los paños a diseñar se lleva a cabo en su integridad con ayuda de un software especializado (SAP 2000 o ETABS). Se analizará para una vigueta continua contenida dentro de los paños de la estructura; que además de su peso propio, el peso del piso terminado y de la sobrecarga de uso, puede estar exigida por cargas provenientes del peso de los muros de albañilería que se apoyan directamente sobre él.

Cuando el muro de tabiquería es perpendicular a la vigueta, la carga se modela como concentrada, cuando es paralelo a la vigueta se coloca una viga chata conformada por una "vigueta doble", es decir se juntan dos viguetas debajo del muro.

Al generar diagramas de momentos, se analiza la zona de momentos negativos donde la vigueta trabaja como una viga rectangular, la compresión del concreto estará contenida íntegramente en el alma. En el caso que el bloque de compresión ingrese al ala significará que se debe pasar al siguiente aligerado superior por ser la sección insuficiente para las cargas y luces a cubrir.

En el diseño por cortante si el aligerado no puede hacer frente a los esfuerzos originados por las fuerzas cortantes se ejecutan los ensanches. Los ensanches son zonas en la vecindad de los apoyos en los que se retiran las unidades de albañilería y se reemplaza por concreto vaciado en obra, existiendo de dos tipos, corridos y alternos.

En este proceso de diseño se descarta el diseño por el método de coeficientes por las limitaciones citadas:

- ❖ Es un método aproximado.
- ❖ Los paños deben de ser más o menos iguales.
- ❖ La luz del tramo mayor, de dos paños adyacentes no debe exceder no más del 20% de la luz del tramo menor.
- ❖ Solo debe haber cargas uniformemente distribuidas, sin presencia de albañilería transversal al aligerado que representen cargas puntuales.
- ❖ La carga viva no debe exceder de tres veces la carga muerta.
- ❖ Solo es válido para aligerados y losas en una dirección.

[9]

### **3.2.2 Normas y Especificaciones Técnicas**

#### **3.2.2.1 Normas y Reglamentos de Diseño**

Los estándares de diseño de la empresa Italconcreto descansan en el cumplimiento de las siguientes normas de diseño de concreto armado:

##### a) Normas Internacionales

- ❖ AMERICAN CONCRETE INSTITUTE ACI 318S-08  
(En su versión oficial del comité ACI 318 en español y en sistema métrico)

##### b) Normas Nacionales

- ❖ NORMA TÉCNICA E-060 DISEÑO EN CONCRETO ARMADO
- ❖ NORMA TÉCNICA E-020 CARGAS DE DISEÑO

#### **3.2.2.2 Especificaciones Técnicas de Materiales**

Acero de refuerzo positivo:

- ❖ Con respecto al acero de refuerzo de grado 75, con esfuerzo de fluencia de 515 Mpa ó 5 000 kg/cm<sup>2</sup> (ASTM A 615/A 615M – 96ae1).
- ❖ Con respecto al alambre de acero liso que conforma el tralicho en forma de costura reticulada (ASTM A 82 – 97a). [5]

### 3.2.3 Tablas de Diseño

Las tablas utilizadas en el sistema Alitec son proporcionadas por la empresa ITALCONCRETO SAC y sirven para determinar, mediante una comparación de momentos, que tipo de acero de refuerzo necesita la vigueta Alitec; estas tablas varían dependiendo del peralte de la losa. **(Ver Anexo 09)**

**Tabla N°3.3** Valores de Momentos Flectores, para cada Combinación del Sistema Alitec.

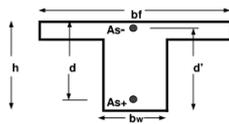
SISTEMA DE LOSA ALITEC CON REFUERZO POSITIVO  $f_y=5\ 000\ Kg/cm^2$

ALIGERADO  $h= 20\ cm$

TIPO BOVEDILLA= ARCILLA

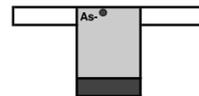
Características de Sección

$\beta_1$	0.85
$\beta_2$	0.53
$\alpha_1$	0.90
$\alpha_2$	0.85
$bf$	50 cm.
$bw$	9 cm.
$d$	18 cm.
$d'$	17.5 cm.
$f_c$	210 kg/cm <sup>2</sup>
$f_y$	4200 kg/cm <sup>2</sup>



Cálculo de  $As(min)$  y Asbaleaceado

Área de concreto en tracción			
Área de concreto en compresión			
As(min)- cm <sup>2</sup>			
ACI 10.5.1			
As min	Max:	0.53	0.43
0.75Asb	2.53		0.53



Caract Acero de Tralicho

$\emptyset$	7.40 mm
Área $\emptyset$	0.43 cm <sup>2</sup>
A tralicho (20)	0.86 cm <sup>2</sup>
$f_y$ Tralicho	5000 kg/cm <sup>2</sup>
$\alpha_1 Mn$ Tralicho	0.69 tonxm

Caract Acero Positivo

Diámetro	Área
mm	cm <sup>2</sup>
R1= 7.30	0.42
R2= 8.70	0.59
R3= 11.70	1.08
$f_y = 5000$	kg/cm <sup>2</sup>

As(min)+ cm <sup>2</sup>			
ACI 10.5.1			
As min	Min:	2.54	2.09
0.75Asb	11.27	2.09	4.17
		OK	

\* Considerando la altura del área de concreto en compresión menor al espesor del ala

Cálculo del  $\alpha Vc$

Aligerado sin ensanche	
$bw$	9 cm
$Vc$	1.33 Ton
$\alpha_2 Vc$	1.13 Ton

Aligerado con Ensanche	
Ensanche Alterno	
$bw$	29.5 cm
$Vc$	4.36 Ton
$\alpha_2 Vc$	3.71 Ton
Ensanche Continuo	
$bw$	50 cm
$Vc$	7.39 Ton
$\alpha_2 Vc$	6.28 Ton

Cálculo del Ascolocado y  $\alpha Mn$

Momento Negativo

Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y=4200\ kg/cm^2$ ) y $\alpha Mn$ (tonxm)									
$\alpha$ Varilla	As- (cm <sup>2</sup> )	Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	Comb 6	Comb 7	Comb 8
8mm	0.50	0.50	1.01	1.13	1.63	2.26	2.50	3.13	4.00
12mm	1.13			1.13	1.13	2.26	0.50	1.13	
5/8"	2.00						2.00	2.00	4.00
3/8"	0.71								
1/2"	1.29								
5/8"	2.00								
$\alpha_1 Mn$	0.32	0.62	0.68	0.95	1.24	1.35	1.59	1.86	
a (cm)	1.31	2.63	2.96	4.27	5.91	6.54	8.19	10.46	
Astotal	8	2x8	12	8+12	2x12	8+5/8"	12+5/8"	2x5/8"	

Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y=4200\ kg/cm^2$ ) y $\alpha Mn$ (tonxm)							
Comb 9	Comb 10	Comb 11	Comb 12	Comb 13	Comb 14	Comb 15	Comb 16
0.71	1.29	1.42	2.00	2.58	2.71	3.29	4.00
0.71	1.29	1.42	0.71	2.58	0.71	1.29	4.00
			1.29		2.00		
0.44	0.77	0.84	1.13	1.38	1.43	1.64	1.86
1.86	3.37	3.71	5.23	6.75	7.08	8.60	10.46
3/8"	1/2"	2x3/8"	3/8"+1/2"	2x1/2"	3/8"+5/8"	1/2"+5/8"	2x5/8"

Momento Positivo

Combinaciones de Acero corrugado ( $f_y=5000\ kg/cm^2$ ) y $\alpha Mn$ (tonxm)											
$\alpha$ Varilla	As+ (cm <sup>2</sup> )	Comb' 1	Comb' 2	Comb' 3	Comb' 4	Comb' 5	Comb' 6	Comb' 7	Comb' 8	Comb' 9	Comb' 10
Tralicho	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
7.5mm	0.42		0.42		0.84	0.42			0.42		
9.0mm	0.59			0.59		0.59		1.19		0.59	
12.0mm	1.08						1.08		1.08		2.15
$\alpha_1 Mn$	0.69	1.02	1.15	1.34	1.47	1.52	1.61	1.84	1.97	2.32	
a (cm)	0.48	0.72	0.81	0.95	1.05	1.08	1.15	1.32	1.42	1.69	
Astotal+	T	T+7.5	T+9	T+2x7.5	T+7.5+9	T+12	T+2x9	T+7.5+12	T+9+12	T+2x12	

Fuente: "Empresa Italconcreto Sac".

Tabla N°3.4 Valores de la Carga Muerta para los Diferentes Tipos de Bovedillas.

**SISTEMA DE LOSA ALIGERADA ALITEC**  
**Medrado de Carga Muerta por Metro Lineal de Vigueta**

Peso del Concreto Armado 2400 kg/m<sup>3</sup>  
Peso del Piso Terminado 100 kg/m<sup>2</sup>  
Peso del Poliestireno Expandido 10 kg/m<sup>3</sup>

Vigueta		Peso de Vigueta Alitec con Albañilería de Arcilla										Carga Muerta/Vigueta	
		Bloque Albañilería de Arcilla			Concreto en Obra				PARCIAL			Piso Term	TOTAL
H Losa	Ancho	Bovedilla	Largo	Area Trans	Vol Unit	Peso Unit	Parcial	Vol	Vol	Peso	Peso	Kg/m	Ton/m
cm	m	Unid	m	mm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Kg	Kg	mm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	Kg	Kg		
17	0.5	5	0.20	45950	0.009	6.25	31.25	37825	0.038	90.78	134.23	50	0.184
20	0.5	5	0.20	58250	0.012	7.50	37.5	36025	0.036	86.46	136.67	50	0.187
25	0.5	5	0.20	78750	0.016	10.75	53.75	40525	0.041	97.26	164.26	50	0.214
30	0.5	5	0.20	99278	0.020	10.94	54.68	47483	0.047	113.96	182.88	50	0.233

Vigueta		Peso de Vigueta Alitec con Albañilería de Concreto Aligerado										Carga Muerta/Vigueta	
		Bloque Albañilería de Concreto Vibrado			Concreto en Obra				PARCIAL			Piso Term	TOTAL
H Losa	Ancho	Bovedilla	Largo	Area Trans	Vol Unit	Peso Unit	Parcial	Vol	Vol	Peso	Peso	Kg/m	Ton/m
cm	m	Unid	m	mm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Kg	Kg	mm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	Kg	Kg		
17	0.5	5	0.20	45950	0.009	7.21	36.05	37825	0.038	90.78	139.03	50	0.189
20	0.5	5	0.20	58250	0.012	8.50	42.5	36025	0.036	86.46	141.67	50	0.192
25	0.5	5	0.20	78750	0.016	12.08	60.42	40525	0.041	97.26	170.93	50	0.221
30	0.5	5	0.20	99278	0.020	15.40	76.99	47483	0.047	113.96	205.20	50	0.255

Vigueta		Peso de Vigueta Alitec con Albañilería de Poliestireno Expandido										Carga Muerta/Vigueta	
		Bloque Albañilería de Poliestireno Expandido			Concreto en Obra				PARCIAL			Piso Term	TOTAL
H Losa	Ancho	Bovedilla	Largo	Area Trans	Vol Unit	Peso Unit	Parcial	Vol	Vol	Peso	Peso	Kg/m	Ton/m
cm	m	Unid	m	mm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Kg	Kg	mm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	Kg	Kg		
17	0.5	1	1.00	45950	0.046	0.46	0.46	37825	0.038	90.78	103.44	50	0.153
20	0.5	1	1.00	58250	0.058	0.58	0.58	36025	0.036	86.46	99.75	50	0.150
25	0.5	1	1.00	78750	0.079	0.79	0.79	40525	0.041	97.26	111.30	50	0.161
30	0.5	1	1.00	99278	0.099	0.99	0.99	47483	0.047	113.96	129.20	50	0.179

Fuente: "Empresa Italconcreto Sac".

### 3.2.4 Modelo Matemático Generado

En esta etapa se empieza a analizar cada paño de aligerado; se tomará, por motivos demostrativos el diseño del aligerado representativo  $A - B - C - D$  correspondiente a la losa de techo del Semisótano. A modo de ejemplo se analizarán 3 tramos consecutivos entre los Ejes  $A - I/3 - 4$ , correspondiente al Semisótano del proyecto "Vivienda Multifamiliar Neptuno".

Del plano (Figura N°3.2) se identifica los siguientes datos:

Peralte de losa = 0.20 m

$S/C = 200 \text{ kg/m}^2$

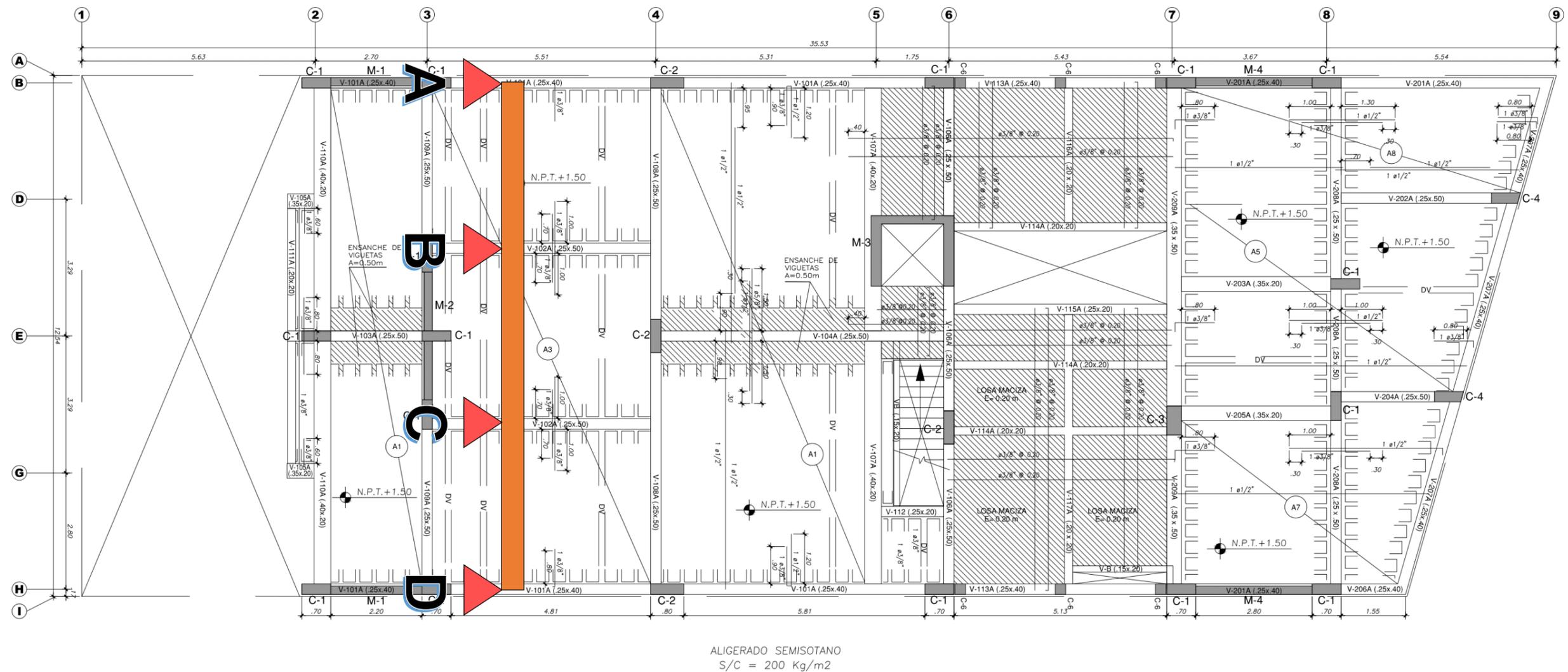


Figura N°3.8 Plano del Semisótano del Proyecto "Vivienda Multifamiliar Neptuno".

El modelo matemático corresponde a una viga  $T$  de  $0.20\text{ m}$  de alto y de 3 tramos de  $3.98\text{ m}$ ,  $4.23\text{ m}$  y de  $3.98\text{ m}$ , correspondiente al aligerado del Semisótano.

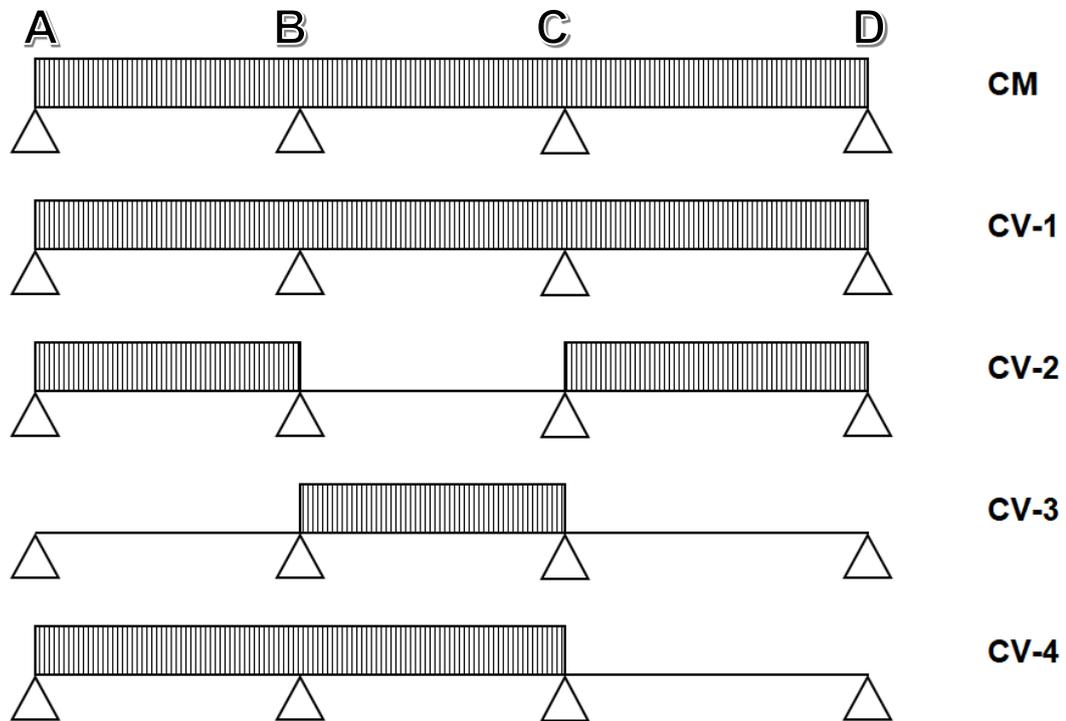
❖ Del Peso Propio de la vigueta Alitec incluido piso terminado (Ver Tabla 3.4):

$$\text{Carga Muerta}_{\text{vigueta}}(CM) = 0.187\text{ Tn/m}$$

❖ Del Semisótano con  $S/C = 200\text{ Kg/m}^2$  y para separación entre ejes de  $50\text{ cm}$ :

$$\text{Carga Viva}_{\text{vigueta}}(CV) = 0.100\text{ Tn/m}$$

Para el presente caso, la envolvente se obtendrá de las siguientes combinaciones:



**Figura N°3.9** Combinaciones de Cargas para el Tramo ABCD, Correspondiente al Semisótano del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”.

**Tabla N°3.5** Obtención de la Envolvente Mediante la Suma de Combinaciones.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	COMBINACIONES
1	Combinación 1	$1.4CM + 1.7CV - 1$
2	Combinación 2	$1.4CM + 1.7CV - 2$
3	Combinación 3	$1.4CM + 1.7CV - 3$
4	Combinación 4	$1.4CM + 1.7CV - 4$
	<b>ENVOLVENTE</b>	$\sum_{i=1}^x COM - i$
		<b>ENV</b>

Luego se ingresará los datos al SAP, para la obtención del momento flector y fuerza cortante.

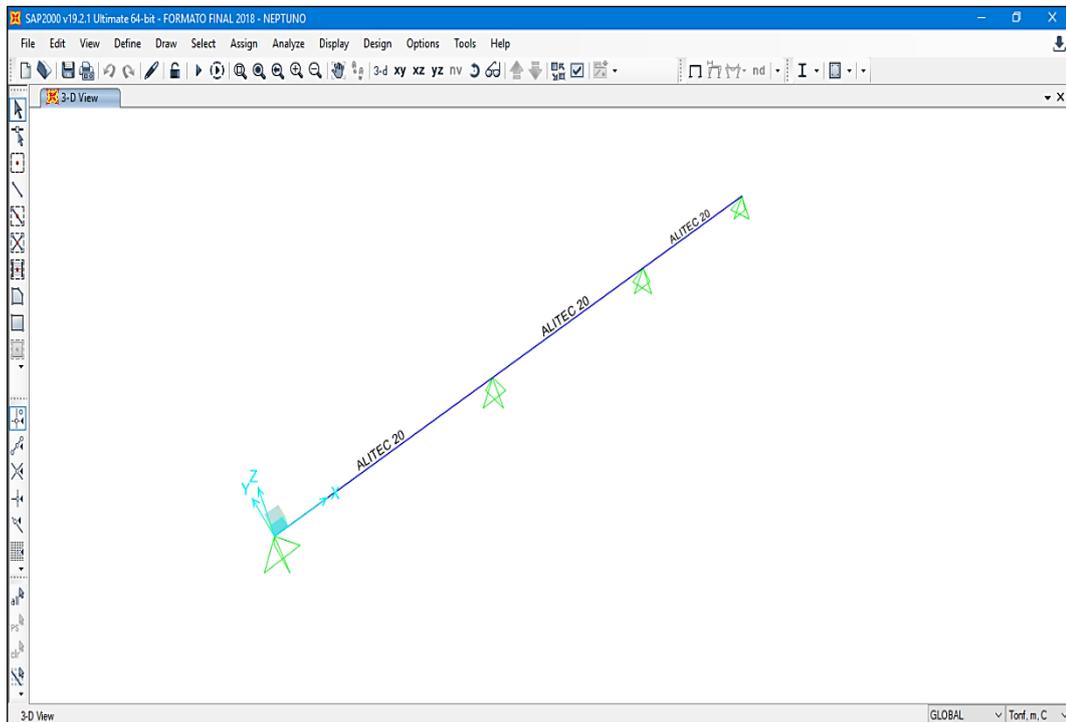


Figura N°3.10 Ingreso de Datos en el SAP, para los 3 Tramos Consecutivos del Semisótano.

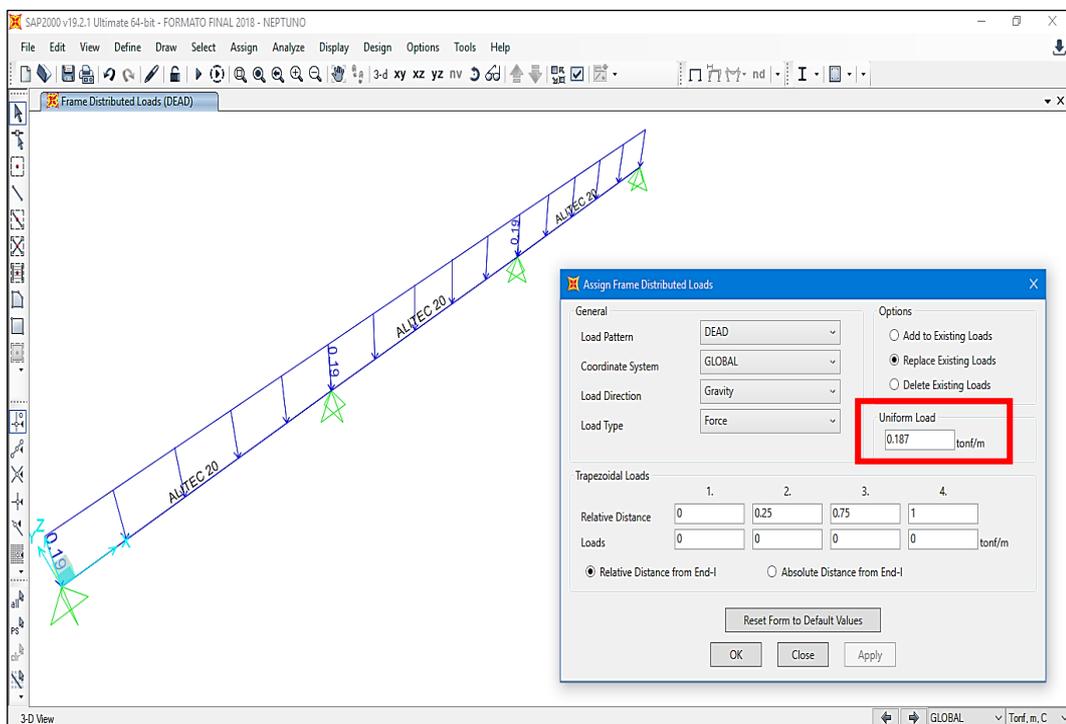


Figura N°3.11 Ingreso de la Carga Muerta (DEAD), para los 3 Tramos Consecutivos del Semisótano.

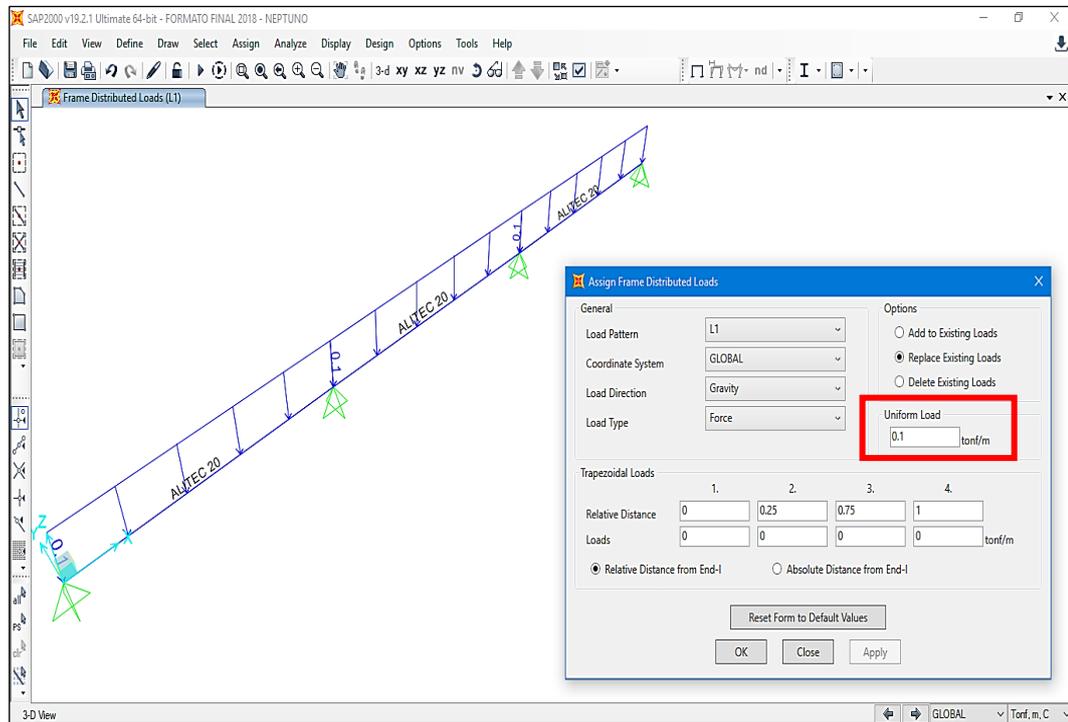


Figura N°3.12 Ingreso de la Carga Viva (L1), para los 3 Tramos Consecutivos del Semisótano.

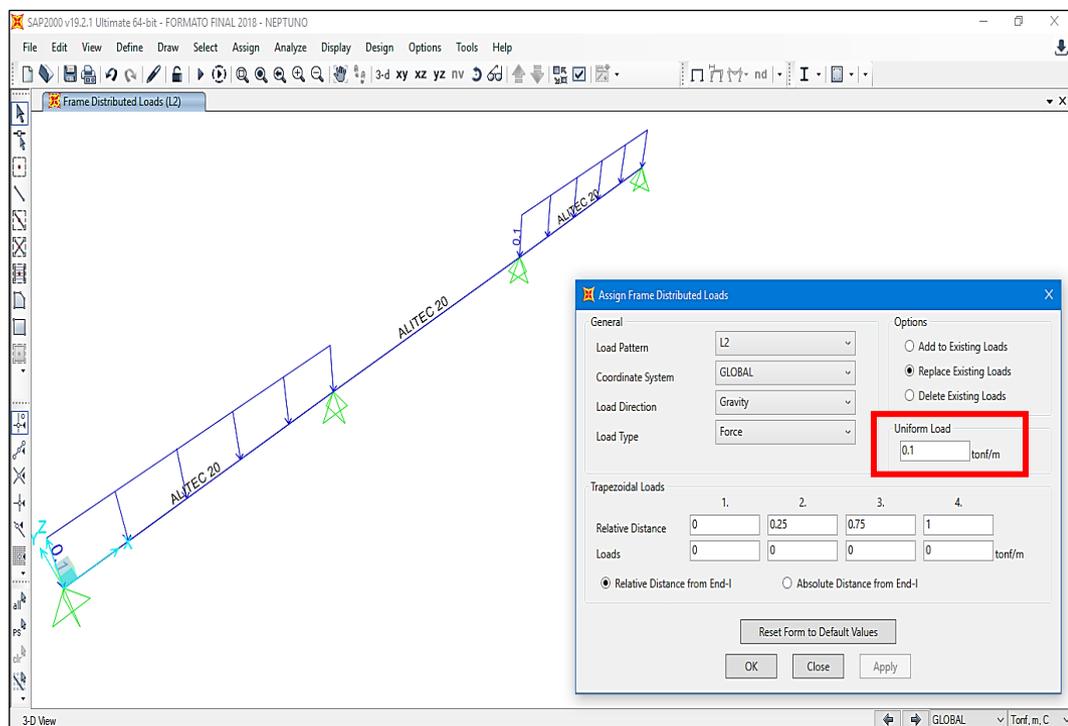


Figura N°3.13 Ingreso de la Carga Viva (L2), para los 3 Tramos Consecutivos del Semisótano.

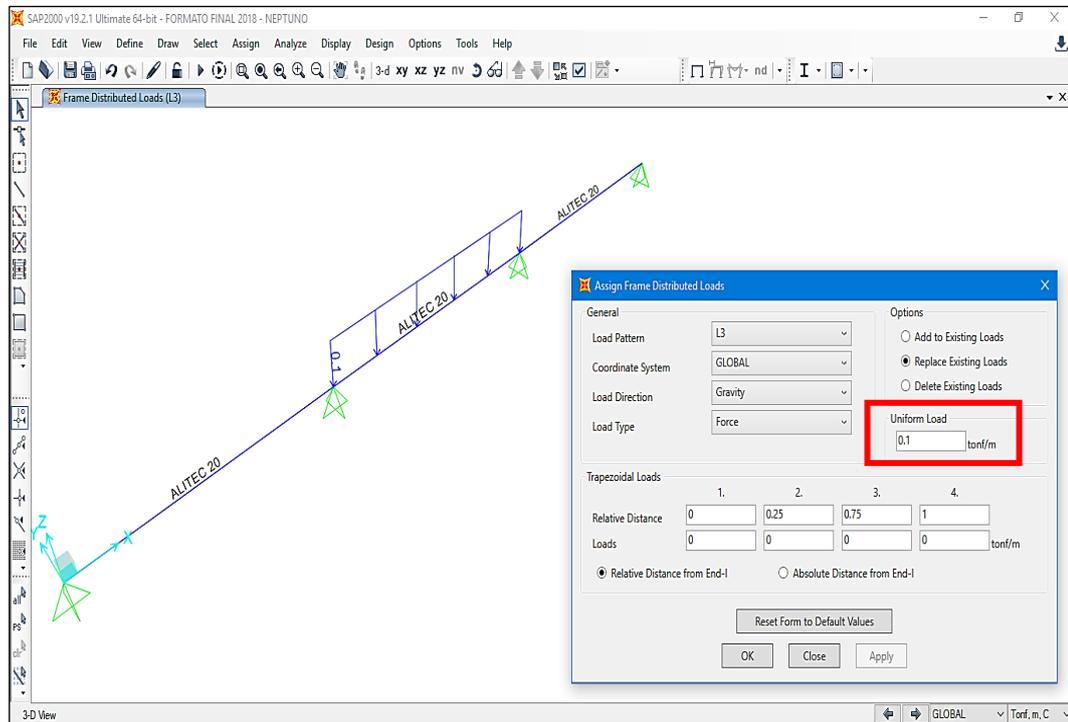


Figura N°3.14 Ingreso de la Carga Viva (L3), para los 3 Tramos Consecutivos del Semisótano.

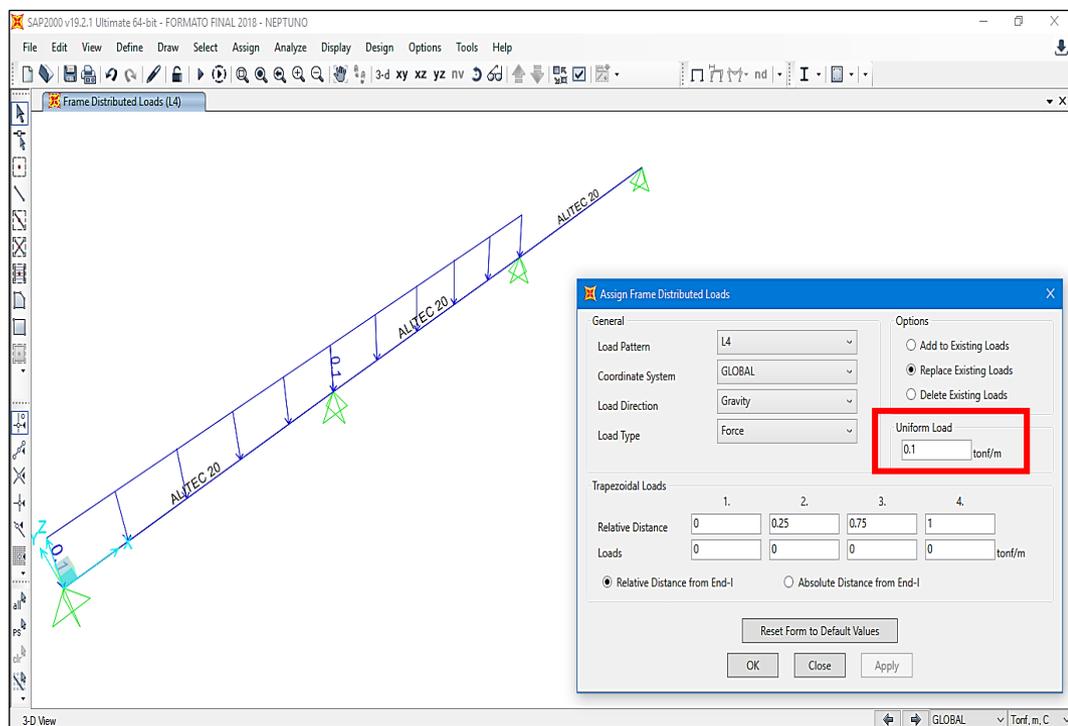


Figura N°3.15 Ingreso de la Carga Viva (L4), para los 3 Tramos Consecutivos del Semisótano.

Luego se diseñará con la superposición de las combinaciones de cargas que se denomina ENVOLVENTE.

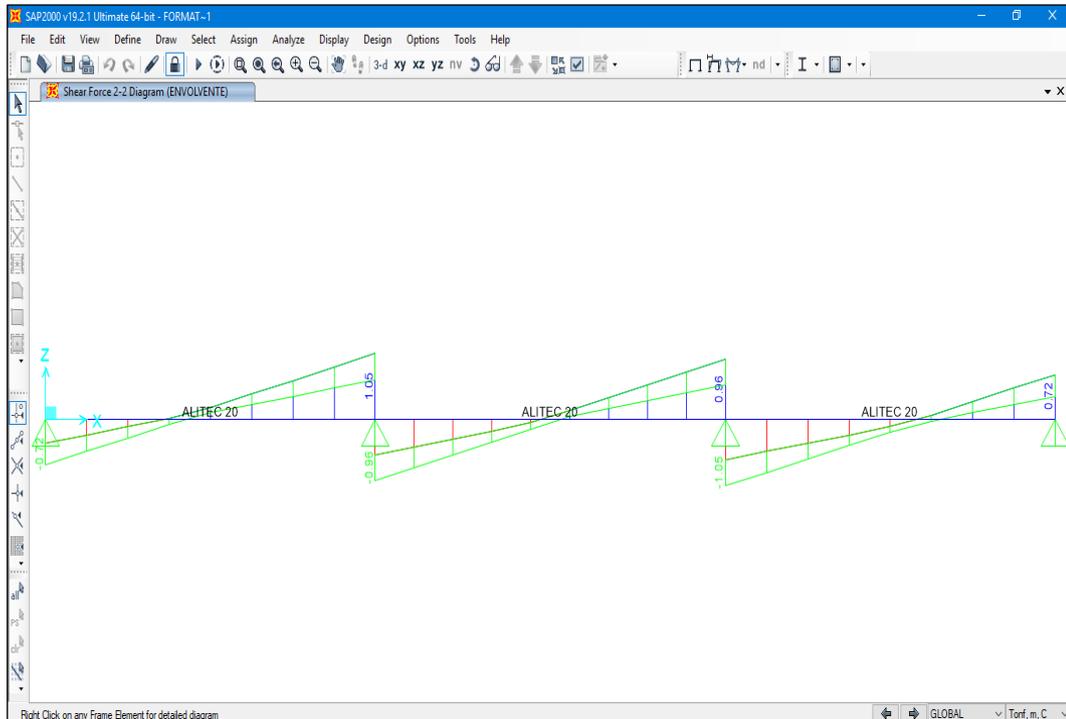


Figura N°3.16 Obtención de Cortantes Máximas en la Dirección de las Viguetas Alitec.

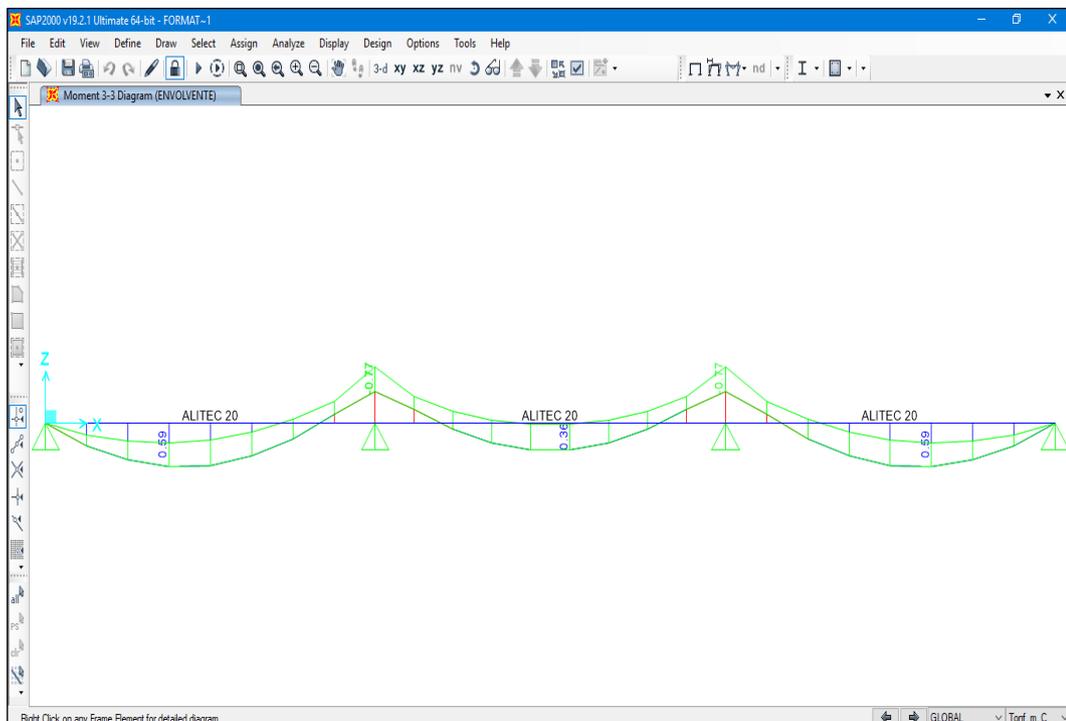


Figura N°3.17 Obtención de Momentos Máximos en la Dirección de las Viguetas Alitec.

✚ Del análisis se obtienen los siguientes Momentos Flectores ( $Tn\cdot m$ ):

	A	B	C	D
$M -$	0.00	0.77	0.77	0.00
$M +$	0.59	0.36	0.59	

Para los momentos negativos, se utilizará la siguiente tabla para hallar los aceros de refuerzo (teniendo en consideración que los momentos en la tabla deberán ser mayores a los hallados en el análisis, por ello se tomará el inmediato superior).

En los extremos, en los que el momento negativo es cero, se considerará un momento determinado por la siguiente expresión (Norma E-060. Acápito 8.3.4):  
**(Ver Anexo 11)**

$$M = \frac{W_u l_n^2}{24} \dots (\beta)$$

Donde:

$$W_u: \text{Carga última} \Rightarrow W_u = 1.4CM + 1.7CV$$

$l_n$ : Luz libre de tramo de aligerado

$CM$ : Carga Muerta

$CV$ : Carga Viva

Reemplazando valores:

$$W_u = 1.4(0.187) + 1.7(0.100) \Rightarrow W_u = 0.432 \text{ Tn/m}$$

Calculando el momento en "A":

$$L_{AB} = 3.98 \text{ m}$$

$$M_A = \frac{0.432(3.98^2)}{24}$$

$$M_A = 0.285 \text{ tonxm}$$

Calculando el momento en "D":

$$L_{CD} = 3.98 \text{ m}$$

$$M_D = \frac{0.432(3.98^2)}{24}$$

$$M_D = 0.285 \text{ tonxm}$$

**Tabla N°3.6** Valores de Momentos, para los Aceros de Refuerzo Negativo con  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ) y $\phi Mn$ (tonxm)							
		Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	Comb 6	Comb 7	Comb 8
$\phi$ Varilla	As ( $\text{cm}^2$ )	0.50	1.01	1.13	1.63	2.26	2.50	3.13	4.00
8mm	0.50	0.50	1.01		0.50		0.50		
12mm	1.13			1.13	1.13	2.26		1.13	
5/8"	2.00						2.00	2.00	4.00
3/8"	0.71								
1/2"	1.29								
5/8"	2.00								

$\phi Mn$	0.32	0.62	0.68	0.95	1.24	1.35	1.59	1.86
As total	8	2x8	12	8+12	2x12	8+5/8"	12+5/8"	2x5/8"

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ) y $\phi Mn$ (tonxm)							
		Comb 9	Comb 10	Comb 11	Comb 12	Comb 13	Comb 14	Comb 15	Comb 16
$\phi$ Varilla	As ( $\text{cm}^2$ )	0.71	1.29	1.42	2.00	2.58	2.71	3.29	4.00
8mm	0.50								
12mm	1.13								
5/8"	2.00								
3/8"	0.71	0.71		1.42	0.71		0.71		
1/2"	1.29		1.29		1.29	2.58		1.29	
5/8"	2.00						2.00	2.00	4.00

$\phi Mn$	0.44	0.77	0.84	1.13	1.38	1.43	1.64	1.86
As total	3/8"	1/2"	2x3/8"	3/8"+1/2"	2x1/2"	3/8"+5/8"	1/2"+5/8"	2x5/8"

Fuente: "Empresa Italconcreto Sac".

Luego se concluye:

- ❖ Que los apoyos "A" y "D" deben tener un acero de refuerzo de  $1\phi 3/8$ ".
- ❖ Que el apoyo "B" debe tener un acero de refuerzo de  $2\phi 3/8$ ".
- ❖ Que el apoyo "C" debe tener un acero de refuerzo de  $2\phi 3/8$ ".

Donde:

Comb 9 =  $1\phi 3/8$ " = 1 varilla de 3/8" de diametro.

Comb 11 =  $2\phi 3/8$ " = 2 varillas de 3/8" de diametro.

Para los momentos positivos, se utilizará la siguiente tabla para hallar los aceros de refuerzo (teniendo en consideración que los momentos en la tabla deberán ser mayores a los hallados en el análisis, por ello se tomará el inmediato superior).

**Tabla N°3.7** Valores de Momentos, para los Aceros de Refuerzo Positivo con  $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$ .

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$ ) y $\phi Mn$ (tonxm)									
		Comb' 1	Comb' 2	Comb' 3	Comb' 4	Comb' 5	Comb' 6	Comb' 7	Comb' 8	Comb' 9	Comb' 10
$\phi$ Varilla	As ( $\text{cm}^2$ )	0.86	1.30	1.50	1.74	1.94	1.99	2.13	2.43	2.63	3.12
Tralicho	7.5mm	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
	9.0mm	0.44	0.44		0.88	0.44			0.44		
	12.0mm	0.64		0.64		0.64		1.27		0.64	
		1.13					1.13		1.13	1.13	2.26
$\phi Mn$		0.69	1.02	1.15	1.34	1.47	1.52	1.61	1.84	1.97	2.32
As total		T	T+7.5	T+9	T+2x7.5	T+7.5+9	T+12	T+2x9	T+7.5+12	T+9+12	T+2x12

Fuente: "Empresa Italconcreto Sac".

Luego se concluye:

- ❖ Que en el tramo "AB" debe a ver un acero de refuerzo de  $T + 1\phi 7.5\text{mm}$ .
- ❖ Que en el tramo "BC" debe a ver un acero de refuerzo de  $T$ .
- ❖ Que en el tramo "CD" debe a ver un acero de refuerzo de  $T + 1\phi 7.5\text{mm}$ .

Donde:

$T = \text{Tralicho (estructura de acero electrosoldada)}$ .

$\text{Comb' 2} = T + 1\phi 7.5\text{mm} = \text{Tralicho} + 1 \text{ varilla de } 7.5 \text{ milímetros de diámetro}$ .

Finalmente, los aceros de refuerzo serán:

A	B	C	D
1Ø3/8"	2Ø3/8"	2Ø3/8"	1Ø3/8"
$T + 1\phi 7.5\text{mm}$	$T$	$T + 1\phi 7.5\text{mm}$	

✚ Del análisis se obtienen las siguientes Fuerzas cortantes ( $T_n$ ):

	A	B	C	D
$V +$		1.05	0.96	0.72
$V -$	0.72	0.96	1.05	

Para el aligerado Alitec con  $h = 0.20 \text{ m}$  de peralte de losa, el ensanche empieza a aparecer para valores de la cortante superiores a  $V(+)= 1.13 T_n$  ó en su defecto inferiores a  $V(-) = -1.13 T_n$ .

Luego se tiene:

❖ Para el tramo "AB":

$$-0.72 > -1.13 \Rightarrow \text{No hay ensanshe}$$

$$1.05 < 1.13 \Rightarrow \text{No hay ensanshe}$$

❖ Para el tramo "BC":

$$-0.96 > -1.13 \Rightarrow \text{No hay ensanshe}$$

$$0.96 < 1.13 \Rightarrow \text{No hay ensanshe}$$

❖ Para el tramo "CD":

$$-1.05 > -1.13 \Rightarrow \text{No hay ensanshe}$$

$$0.72 < 1.13 \Rightarrow \text{No hay ensanshe}$$

Finalmente, de los resultados conseguidos, las viguetas Alitec tendrán el siguiente acero de refuerzo.

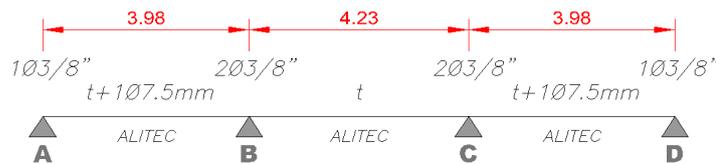


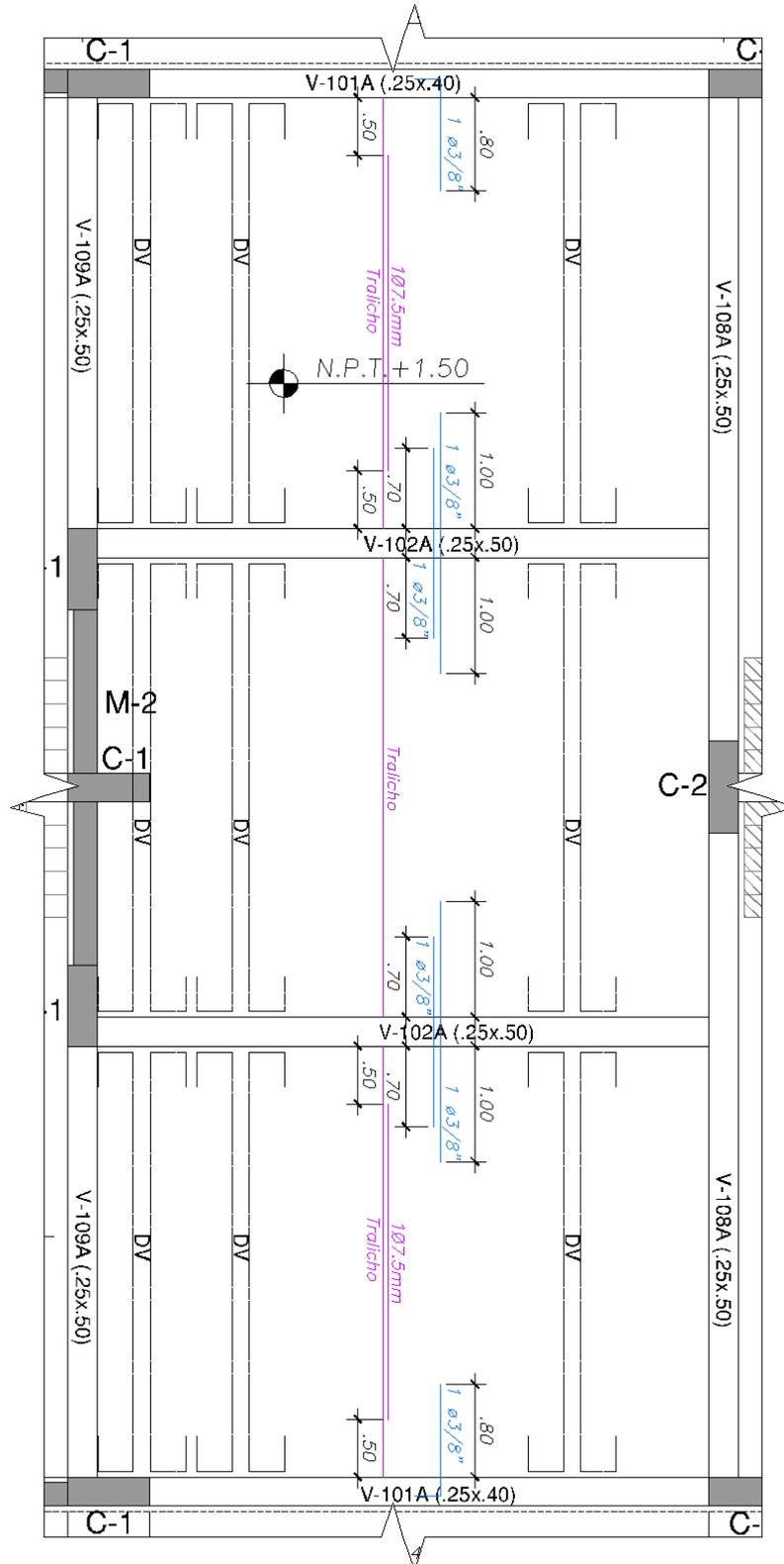
Figura N°3.18 Esquema de las Viguetas Alitec con sus Aceros de Refuerzo.

Donde:

$t = \text{Tralicho}$

Posteriormente se realizará el análisis para los demás paños, así como para los demás niveles del proyecto "Vivienda Multifamiliar Neptuno".

A continuación, se muestran los tramos (analizados y convertidos al sistema Alitec) comprendidos entre los Ejes A – I/3 – 4, correspondiente al Semisótano del proyecto "Vivienda Multifamiliar Neptuno".



**Figura N°3.19** Plano de Encofrado Alitec del Semisótano (E-01) Comprendido entre los Ejes A – 1/3 – 4, del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”. (Ver Anexo 04)

### 3.3 ELABORACIÓN DEL PARTE DE PRODUCCIÓN

Con las medidas actualizadas (traídas de la visita del técnico a obra), se procede a elaborar el parte de producción, para posteriormente empezar su fabricación.

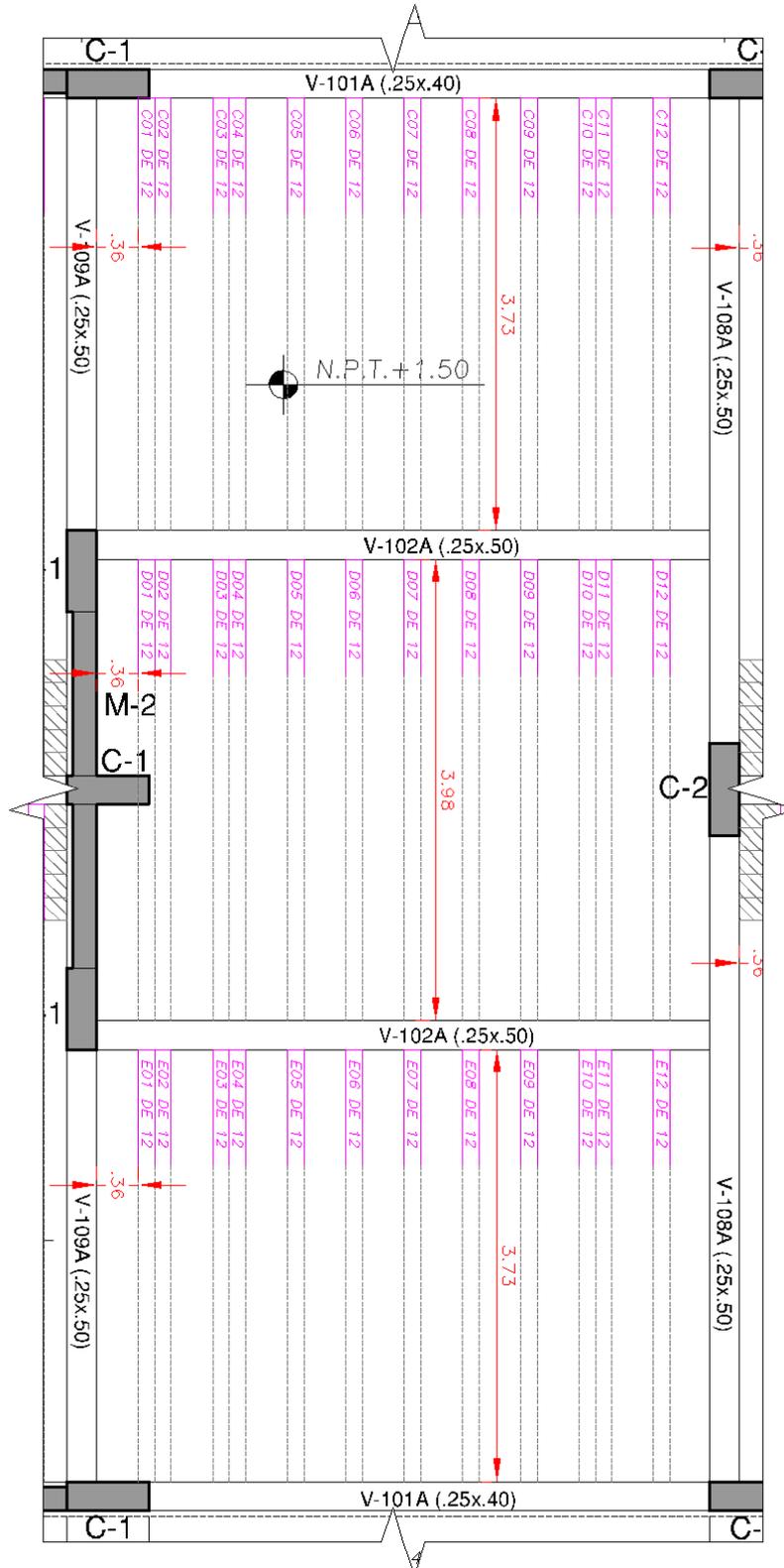
Tabla N°3.8 Parte de Producción del Semisótano del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”.

Código de Designación de la Vigueta	Cant. Vig.	Long. Vigueta	Long. Tralicho	Acero de Refuerzo (Distancias entre Extremos del Tralicho)						Long. Apoyo (m)		
				+0.08	+0.08	Ø	L	Ø	L		Lado 1	Lado 2
A 1 al 2	2	3.03	3.11				+ 8 cm					2.95
B	9	5.93	6.01			12mm	5.93	7.5mm	4.23	0.85	0.85	5.85
C	9	3.89	3.89			7.5mm	2.81	7.5mm	2.81	0.50	0.50	3.73
D	9	4.06	4.14			7.5mm	2.46	7.5mm	2.46	0.80	0.80	3.98
E	9	3.81	3.89			7.5mm	2.81	7.5mm	2.81	0.50	0.50	3.73
F	9	5.93	6.01			9mm	5.93	7.5mm	4.23	0.70	0.70	5.85
G 1 al 10	10	5.93 + 8 cm	6.01			9mm	5.93	7.5mm	4.23	0.70	0.70	5.85
H 1 al 3	3	1.70	1.78					7.5mm	1.62			1.62
K 1 al 22	22	3.68	3.76			7.5mm	2.81	7.5mm	2.81	0.90	0.90	3.60
M 1 al 1	1	1.52	1.67									1.51
M 2 al 2	2	1.52	1.81									1.65
M 3 al 3	3	1.52	1.95									1.79
M 4 al 4	4	1.52	2.10									1.94
M 5 al 5	5	1.52	2.24									2.08
M 6 al 6	6	2.30	2.38									2.22
M 7 al 7	7	2.45	2.53									2.44
M 8 al 8	8	2.59	2.67									2.58
M 9 al 9	9	2.81	2.89			7.5mm	1.21	7.5mm	1.21	0.80	0.80	2.72
M 10 al 11	2	3.00	3.08			7.5mm	1.40	7.5mm	1.40	0.80	0.80	2.92
M 12 al 12	1	3.14	3.22			7.5mm	1.54	7.5mm	1.54	0.80	0.80	3.04
M 13 al 13	1	3.28	3.36			7.5mm	1.69	7.5mm	1.69	0.80	0.80	3.20
M 14 al 15	2	3.42	3.50			7.5mm	1.87	7.5mm	1.87	0.80	0.80	3.39
M 16 al 16	1	3.56	3.64			7.5mm	2.01	7.5mm	2.01	0.80	0.80	3.53
M 17 al 17	1	3.76	3.84			7.5mm	2.16	7.5mm	2.16	0.80	0.80	3.68
M 18 al 18	1	3.90	3.98			7.5mm	2.30	7.5mm	2.30	0.80	0.80	3.82
M 19 al 19	1	4.04	4.12			7.5mm	2.44	7.5mm	2.44	0.80	0.80	3.96
M 20 al 20	1	4.19	4.27			9mm	2.29	9mm	2.29	0.95	0.95	4.11
M 21 al 21	1	4.33	4.41			9mm	2.43	9mm	2.43	0.95	0.95	4.25
M 22 al 22	1	4.47	4.55			9mm	2.57	9mm	2.57	0.95	0.95	4.39
M 23 al 23	1	4.62	4.70			9mm	2.72	9mm	2.72	0.95	0.95	4.54
M 24 al 24	1	4.76	4.84			9mm	2.86	9mm	2.86	0.95	0.95	4.68
		115	474.89	484.09							232.845	

Fuente: “Empresa Italconcreto Sac”.

### 3.4 ELABORACIÓN DEL PLANO DE MONTAJE

En esta etapa, el área de proyectos elaborará un plano de montaje de viguetas, debido a que cada vigueta tiene un código y numeración, esto con el fin de que en la obra sepan la ubicación correcta y evitar equivocaciones



**Figura N°3.20** Plano de Montaje Alitec del Semisótano (EM-1) Comprendido entre los Ejes A – I/3 – 4, del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”. (Ver Anexo 05)

## CAPÍTULO IV

### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

#### 4.1. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LAS VIGUETAS ALITEC

El siguiente esquema resume cada una de las etapas para la elaboración de las viguetas de alma abierta del sistema Alitec.

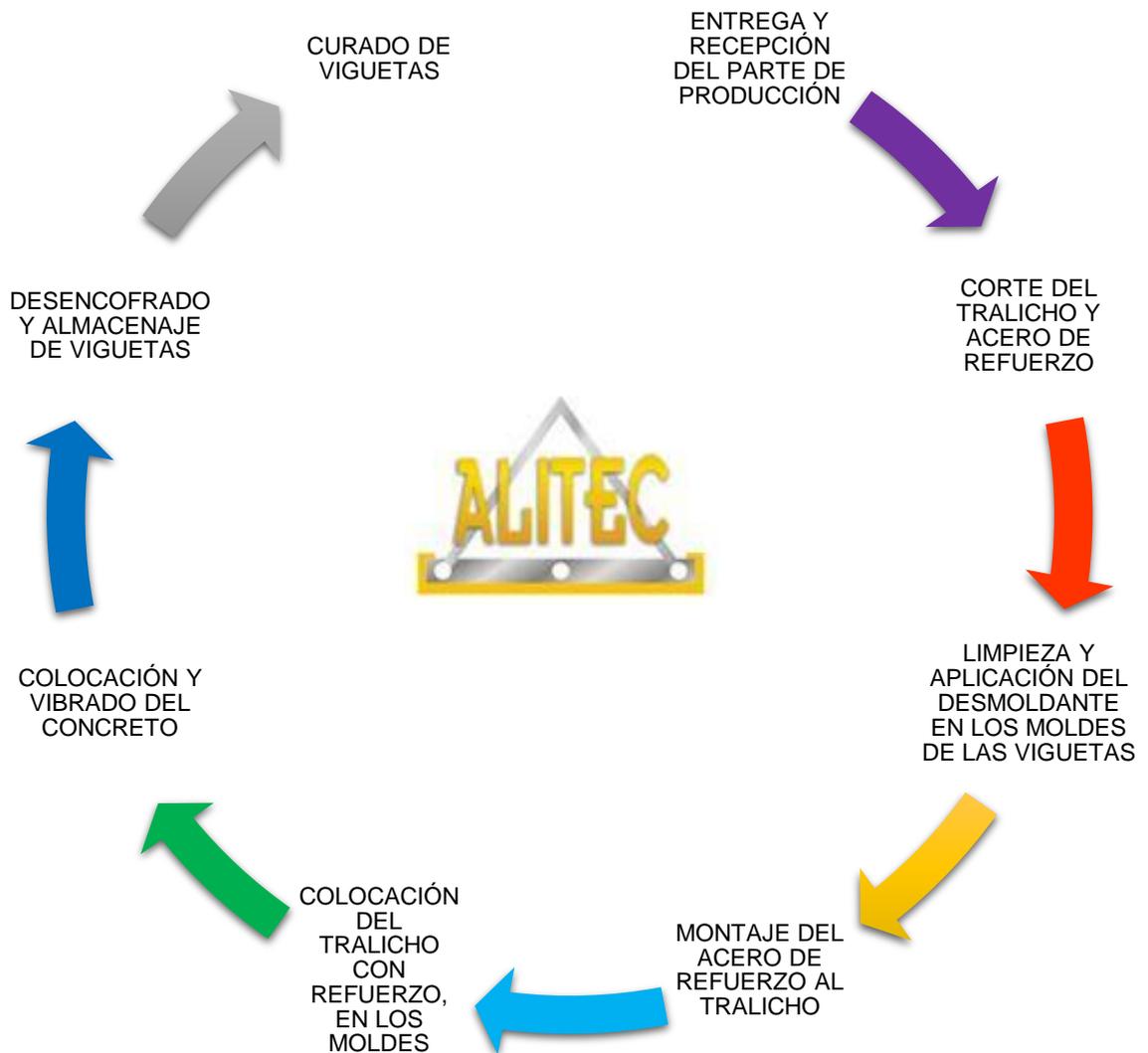


Figura N°4.1 Esquema del Proceso Constructivo de las Viguetas Alitec.

### 4.1.1 Entrega y Recepción del Parte de Producción (PP)

El área de proyectos genera el parte de producción (en donde se indica la cantidad, longitud y tipo de refuerzo de cada vigueta), el cual es recepcionado por el área de producción para la fabricación de dichas viguetas.

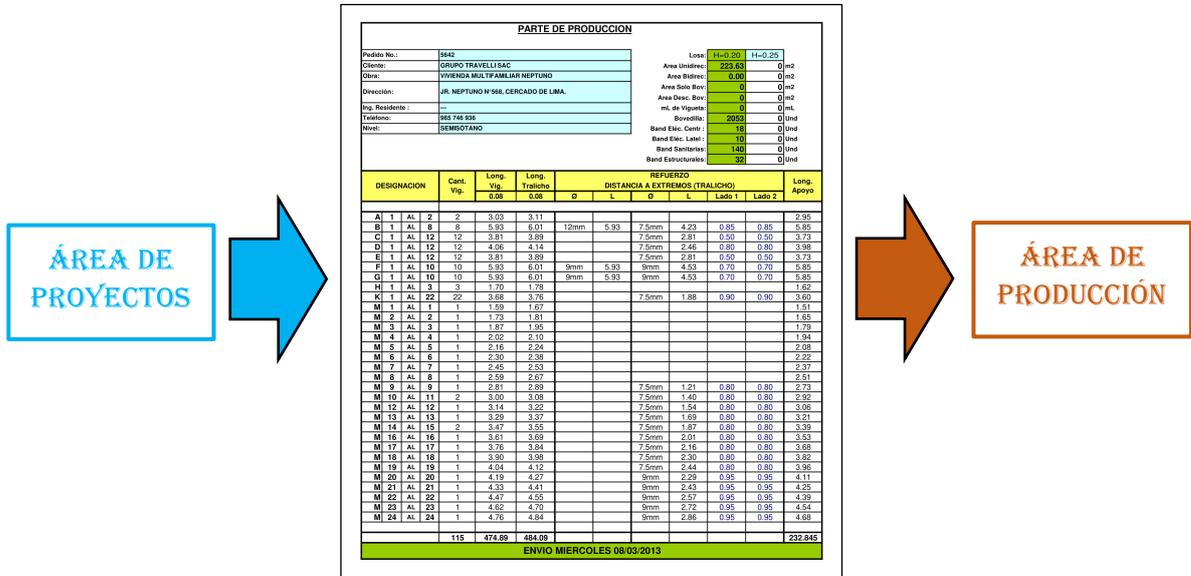


Figura N°4.2 PP del Semisótano del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Neptuno”. (Ver Anexo 08)

### 4.1.2 Corte del Tralicho y Acero de Refuerzo

En esta etapa, para el corte del tralicho y del acero de refuerzo, primero se marca con tiza la longitud deseada (considerando 16 cm más de longitud, esto debido a que en cada extremo se considera 4 cm para el apoyo de la vigueta y 4 cm de tralicho para una mejor adherencia con la viga) y posteriormente se realiza el corte.

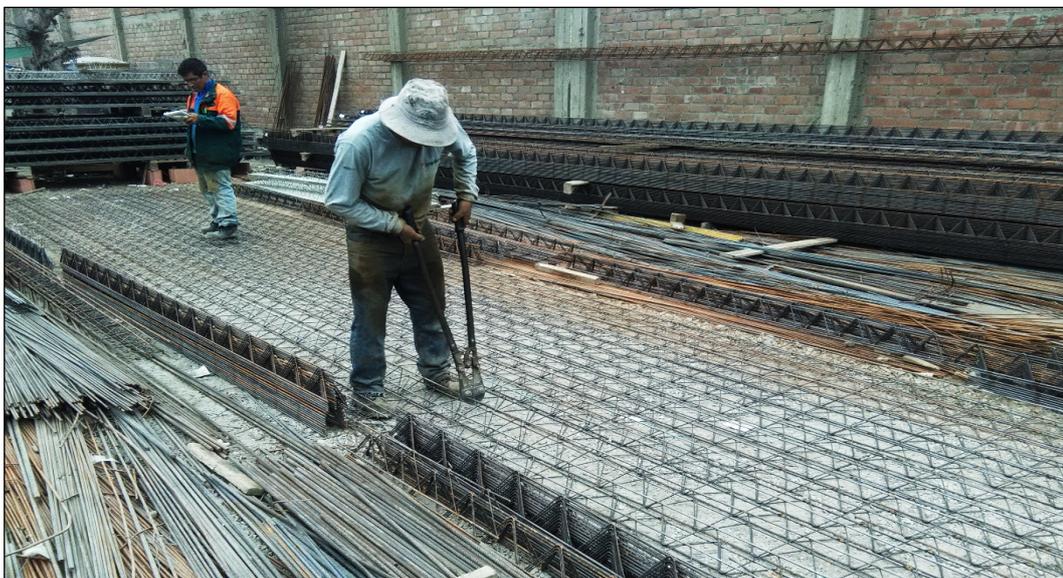


Figura N°4.3 Corte del Tralicho y Acero de Refuerzo.

#### 4.1.3 Limpieza y Aplicación de Desmoldante en los Moldes de Viguetas

Primero se procede a retirar los residuos de concreto que quedaron impregnados en los moldes, posteriormente se empieza a colocar el desmoldante con ayuda de un trapeador y/o esponja. También se coloca desmoldante a las compuertas (que sirven para fijar el tamaño del patín de concreto de la vigueta).



Figura N°4.4 Colocación de Desmoldante en los Moldes de las Viguetas Prefabricadas Alitec.

#### 4.1.4 Montaje del Acero de Refuerzo al Tralicho

En esta etapa, se unen el tralicho y el acero de refuerzo mediante alambres N° 16 (los cuales son fijados en forma vertical y horizontal), esto con el fin de que el acero de refuerzo positivo quede embebido y al centro del patín de concreto.

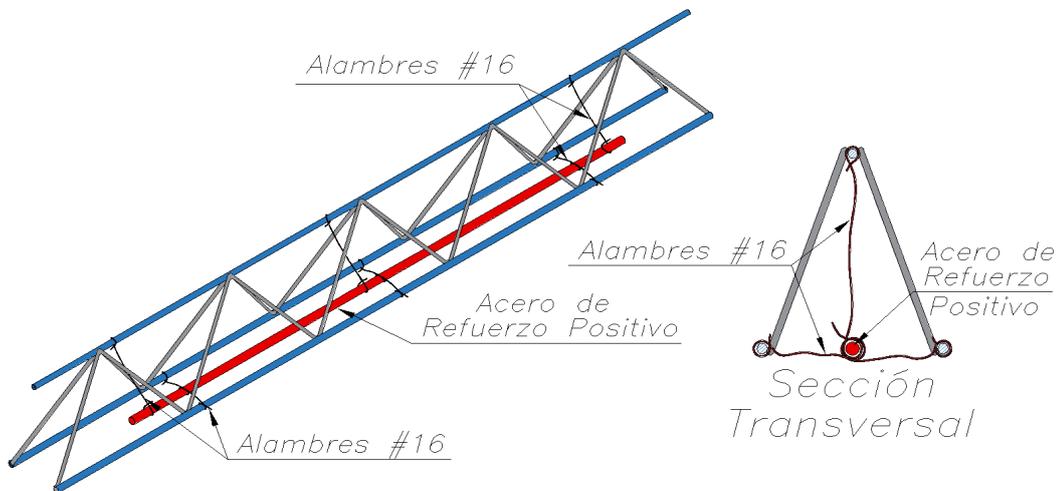


Figura N°4.5 Colocación y Fijación del Acero de Refuerzo Positivo, en el Tralicho.

#### 4.1.5 Colocación del Tralicho con Refuerzo, en los Moldes

En esta etapa, se fijará el tralicho con el molde, para evitar que durante el vibrado del concreto los aceros de refuerzo pierdan su posición. Así también se colocarán las compuertas en los extremos de las viguetas.



Figura N°4.6 Colocación del Conjunto (Tralicho y Acero de Refuerzo Positivo) en los Moldes.

#### 4.1.6 Colocación y Vibrado del Concreto

Se ubicarán 5 moldes sobre la mesa de vibrado, luego se colocará el concreto hasta el ras de los moldes, luego se realizará una primera vibración para luego nuevamente colocar concreto hasta el ras del molde y finalmente se realizará una segunda vibración (el tiempo de vibración en la mesa es de 4 a 6 segundos).



Figura N°4.7 Colocación y Vibrado del Concreto.

#### 4.1.7 Desencofrado y Almacenaje de Viguetas

En esta etapa, se retirarán las viguetas de los moldes, así como las compuertas de sus extremos; posteriormente las viguetas serán acopiadas.



Figura N°4.8 Desencofrado y Almacenaje de Viguetas.

#### 4.1.8 Curado de Viguetas

Las viguetas serán curadas mediante un curador químico (a pocas horas después de ser fabricadas), y los posteriores días serán curadas con agua; posteriormente se colocará las de tarjetas de identificación en el extremo de cada vigueta (indicando el código, longitud, tipo de refuerzo y el nombre del proyecto).



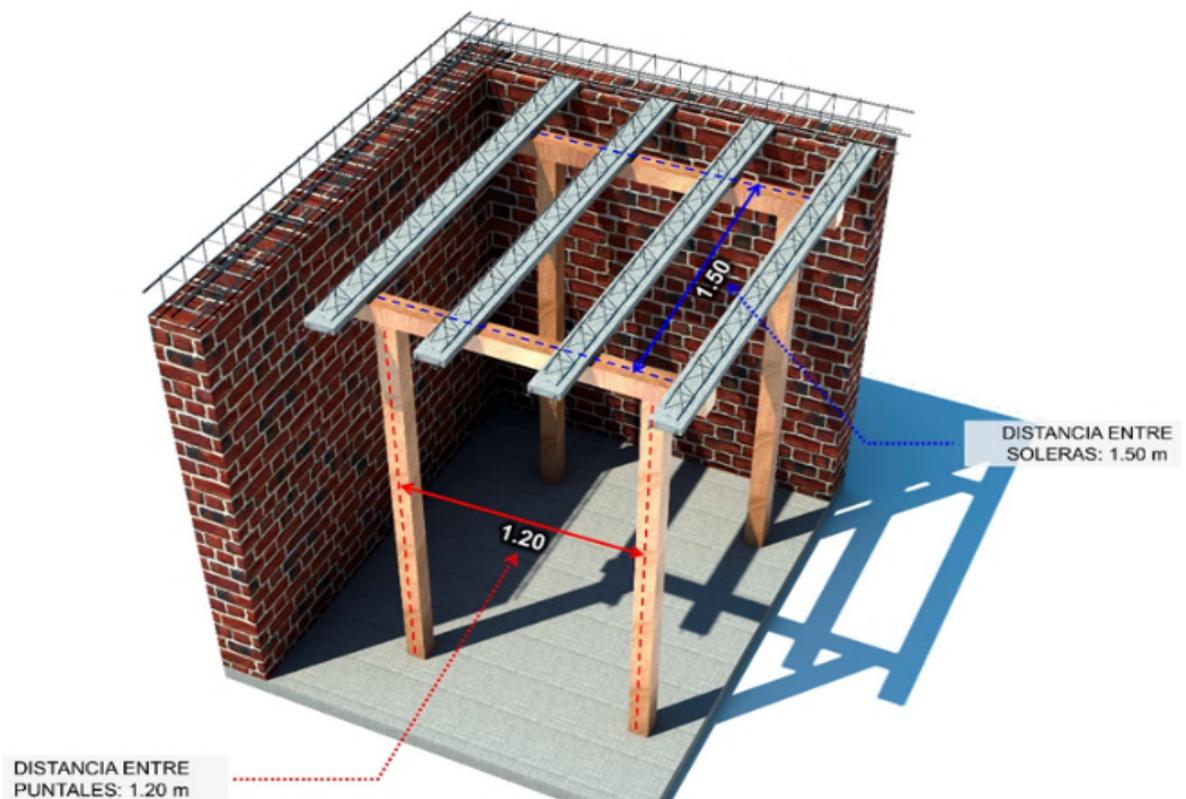
Figura N°4.9 Aplicación de Curador Químico en las Viguetas Alitec, Mediante Mochila Aspersora.

## 4.2 PROCESO DE MONTAJE DEL SISTEMA DE LOSA ALIGERADA ALITEC

El montaje de una losa aligerada Alitec, es muy similar al armado de una losa aligerada tradicional.

### 4.2.1 Encofrado de Vigas, Soleras y Puntales

Los extremos de las viguetas Alitec se apoyan en las tapas de los encofrados de vigas y placas. Los apoyos intermedios son las líneas de soleras paralelas, separadas entre sí de 1.20 m a 1.50 m que son sostenidas a su vez por puntales, separados estos de 1.00 m a 1.20 m.



**Figura N°4.10** Colocación y Separación Recomendada, de Soleras y Puntales.

Las viguetas del sistema Alitec son fabricadas considerando 4 cm adicionales de patín de concreto y 8 cm de tralicho también adicionales (este incremento se considera para ambos extremos de la vigueta), es por ello que las viguetas Alitec se apoyan 4 cm dentro del encofrado de la viga, placa o muro portante.

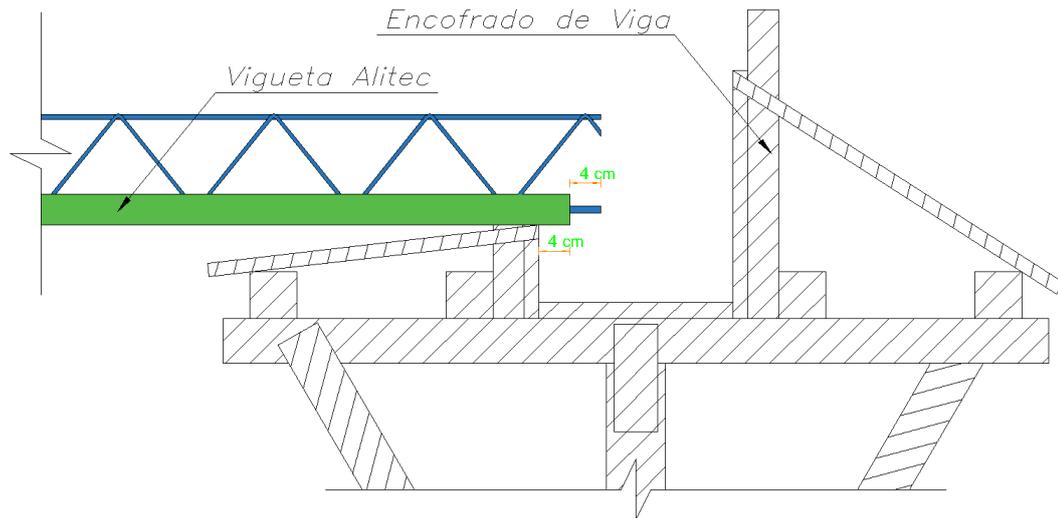


Figura N°4.11 Detalle del Apoyo de la Vigueta Alitec, en Vigas, Placas y Muros Portantes.

#### 4.2.2 Colocación de Viguetas (Viguetado)

Una vez terminado el encofrado de losa, se continúa con la colocación de las viguetas en los paños o viguetado. Para ello se comenzará por definir y armar completamente un paño inicial y sobre él se colocará las viguetas de los demás paños circundantes para facilitar el tránsito y el armado de toda la losa.

El correcto viguetado no es otra cosa que colocar las viguetas siguiendo la secuencia de códigos (letras y números) del plano de ensamblaje o montaje.

Para el viguetado se debe colocar una bovedilla en cada extremo de dos viguetas continuas para obtener el alineamiento y espaciamiento necesario.



Figura N°4.12 Colocación de Viguetas Alitec en la Losa Aligerada.

### 4.2.3 Apuntalamiento y Nivelación de la Losa

El apuntalamiento es poner a trabajar los puntales a compresión; y se realiza una vez terminado de viguetear un paño y antes de colocar la albañilería de bovedillas (con excepción de las bovedillas colocadas en los extremos de las viguetas, que sirven para el alineamiento de estas).

La nivelación siempre se debe verificar antes del vaciado de concreto.



Figura N°4.13 Apuntalamiento y Nivelación de las Viguetas Alitec.

Se deberá tener presente los siguientes errores en obra:

- ❖ Separación excesiva de soleras y puntales.
- ❖ Apuntalamientos defectuosos y nivelaciones erróneas.
- ❖ No arriostrar los puntales.
- ❖ Retiro prematuro de algunos o todos los puntales (Se debe comenzar a retirar primero los puntales de las soleras de ambos extremos de las viguetas y en forma alternada avanzar al centro del paño).
- ❖ Completar la colocación de la albañilería de bovedillas sin haber apuntalado las viguetas (para luces mayores a 4 m el resultado inmediato es el doblado del acero superior del tralicho y la fisuración del concreto de la vigueta).

#### 4.2.4 Ensamblaje de Albañilería

Una vez terminado de apuntalar el encofrado se procede a ensamblar las bovedillas (las cuales pueden ser de arcilla, concreto o de poliestireno expandido), así también en este proceso es donde se colocan las bandejas estructurales para los posibles ensanches por corte, las viguetas transversales de costura y las vigas chatas necesarias. Se corregirán los tramos cuya albañilería no es exacta y se inicia el proceso de replanteo de toda arquitectura de planta.



**Figura N°4.14** Colocación de Bovedillas de Arcilla en los Extremos, para el Alineamiento de las Viguetas.

#### 4.2.5 Proceso de Replanteo

El replanteo de las áreas y la ubicación de muros (trazándolos sobre la albañilería) permite ubicar los puntos de salida de los sistemas sanitarios y eléctricos, necesarios para iniciar la ejecución dichas instalaciones.

#### 4.2.6 Instalaciones Sanitarias

Las tuberías de desagüe con sus diámetros de 2" y 4", además de sus pendientes, obligan a suprimir bovedillas y reemplazarlas por bandejas sanitarias.

Para el paso de las tuberías no es necesario cortar el acero superior del tralicho, bastará con golpear el acero superior hundiéndolo ligeramente o cortar el alambre en zigzag en longitudes mínimas necesaria para que la tubería pase por debajo.

No obstante, si el corte del refuerzo fuera necesario, se apuntalará debajo de la vigueta correspondiente, luego se procederá a cortarla y reforzarla con una varilla de acero corrugado de  $\phi 3/8"$  con una longitud de 60 cm o mayor.



**Figura N°4.15** Detalle de las Instalaciones Sanitarias, que Pasan por los Alambrones en Zigzag de la Vigueta Alitec.

Se debe evitar que la tubería 4" de diámetro atraviese cortando a un grupo de viguetas, eliminando el refuerzo superior del tralicho y suprimiendo el concreto en el vaciado. Lo correcto es replantear la dirección de la tubería y ductos.



**Figura N°4.16** Colocación de Bandejas Sanitarias para el Recorrido de las Tuberías de Desagüe en Losa de 30 cm de Peralte.

#### 4.2.7 Colocación del Acero de Temperatura y Refuerzo Negativo

El acero de temperatura puede ser acero corrugado  $\phi 1/4'' @ 25 \text{ cm}$  colocado en una o dos direcciones o mallas electro soldadas. Se colocará primero y antes de la bastonería de los refuerzos negativos. El acero de temperatura irá aislado  $2 \text{ cm}$  de la superficie de las bovedillas por separadores que se colocarán antes del vaciado de concreto (para este fin se pueden producirse en obra pequeños tacos de mortero cargado de  $4 \times 4 \times 2 \text{ cm}$  con una mecha de alambre N° 16 saliendo de ellos para ser sujetos).

Sobre la malla de temperatura se amarrará la bastonería del refuerzo negativo, asegurándose así un mejor recubrimiento.



Figura N°4.17 Colocación de la Malla de Temperatura en la Losa Aligerada Alitec.

#### 4.2.8 Colocación del Sistema Eléctrico y de Agua

Una vez terminada de colocar la malla de temperatura y la bastonería se procede a ejecutar las instalaciones eléctricas y las instalaciones de agua fría y caliente. Las tuberías recorrerán la losa por encima de la malla de temperatura, nunca por debajo de ella (porque serían cortadas por estas, debido al tránsito del personal). El sistema Alitec permite también recorrer las tuberías por dentro de las bovedillas, viajando por sus alveolos internos y saliendo directamente a los puntos donde los reciben las bandejas sanitarias o eléctricas con sus cajas octogonales.



**Figura N°4.18** Colocación de las Tuberías de Luz, usando las Bandejas Eléctricas.

Una vez terminado todo el proceso de instalación del sistema Alitec se comenzará a sellar los alveolos de las bovedillas, para ello se utilizará tapas de poliestireno expandido (EPS) de 3 mm de espesor, disminuyendo así los desperdicios del concreto al mínimo. [9]



**Figura N°4.19** Sellado de los Alveolos de las Bovedillas, usando Tapas de Tecnopor.

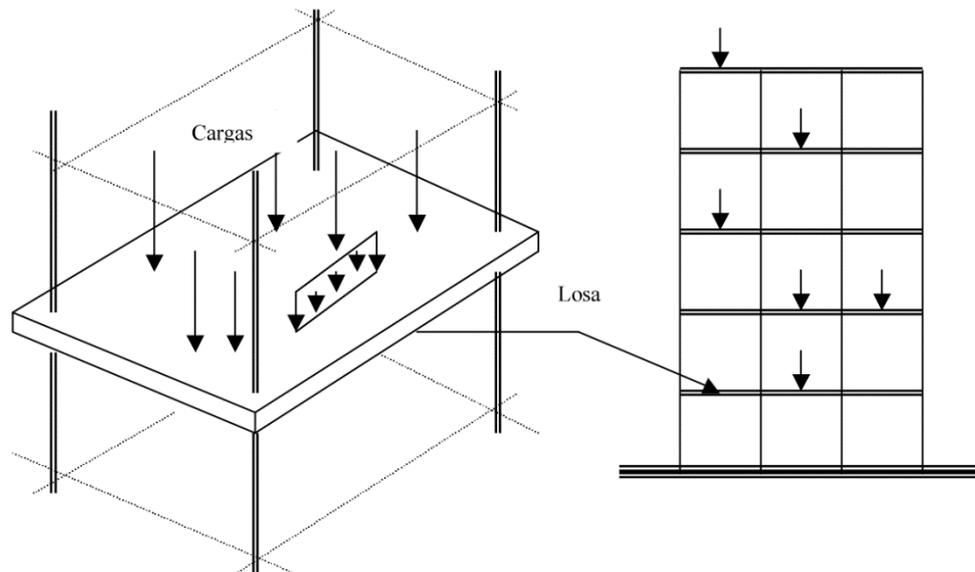
## CAPÍTULO V

### PROYECTOS DISEÑADOS Y CONVERTIDOS AL SISTEMA ALITEC EN LOSAS ALIGERADAS BIDIRECCIONALES Y DE LUCES AMPLIAS

#### 5.1 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSAS EN DOS DIRECCIONES

##### 5.1.1 Introducción

En las edificaciones de hormigón armado las losas son aquellos elementos estructurales planos que permiten en primer lugar suministrar superficies de apoyo a las cargas verticales sean estas vivas o muertas y en segundo término actuar como elemento de amarre (diafragma) al sistema de columnas y muros que es en definitiva el que soporta la estructura, *Figura N°5.1*.

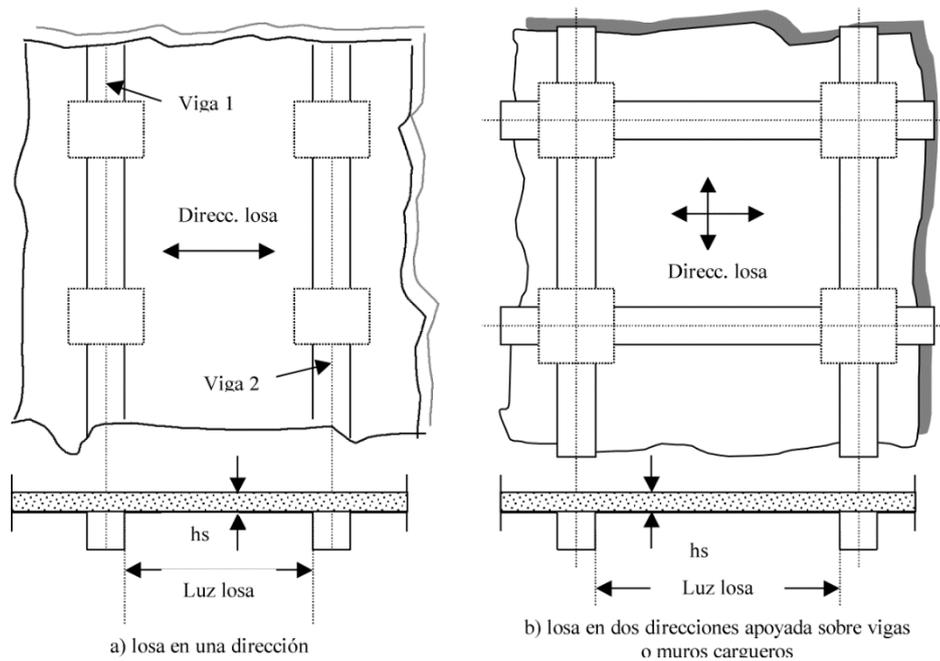


**Figura N°5.1** Representación Esquemática de las Losas de Edificios.

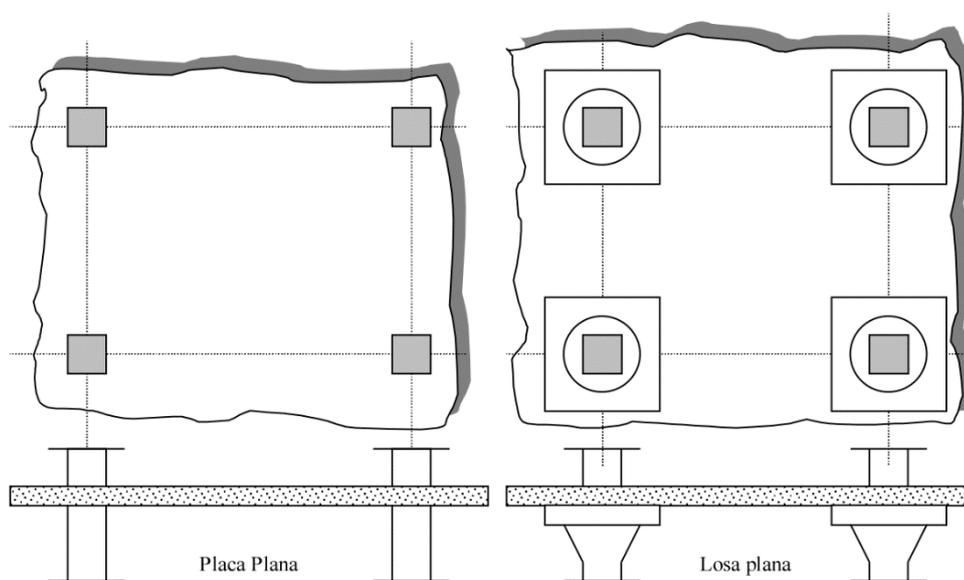
La losa puede apoyarse directamente sobre columnas o descansar sobre muros cargueros, vigas de hormigón o de acero generando así diferentes condiciones de apoyo que indican formas especiales de trabajo estructural. Por ejemplo, si la losa se apoya en todo su perímetro sobre vigas cargueras rígidas o sobre muros se tiene el sistema de “Losas perimetralmente apoyadas” el cual puede trabajar en una o dos direcciones de acuerdo a la relación de sus lados, *Figura N°5.2. b*. Si la losa se apoya en solo dos vigas o muros cargueros se tiene la “losa en una dirección”, *Figura N°5.2. a*. Si finalmente se apoya directamente sobre las

columnas se generan dos tipos de superficies únicas en el hormigón armado: “la losa plana y la placa plana”, *Figura N°5.3*.

Igualmente, una losa puede ser completamente sólida o contener cavidades vacías, en el primer caso se tiene la “losa maciza” y en el segundo “la losa aligerada”. La losa aligerada es la más utilizada en los edificios porque al permitir disminuir el peso propio de las edificaciones se disminuye el costo.

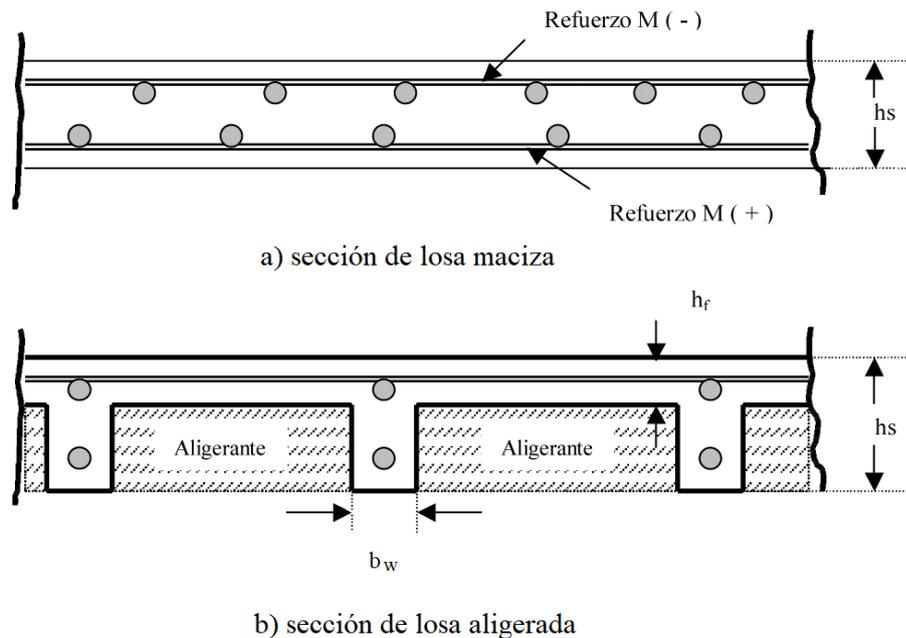


**Figura N°5.2** Sistemas de Losas en Una y Dos Direcciones.



**Figura N°5.3** Sistemas de Placa Plana y Losa Plana.

La losa maciza es utilizada en los tableros de puentes por su alta capacidad estructural, *Figura N°5.4*.



**Figura N°5.4** Sección de Losa Maciza y Aligerada de Hormigón Armado.

Adicionalmente a los tipos de losas indicados, existen otras que se apoyan en toda su superficie como los pisos de edificios, pavimentos de vías, pisos de bodegas y parqueaderos que requieren un tratamiento diferente a las anteriormente mencionadas.

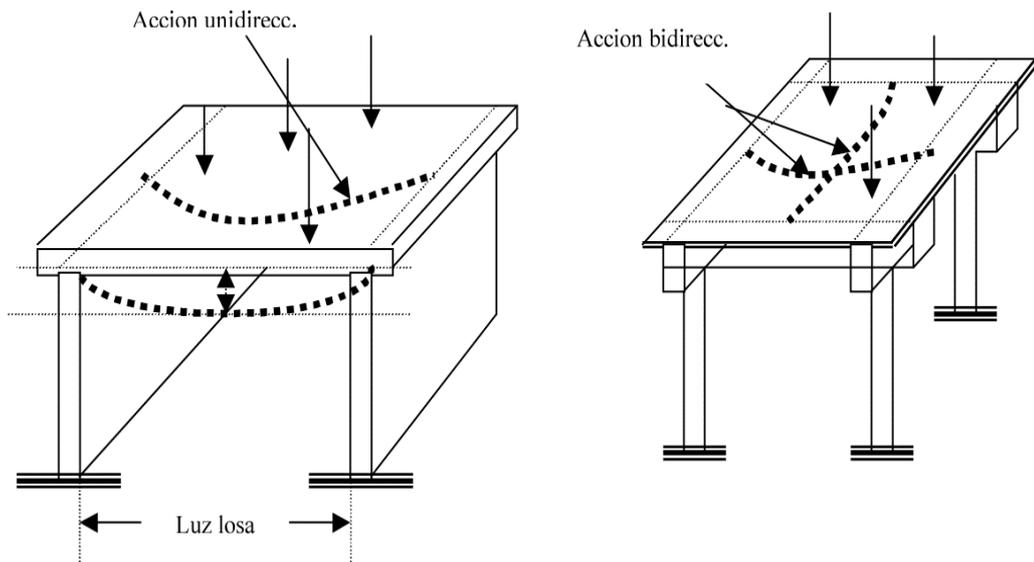
El refuerzo en las losas se coloca en forma convencional en dirección paralela a las superficies planas superior e inferior, sin embargo, en el caso de losas de puentes, se pueden utilizar acero doblado a  $45^\circ$  que permite resistir tensiones por flexión positivas y negativas sin interrumpir longitudinalmente el refuerzo. Se puede utilizar también mallas electrosoldadas como refuerzo en losas y acero de alta resistencia en forma de cables para losas postensadas.

## 5.2 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSAS PERIMETRALMENTE APOYADAS

### 5.2.1 Comportamiento Estructural

Las losas en una dirección se deforman bajo carga siguiendo una superficie cilíndrica similar a la indicada en la *Figura N°5.5*. En este sentido la acción estructural es principalmente en una dirección, es decir normal a los bordes de apoyo de la losa. Sin embargo, este no es el caso general y muchas veces las

losas tienen dimensiones y están apoyadas de tal forma que se presenta una acción bidireccional, es decir la superficie deformada ya no es cilíndrica sino en forma de domo esférico y cualquier punto de la losa está sometido a dos tipos de curvaturas indicando que existen momentos en las dos direcciones ortogonales. Para resistir estos momentos la losa se debe reforzar en ambas direcciones con capas de acero cuyas cuantías aseguren una adecuada capacidad de carga cuando se someta a las diferentes sollicitaciones externas.

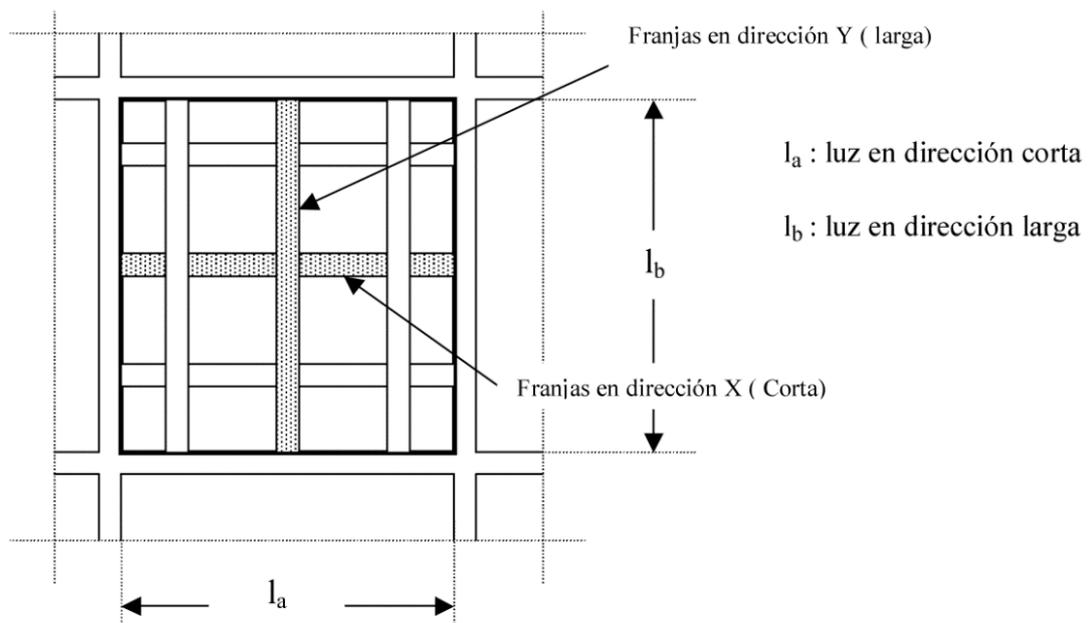


**Figura N°5.5** Acción Estructural en Una y en Dos Direcciones en Losas.

El tipo más simple de losa con acción estructural en las dos direcciones está representado en la *Figura N°5.2.b*. En este caso la losa indicada se apoya en vigas perimetrales cargueras que van en los cuatro bordes y se caracterizan porque son muy rígidas y trabajan monólicamente con la losa transfiriendo flexión, torsión y cortante. La rigidez de las vigas de borde garantiza que bajo la acción de las cargas estas no sufren deformaciones apreciables. Esta hipótesis no se cumple si la losa no lleva vigas o estas se colocan con espesor delgado (se recomienda que la viga perimetral tenga al menos un espesor igual a tres veces el espesor de la losa).

Si se asumen las consideraciones anteriores se puede visualizar la losa como un conjunto de franjas imaginarias de ancho " $b_x$ : franjas paralelas al Eje Y" y " $b_y$ : franjas paralelas al Eje X" que recorren la losa en las dos direcciones y se interceptan en determinados puntos, *Figura N°5.6*. Al aplicar una carga

uniformemente distribuida cualquiera “q” sobre la losa es evidente que cierta fracción de esta se transmite en una dirección mientras que otra parte se transmite en la dirección perpendicular de acuerdo a las características dimensionales de la losa. Si se define ahora que la losa es rectangular con “ $l_a$ ” siendo la luz corta y “ $l_b$ ” la luz larga y se consideran solo las dos franjas centrales se tiene el siguiente resultado: “la deflexión en el punto central de la losa donde se interceptan las dos franjas imaginarias debe ser la misma por compatibilidad de deformaciones”. Para demostrar este enunciado se asumirá una losa simplemente apoyada perimetralmente:



**Figura N°5.6** Disposición de Franjas en una Losa en Dos Direcciones.

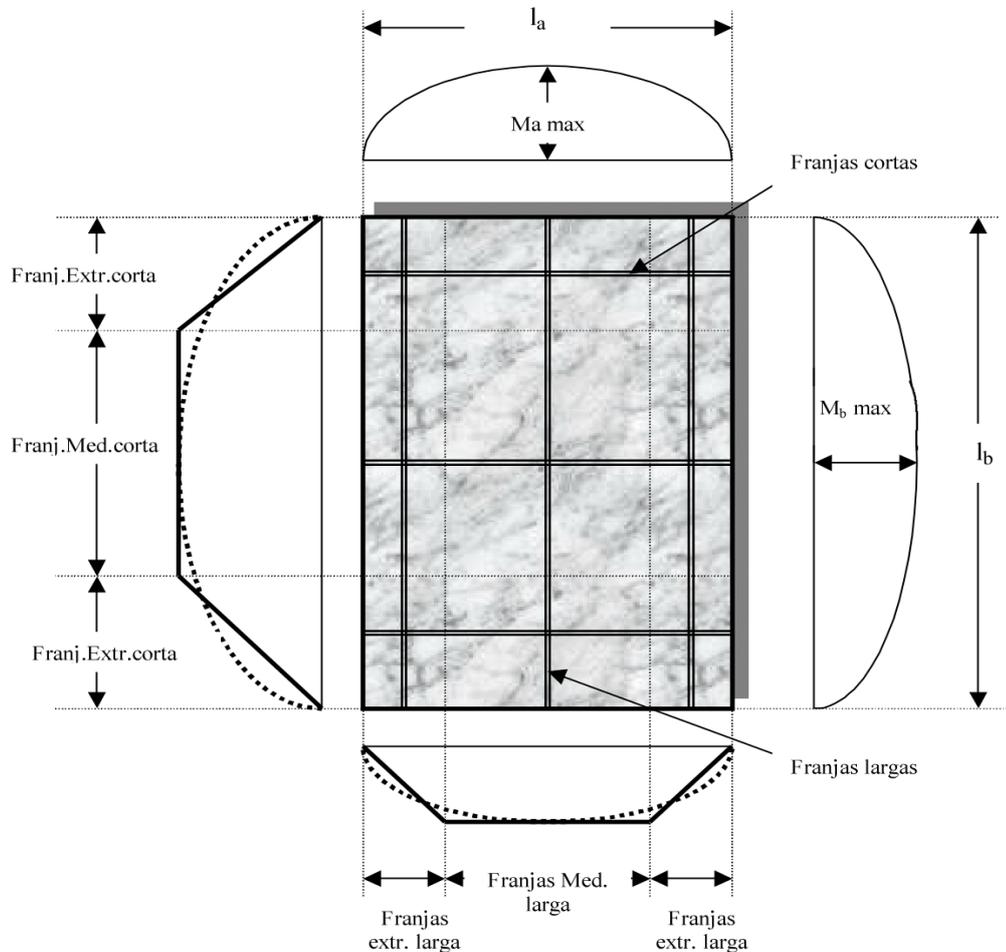
Las deflexiones de ambas franjas se obtienen de la resistencia de materiales:

$$\Delta_{max.a} = \frac{5 \cdot q_a \cdot l_a^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad y \quad \Delta_{max.b} = \frac{5 \cdot q_b \cdot l_b^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

En la igualdad:  $\Delta_{max.a} = \Delta_{max.b} \Rightarrow q_a \cdot l_a^4 = q_b \cdot l_b^4$

$$\frac{q_a}{q_b} = \frac{l_b^4}{l_a^4} \dots (\alpha)$$

Se demuestra para este caso en particular que la relación de las cargas en dirección corta y larga es inversamente proporcional a la relación de las luces elevadas a la cuarta potencia. En otras palabras, la proporción de carga que toma la dirección corta es mucho mayor que la que toma la dirección larga.



**Figura N°5.7** Definición de Franjas y Momentos en Losas en Dos Direcciones.

Un análisis más riguroso de la ecuación ( $\alpha$ ) indica que solo aquellas losas con relación luz larga a luz corta " $l_b/l_a$ " menor que 2.0 requieren diseñarse como losas en dos direcciones ya que para relaciones mayores o iguales a 2.0 la contribución de la luz larga es de solo 1/16 parte de la dirección corta por lo que su comportamiento es prácticamente en una dirección (corta). [4]

### 5.3 CONVERSIÓN DE UNA LOSA ALIGERADA BIDIRECCIONAL ALITEC

A modo de ejemplo, se hará el análisis de las losas aligeradas en dos direcciones del proyecto “Edificio Multifamiliar y Oficinas Privadas Don José” para los paños comprendidos entre los *Ejes B – C/5’ – 9* correspondiente al Sótano 1, Zona de oficinas “A”. (**Ver Anexo 06**)

Las losas aligeradas en dos direcciones del sistema Alitec, estarán colocadas de la siguiente forma:

En un sentido trabajarán las viguetas Alitec y en el otro sentido, el cual es perpendicular al primero, se colocarán las bandejas estructurales ranuradas las cuales sirven de base para el tendido del acero de la vigueta convencional; conformando así la losa aligerada armada en dos direcciones.



**Figura N°5.8** Losa Bidireccional, Utilizando el Sistema Alitec.

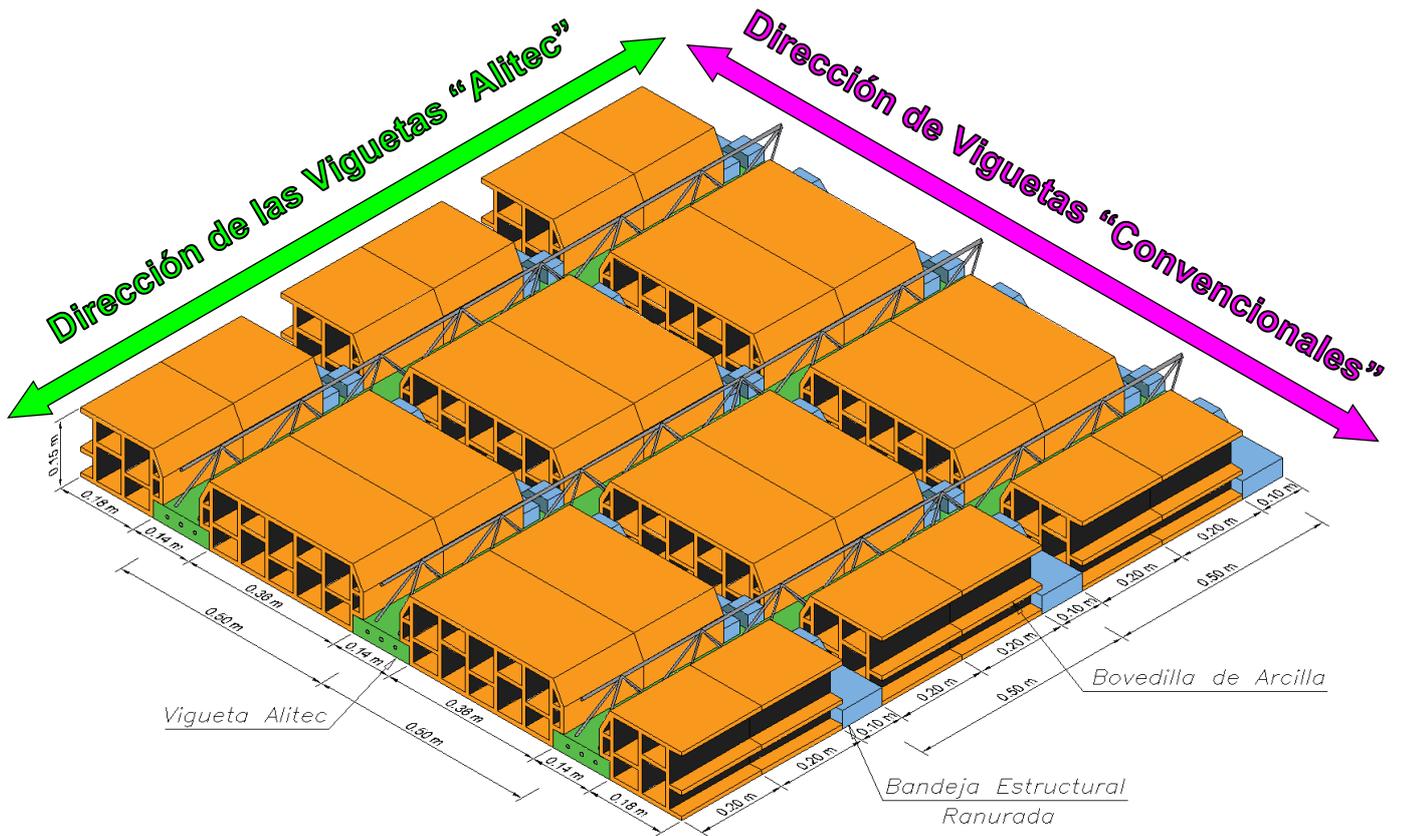


Figura N°5.9 Vista Isométrica de la Losa Aligerada Bidireccional Alitec.

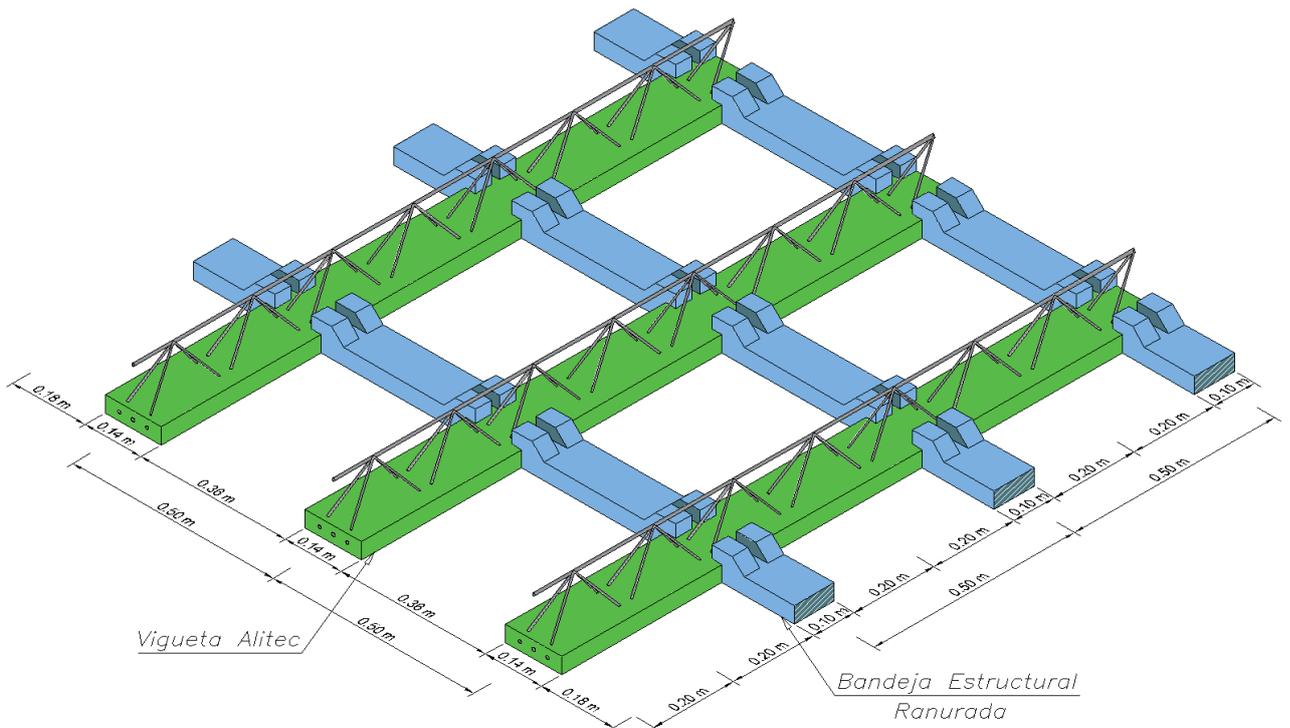
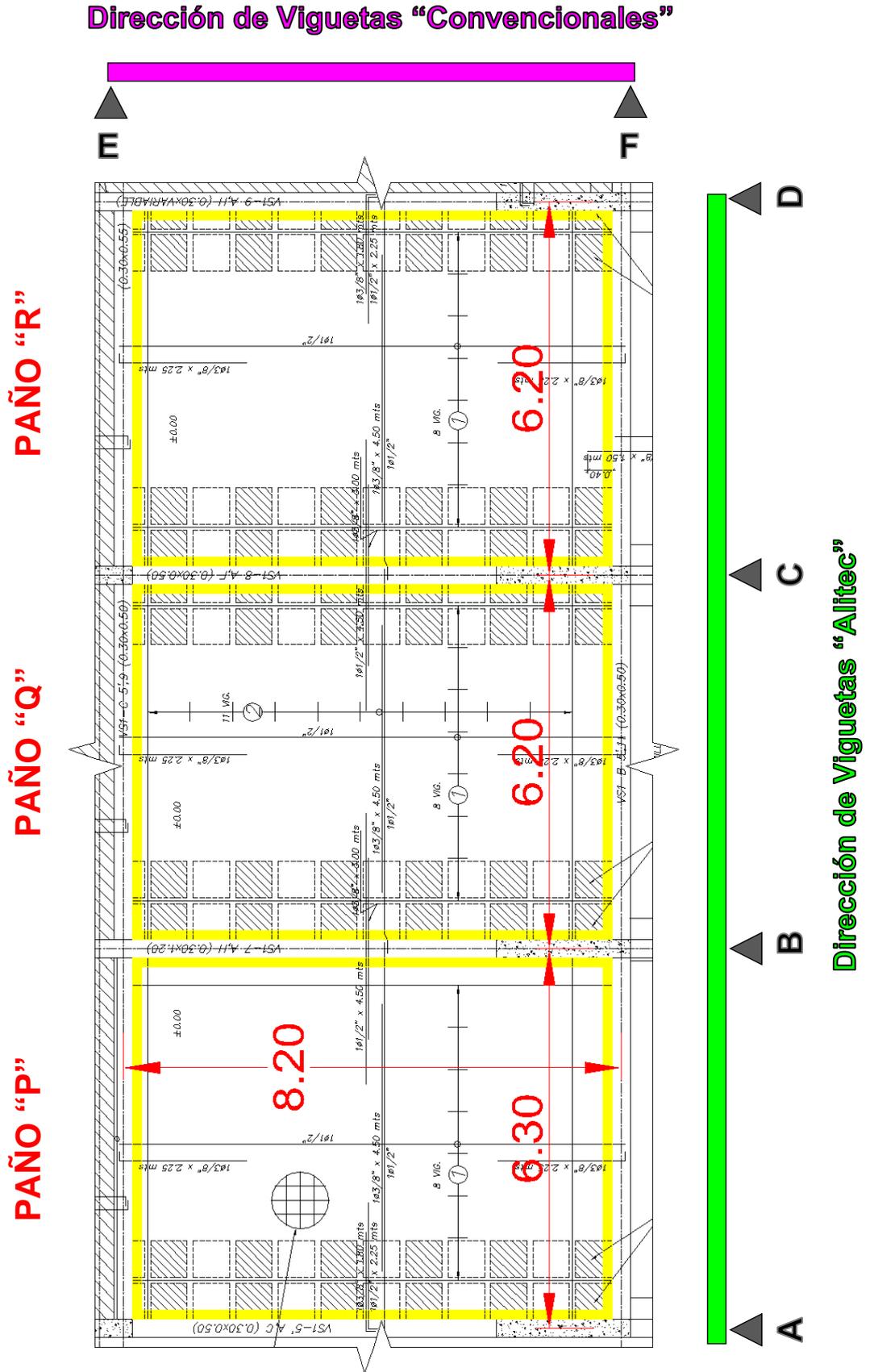


Figura N°5.10 Vista Isométrica del sentido de las viguetas Alitec y bandejas estructurales ranuradas de la Losa Aligerada Bidireccional Alitec.



**Figura N°5.11** Modelo Matemático para el tramo comprendido entre los Ejes B – C/5’ – 9 del Proyecto “Edificio Multifamiliar y Oficinas Privadas Don José”. (Ver Anexo 06)

### 5.3.1 Obtención de las Cargas Vivas y Muertas en Cada Paño

La carga total ( $q_t$ ) en una losa aligerada de dos direcciones es igual a la suma de la carga en la dirección corta ( $q_a$ ) con la carga en la dirección larga ( $q_b$ ).

$$q_a + q_b = q_t \dots (\xi)$$

También se tiene:

$$\frac{q_a}{q_b} = \frac{L_b^4}{L_a^4} \dots (\alpha)$$

Despejando  $q_a$ :

$$q_a = \left(\frac{L_b^4}{L_a^4}\right) q_b \dots (\phi)$$

Reemplazando  $q_a$  en la ecuación ( $\xi$ ):

$$\left(\frac{L_b^4}{L_a^4}\right) q_b + q_b = q_t$$

Despejando  $q_b$ :

$$q_b = \left(\frac{L_a^4}{L_a^4 + L_b^4}\right) q_t \dots (\lambda)$$

Reemplazando  $q_b$  en la ecuación ( $\phi$ ):

$$q_a = \left(\frac{L_b^4}{L_a^4 + L_b^4}\right) q_t \dots (\mu)$$

Luego se concluye que la carga tanto en la dirección corta ( $q_a$ ) como en la dirección larga ( $q_b$ ) están en función de la carga total y sus longitudes.

### 5.3.1.1 Cargas en el Paño "P"

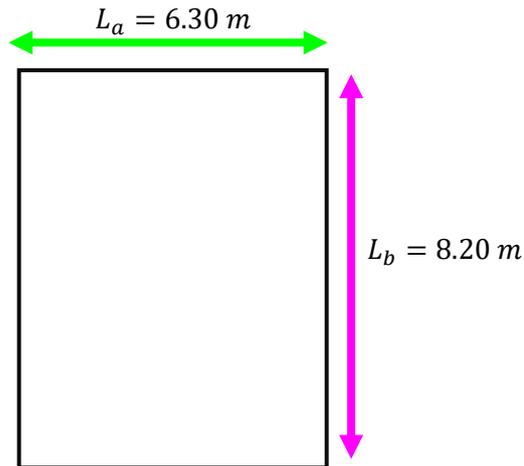


Figura N°5.12 Dimensión de la Losa Bidireccional, Correspondiente al Paño "P".

En el paño "P", se identifican:

$$L_b = \text{Luz libre en la dirección larga} = 8.20\text{ m}$$

$$L_a = \text{Luz libre en la dirección corta} = 6.30\text{ m}$$

Del plano se obtienen los siguientes datos:

$$\text{Peralte de losa} = 0.20\text{ m}$$

$$S/C = 250\text{ kg/m}^2$$

Por lo tanto, se conoce el valor de la Carga Viva Total ( $CV_{total}$ ):

$$CV_{total} = 250\text{ kg/m}^2$$

De la siguiente tabla se obtiene la Carga Muerta Total ( $CM_{total}$ ):

$$CM_{total} = 373\text{ kg/m}^2$$

Tabla N°5.1 Valores de Carga Muerta por  $\text{m}^2$  para los Diferentes Tipos de Bovedillas.

H Losa (cm)	Carga Muerta por $\text{m}^2$ de Losa ( $\text{Ton/m}^2$ )		
	Bovedilla de Arcilla	Bovedilla de Concreto	Bovedilla de Poliestireno Expandido
17	0.324	0.332	0.273
20	0.373	0.383	0.300
25	0.429	0.442	0.323
30	0.466	0.510	0.358

Fuente: "Empresa Italconcreto Sac".

De las siguientes ecuaciones se obtienen los valores de cargas vivas, tanto para el lado en la dirección corta ( $L_a$ ) como para el lado en la dirección larga ( $L_b$ ):

$$CV_{total} = CV_a + CV_b \dots (\xi)$$

$$\frac{CV_a}{CV_b} = \frac{L_b^4}{L_a^4} \dots (\alpha)$$

$$CV_a = \left( \frac{L_b^4}{L_a^4 + L_b^4} \right) CV_{total} \dots (\lambda)$$

$$CV_b = \left( \frac{L_a^4}{L_a^4 + L_b^4} \right) CV_{total} \dots (\mu)$$

Donde:

$$CV_{total} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$L_b = 8.20 \text{ m}$$

$$L_a = 6.30 \text{ m}$$

Reemplazando:

$$CV_a = \left( \frac{8.20^4}{6.30^4 + 8.20^4} \right) 250$$

$$CV_a = 185.40 \text{ kg/m}^2$$

$$\Rightarrow CV_a = 0.1854 \text{ Tn/m}^2$$

$$CV_b = \left( \frac{6.30^4}{6.30^4 + 8.20^4} \right) 250$$

$$CV_b = 64.60 \text{ kg/m}^2$$

$$\Rightarrow CV_b = 0.0646 \text{ Tn/m}^2$$

Finalmente, las cargas vivas, para las viguetas que están a ejes de 50 cm serían:

$$CV_a = 0.1854 \text{ Tn/m}^2$$

$$\Rightarrow \text{Para ejes de 0.50 m: } CV_a = 0.093 \text{ Tn/m}$$

$$CV_b = 0.0646 \text{ Tn/m}^2$$

$$\Rightarrow \text{Para ejes de 0.50 m: } CV_b = 0.032 \text{ Tn/m}$$

De forma similar se obtienen los valores de cargas muertas, tanto para el lado en la dirección corta ( $L_a$ ) como para el lado en la dirección larga ( $L_b$ ):

$$CM_{total} = CM_a + CM_b \dots (\xi)$$

$$\frac{CM_a}{CM_b} = \frac{L_b^4}{L_a^4} \dots (\alpha)$$

$$CM_a = \left( \frac{L_b^4}{L_a^4 + L_b^4} \right) CM_{total} \dots (\lambda)$$

$$CM_b = \left( \frac{L_a^4}{L_a^4 + L_b^4} \right) CM_{total} \dots (\mu)$$

Donde:

$$CM_{total} = 373 \text{ kg/m}^2$$

$$L_b = 8.20 \text{ m}$$

$$L_a = 6.30 \text{ m}$$

Reemplazando:

$$CM_a = \left( \frac{8.20^4}{6.30^4 + 8.20^4} \right) 373$$

$$CM_a = 276.62 \text{ kg/m}^2$$

$$\Rightarrow CM_a = 0.27662 \text{ Tn/m}^2$$

$$CM_b = \left( \frac{6.30^4}{6.30^4 + 8.20^4} \right) 373$$

$$CM_b = 96.38 \text{ kg/m}^2$$

$$\Rightarrow CM_b = 0.09638 \text{ Tn/m}^2$$

Finalmente, las cargas muertas, para las viguetas que están a ejes de 50 cm serían:

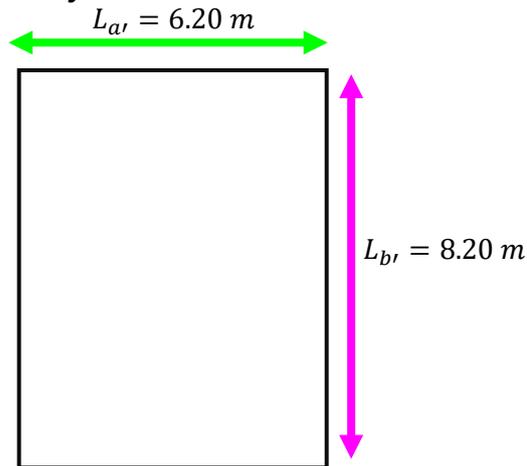
$$CM_a = 0.27662 \text{ Tn/m}^2$$

$$\Rightarrow \text{Para ejes de 0.50 m: } CM_a = 0.138 \text{ Tn/m}$$

$$CM_b = 0.09638 \text{ Tn/m}^2$$

$$\Rightarrow \text{Para ejes de 0.50 m: } CM_b = 0.048 \text{ Tn/m}$$

**5.3.1.2 Cargas en el Paño “Q” y “R”**



**Figura N°5.13** Dimensión de la Losa Bidireccional, Correspondiente al Paño “Q” y “R”.

En el paño “Q” y “R”, se identifican:

$L_{br} = \text{Luz libre en la dirección larga} = 8.20 \text{ m}$

$L_{ar} = \text{Luz libre en la dirección corta} = 6.20 \text{ m}$

Del plano se obtienen los siguientes datos:

$\text{Peralte de losa} = 0.20 \text{ m}$

$S/C = 250 \text{ kg/m}^2$

Por lo tanto, se conoce el valor de la Carga Viva Total ( $CV_{total}$ ):

$CV_{total} = 250 \text{ kg/m}^2$

De la siguiente tabla se obtiene la Carga Muerta Total ( $CM_{total}$ ):

$CM_{total} = 373 \text{ kg/m}^2$

**Tabla N°5.2** Valores de Carga Muerta por  $\text{m}^2$  para los Diferentes Tipos de Bovedillas.

H Losa (cm)	Carga Muerta por $\text{m}^2$ de Losa ( $\text{Ton/m}^2$ )		
	Bovedilla de Arcilla	Bovedilla de Concreto	Bovedilla de Poliestireno Expandido
17	0.324	0.332	0.273
20	0.373	0.383	0.300
25	0.429	0.442	0.323
30	0.466	0.510	0.358

Fuente: “Empresa Italconcreto Sac”.

De las siguientes ecuaciones se obtienen los valores de cargas vivas, tanto para el lado en la dirección corta ( $L_a$ ) como para el lado en la dirección larga ( $L_b$ ):

$$CV_{total} = CV_{a'} + CV_{b'} \dots (\xi)$$

$$\frac{CV_{a'}}{CV_{b'}} = \frac{L_{b'}^4}{L_{a'}^4} \dots (\alpha)$$

$$CV_{a'} = \left( \frac{L_{b'}^4}{L_{a'}^4 + L_{b'}^4} \right) CV_{total} \dots (\lambda)$$

$$CV_{b'} = \left( \frac{L_{a'}^4}{L_{a'}^4 + L_{b'}^4} \right) CV_{total} \dots (\mu)$$

Donde:

$$CV_{total} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$L_{b'} = 8.20 \text{ m}$$

$$L_{a'} = 6.20 \text{ m}$$

Reemplazando:

$$CV_{a'} = \left( \frac{8.20^4}{6.20^4 + 8.20^4} \right) 250$$

$$CV_{a'} = 188.42 \text{ kg/m}^2$$

$$\Rightarrow CV_{a'} = 0.18842 \text{ Tn/m}^2$$

$$CV_{b'} = \left( \frac{6.20^4}{6.20^4 + 8.20^4} \right) 250$$

$$CV_{b'} = 61.58 \text{ kg/m}^2$$

$$\Rightarrow CV_{b'} = 0.06158 \text{ Tn/m}^2$$

Finalmente, las cargas vivas, para las viguetas que están a ejes de 50 cm serían:

$$CV_{a'} = 0.18842 \text{ Tn/m}^2$$

$$\Rightarrow \text{Para ejes de 0.50 m: } CV_{a'} = 0.094 \text{ Tn/m}$$

$$CV_{b'} = 0.06158 \text{ Tn/m}^2$$

$$\Rightarrow \text{Para ejes de 0.50 m: } CV_{b'} = 0.031 \text{ Tn/m}$$

De forma similar se obtienen los valores de cargas muertas, tanto para el lado en la dirección corta ( $L_a$ ) como para el lado en la dirección larga ( $L_b$ ):

$$CM_{total} = CM_{a'} + CM_{b'} \dots (\xi)$$
$$\frac{CM_{a'}}{CM_{b'}} = \frac{L_{b'}^4}{L_{a'}^4} \dots (\alpha)$$
$$CM_{a'} = \left( \frac{L_{b'}^4}{L_{a'}^4 + L_{b'}^4} \right) CM_{total} \dots (\lambda)$$
$$CM_{b'} = \left( \frac{L_{a'}^4}{L_{a'}^4 + L_{b'}^4} \right) CM_{total} \dots (\mu)$$

Donde:

$$CM_{total} = 373 \text{ kg/m}^2$$

$$L_{b'} = 8.20 \text{ m}$$

$$L_{a'} = 6.20 \text{ m}$$

Reemplazando:

$$CM_{a'} = \left( \frac{8.20^4}{6.20^4 + 8.20^4} \right) 373$$

$$CM_{a'} = 281.12 \text{ kg/m}^2$$

$$\Rightarrow CM_{a'} = 0.28112 \text{ Tn/m}^2$$

$$CM_{b'} = \left( \frac{6.20^4}{6.20^4 + 8.20^4} \right) 373$$

$$CM_{b'} = 91.88 \text{ kg/m}^2$$

$$\Rightarrow CM_{b'} = 0.09188 \text{ Tn/m}^2$$

Finalmente, las cargas muertas, para las viguetas que están a ejes de 50 cm serían:

$$CM_{a'} = 0.28112 \text{ Tn/m}^2$$

$$\Rightarrow \text{Para ejes de } 0.50 \text{ m: } CM_{a'} = 0.141 \text{ Tn/m}$$

$$CM_{b'} = 0.09188 \text{ Tn/m}^2$$

$$\Rightarrow \text{Para ejes de } 0.50 \text{ m: } CM_{b'} = 0.046 \text{ Tn/m}$$

### 5.3.2 Ingreso de Datos en el SAP

Con los valores obtenidos de las cargas muertas y vivas para cada paño, se procede a ingresar estos datos en el SAP, para obtener los momentos flectores y fuerzas cortantes.

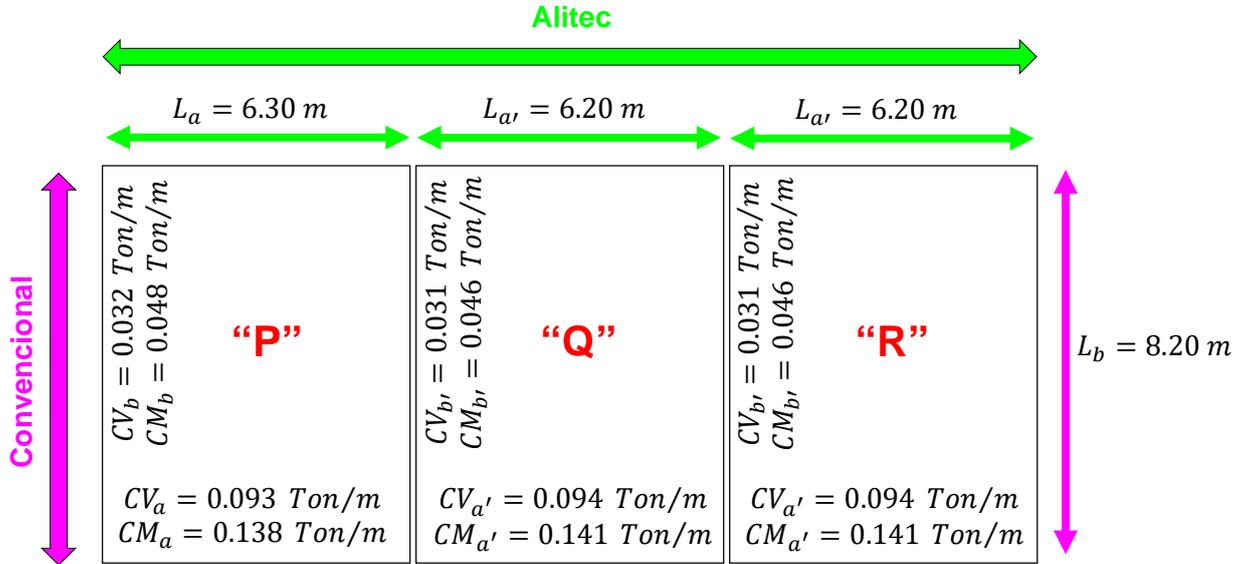


Figura N°5.14 Esquema Resumen de Cargas Vivas y Muertas en Ambas Direcciones.

#### 5.3.2.1 En Dirección de las Viguetas Alitec

Luego con los datos obtenidos, de cargas muertas y cargas vivas de la figura N°5.12, se hará el análisis para los 3 tramos consecutivos en la dirección de las viguetas Alitec del proyecto “Edificio Multifamiliar y Oficinas Privadas Don José” para los paños ubicados entre los Ejes B – C/5’ – 9 correspondiente al Sótano 1, Zona de oficinas “A”.

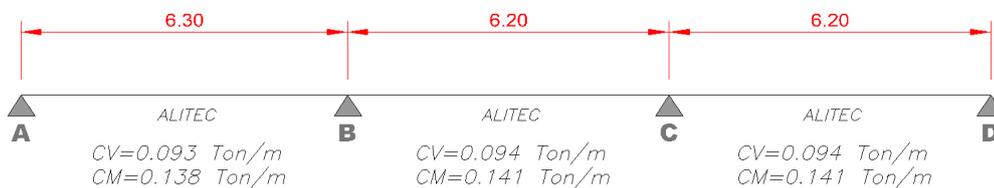


Figura N°5.15 Esquema de Análisis en el Sentido de las Viguetas Alitec.

Para el presente caso, la envolvente se obtendrá de las siguientes combinaciones:

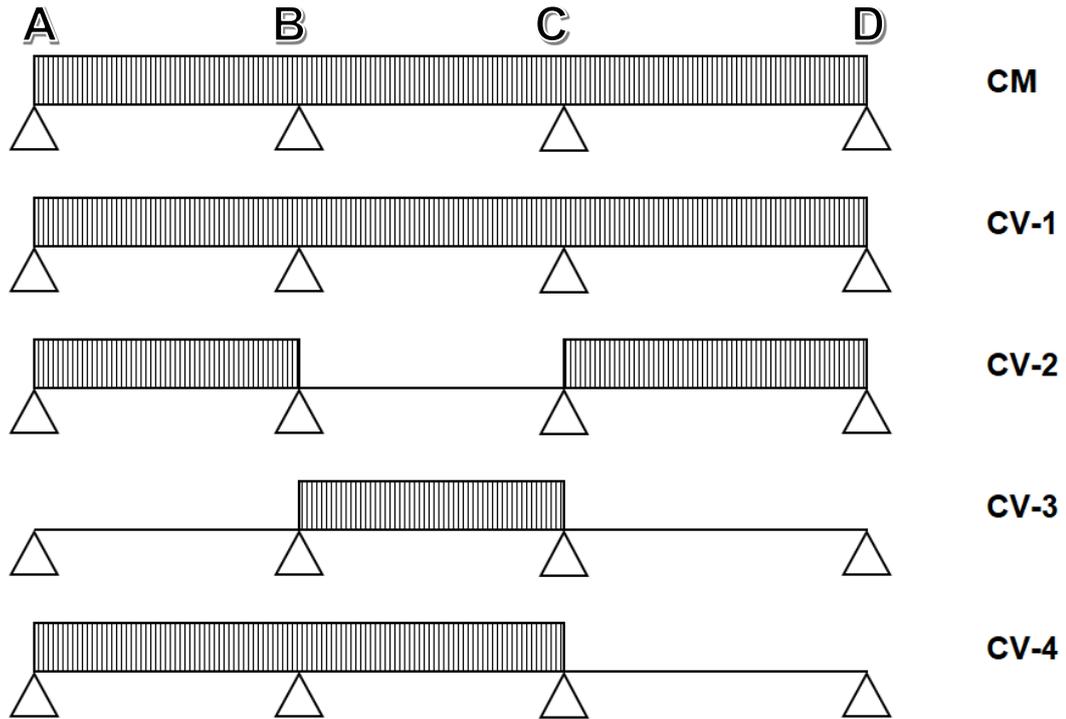


Figura N°5.16 Combinaciones de Cargas en el Sentido de las Viguetas Alitec.

Tabla N°5.3 Obtención de la Envolvente Mediante la Suma de Combinaciones, en el Sentido de las Viguetas Alitec.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	COMBINACIONES
1	Combinación 1	$1.4CM + 1.7CV - 1$
2	Combinación 2	$1.4CM + 1.7CV - 2$
3	Combinación 3	$1.4CM + 1.7CV - 3$
4	Combinación 4	$1.4CM + 1.7CV - 4$
	<b>ENVOLVENTE</b>	$\sum_{i=1}^x COM - i$
		<i>ENV</i>

Luego se ingresará los datos al SAP, para la obtención del momento flector y fuerza cortante.

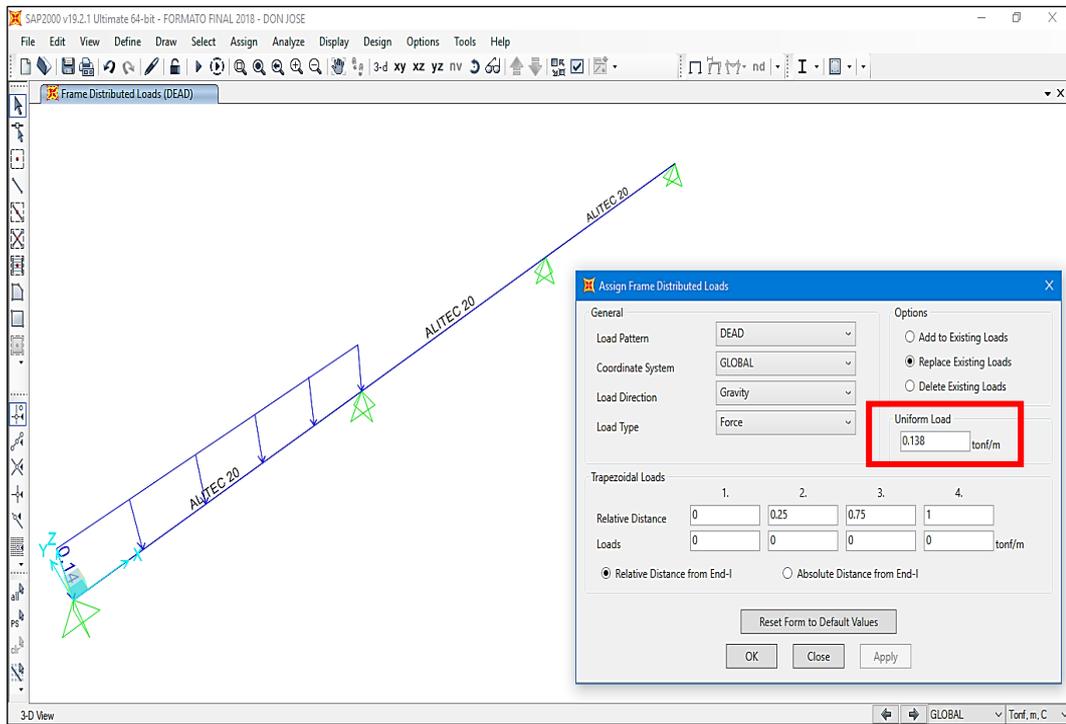


Figura N°5.17 Ingreso de la Carga Muerta “DEAD” en el 1er Tramo.

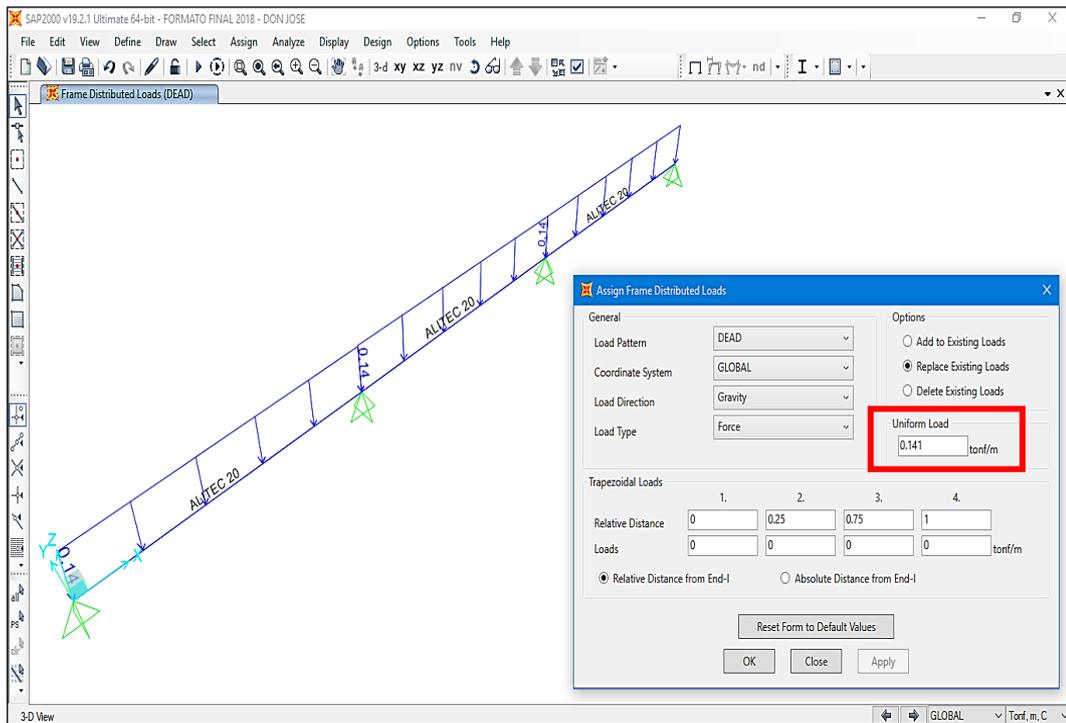


Figura N°5.18 Ingreso de la Carga Muerta “DEAD” en el 2do y 3er Tramo.

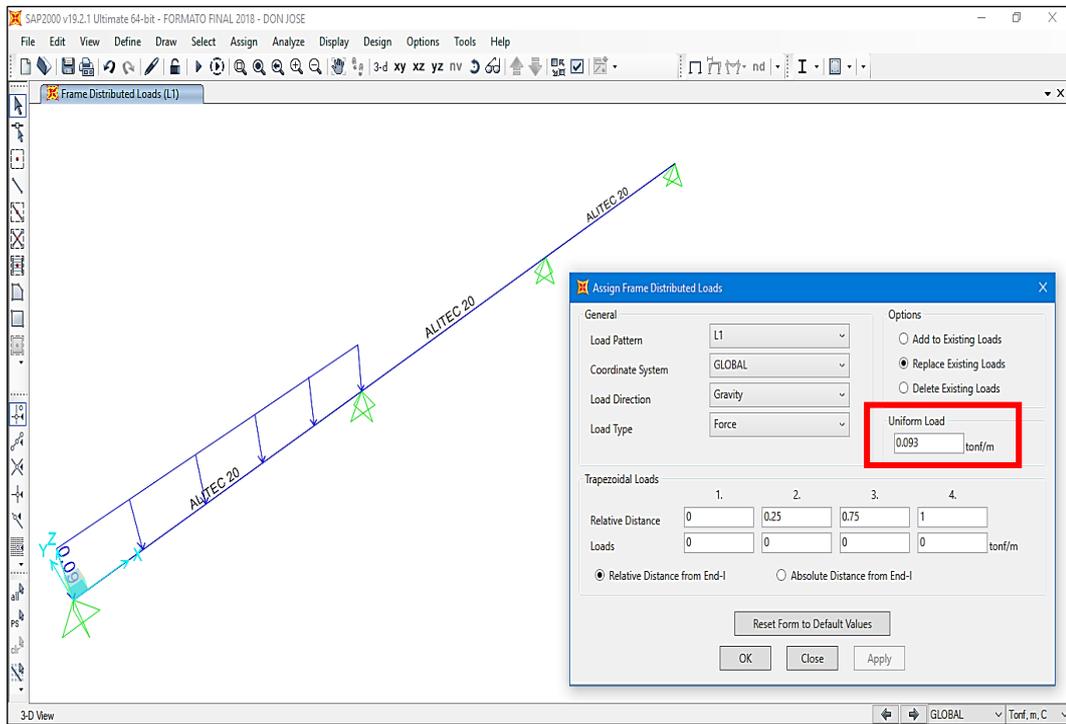


Figura N°5.19 Ingreso de la Carga Viva "L1" en el 1er Tramo.

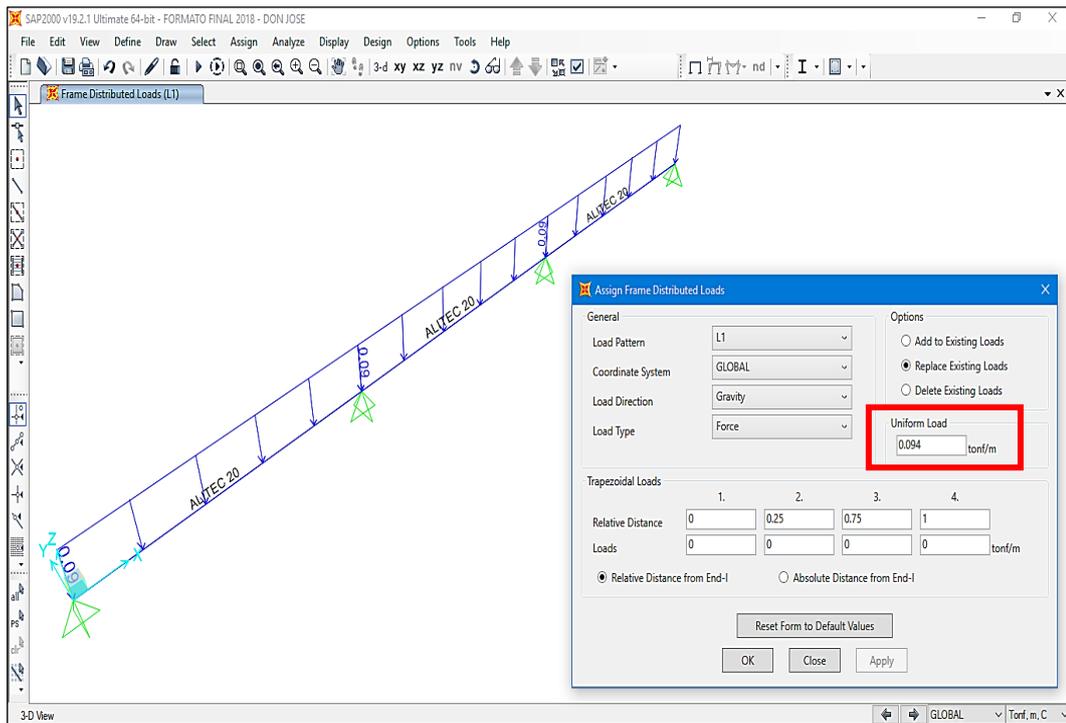


Figura N°5.20 Ingreso de la Carga Viva "L1" en el 2do y 3er Tramo.

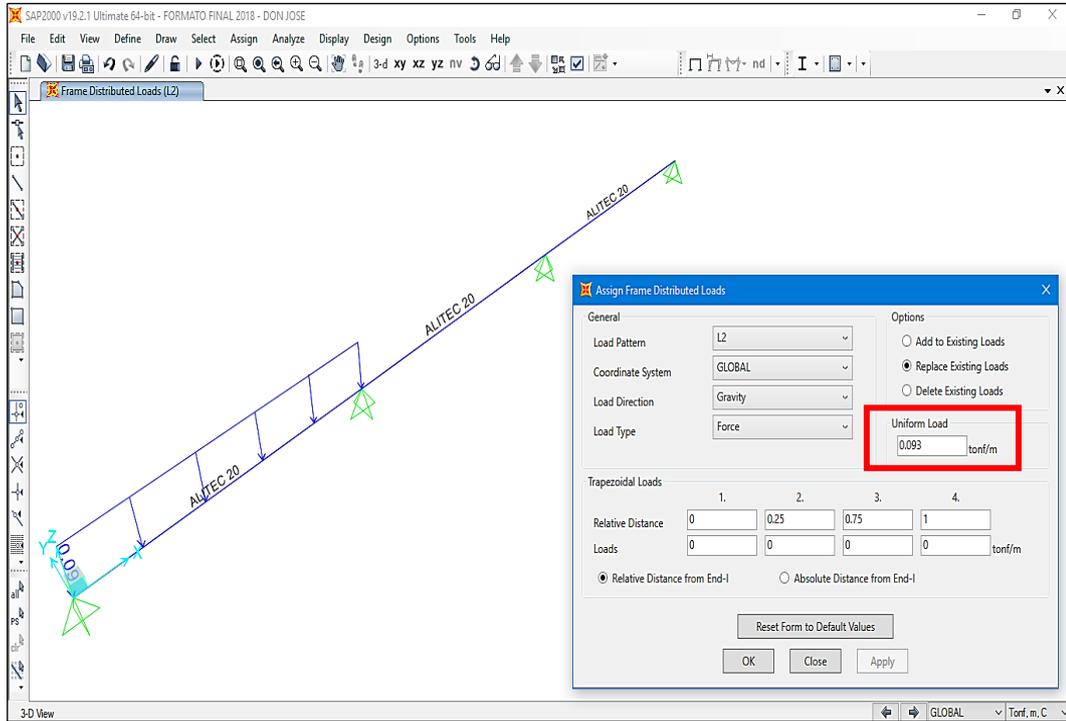


Figura N°5.21 Ingreso de la Carga Viva "L2" en el 1er Tramo.

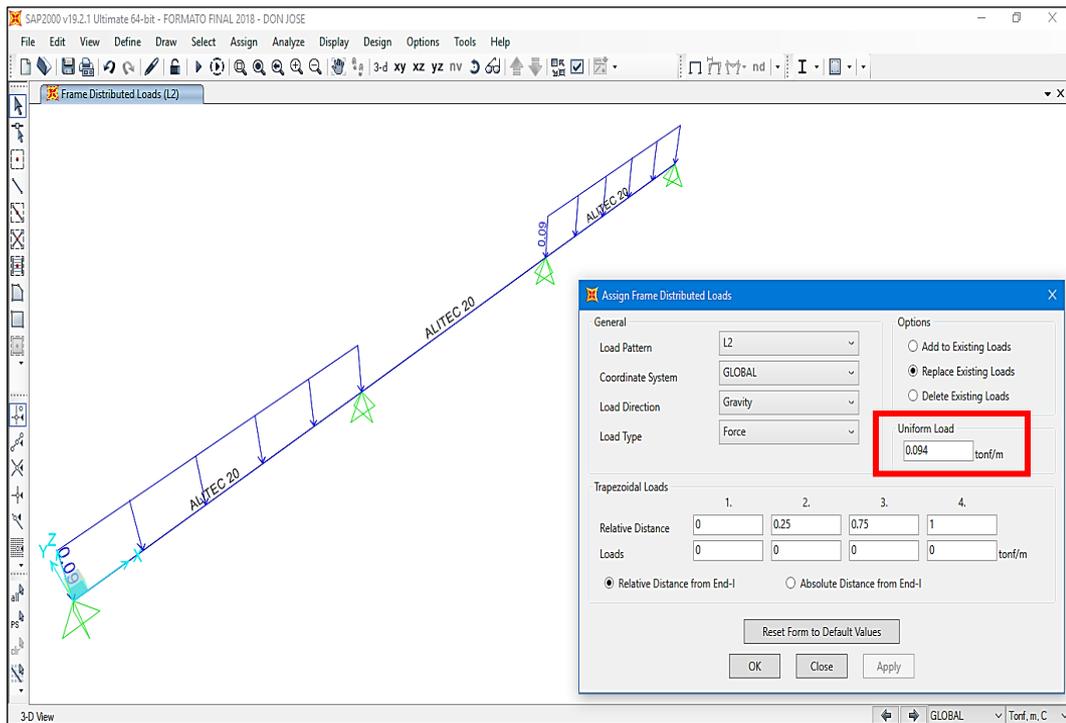


Figura N°5.22 Ingreso de la Carga Viva "L2" en el 3er Tramo.

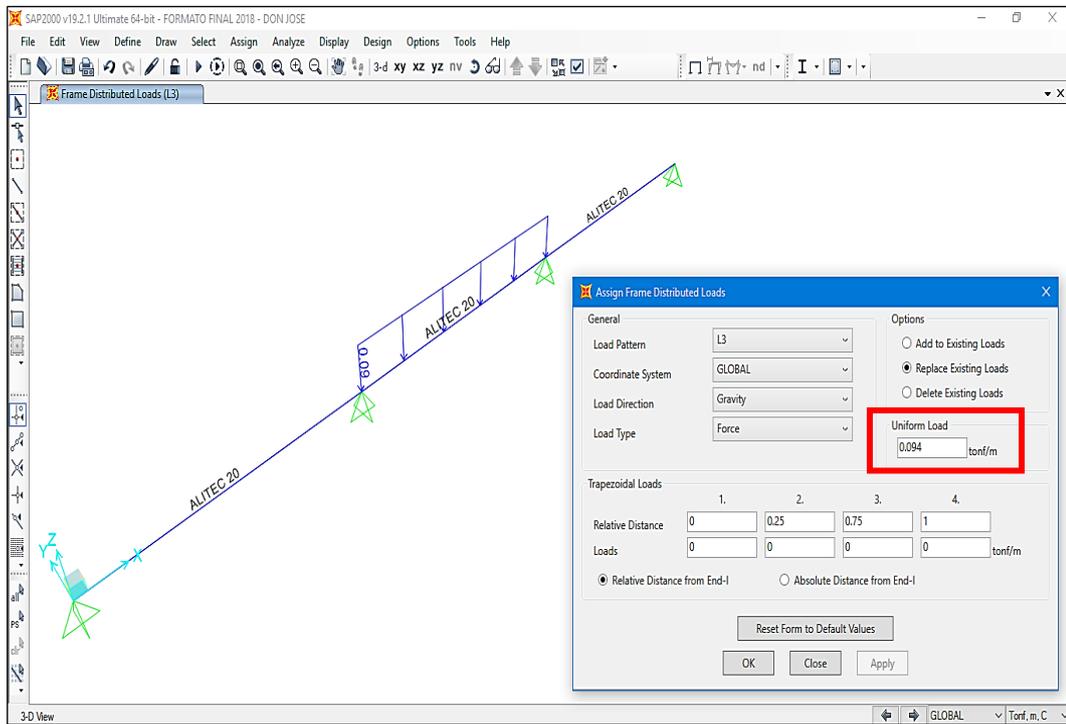


Figura N°5.23 Ingreso de la Carga Viva "L3" en el 2do Tramo.

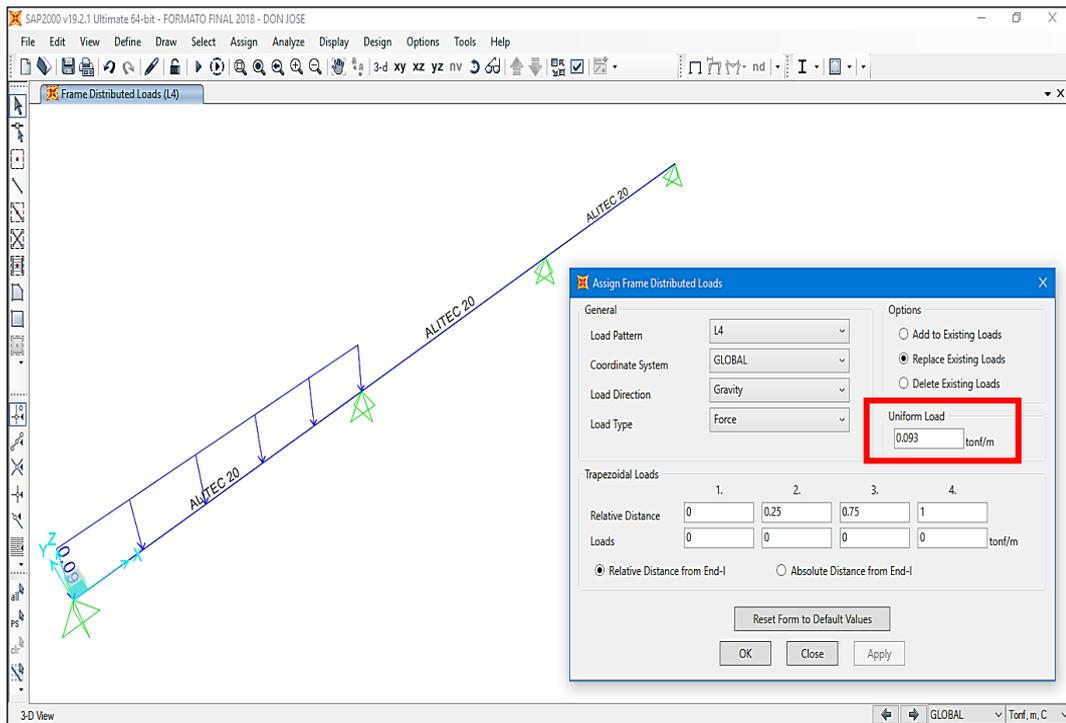


Figura N°5.24 Ingreso de la Carga Viva "L4" en el 1er Tramo.

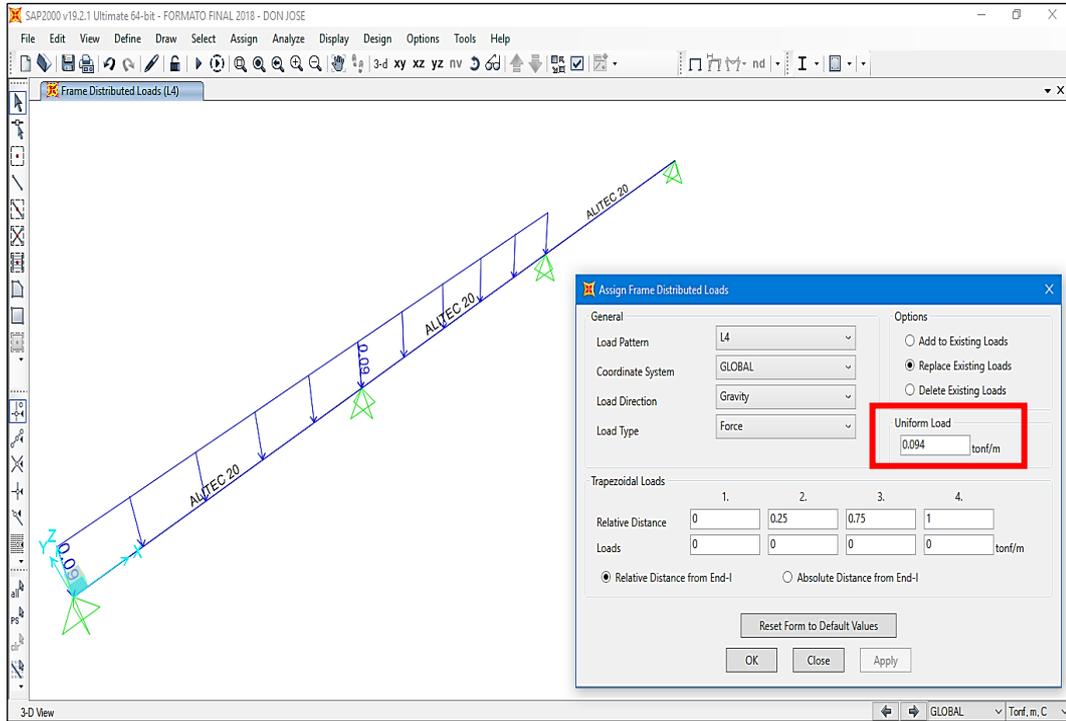


Figura N°5.25 Ingreso de la Carga Viva “L4” en el 2do Tramo.

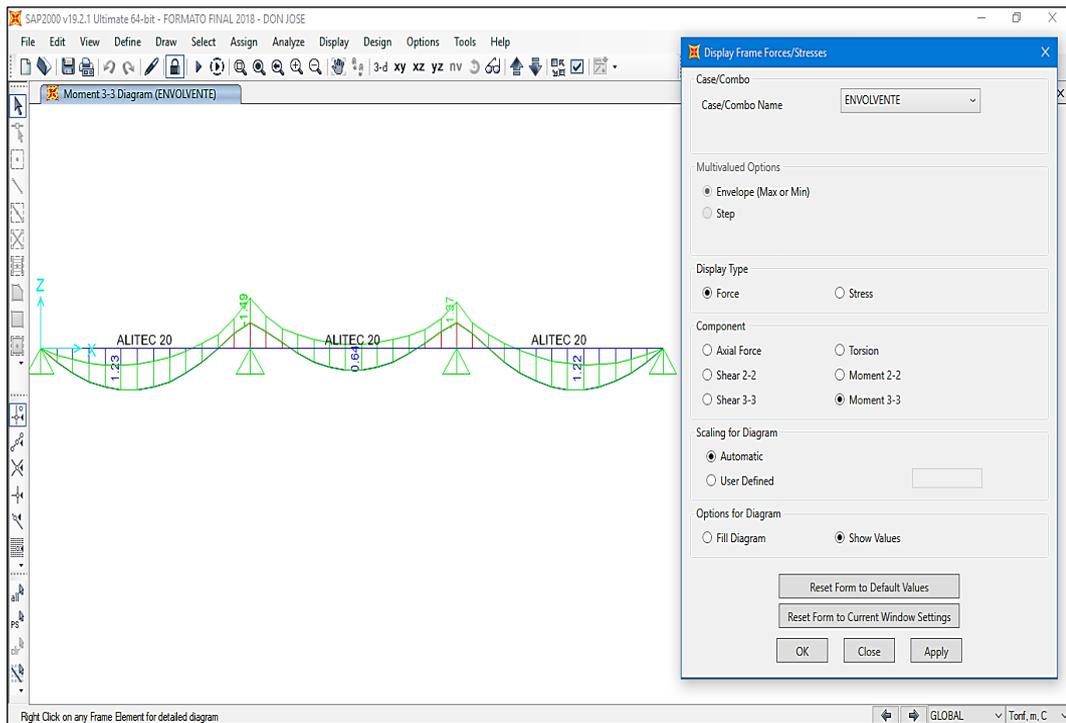


Figura N°5.26 Obtención de Momentos Máximos en la Dirección de las Viguetas Alitec.

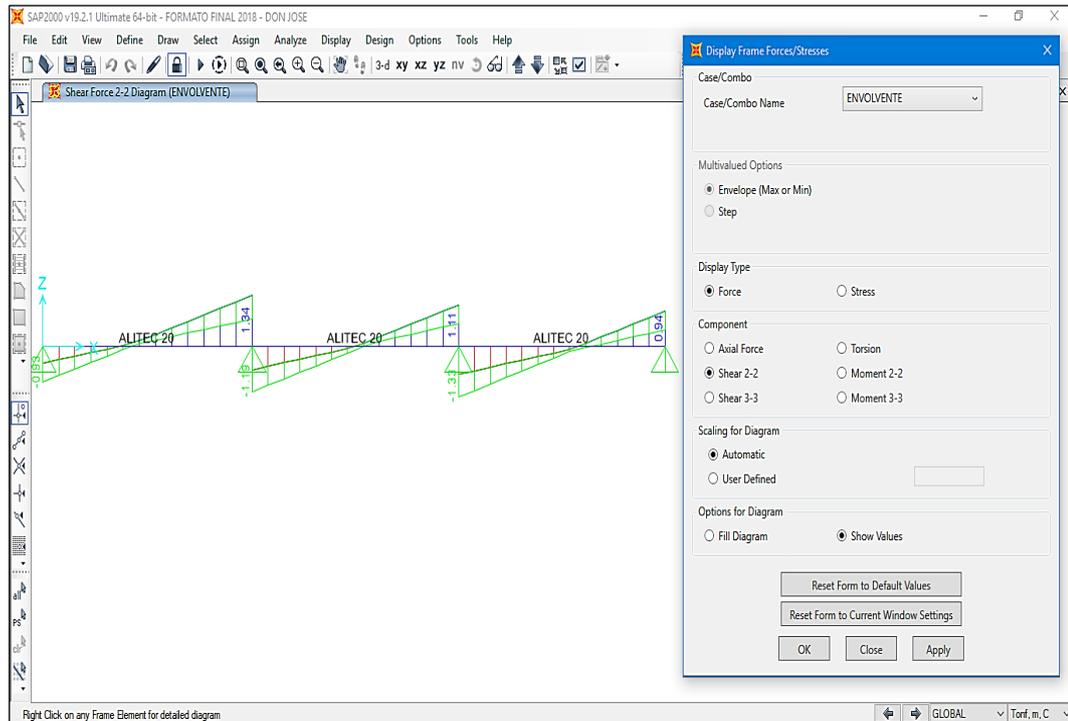


Figura N°5.27 Obtención de Cortantes Máximas en la Dirección de las Viguetas Alitec.

Del análisis se obtienen los siguientes Momentos Flectores ( $Tnxm$ ):

	A	B	C	D
M -	0.00	1.49	1.37	0.00
M +	1.23	0.64	1.22	

Para los momentos negativos, se utilizará la siguiente tabla para hallar los aceros de refuerzo (teniendo en consideración que los momentos en la tabla deberán ser mayores a los hallados en el análisis, por ello se tomará el inmediato superior).

En los extremos, en los que el momento negativo es cero, se considerará un momento determinado por la siguiente expresión (Norma E-060. Acápites 8.3.4):  
**(Ver Anexo 11)**

$$M = \frac{W_u l_n^2}{24} \dots (\beta)$$

Donde:

$W_u$ : Carga última  $\Rightarrow W_u = 1.4CM + 1.7CV$

$l_n$ : Luz libre de tramo de aligerado

$CM$ : Carga Muerta

$CV$ : Carga Viva

Calculando el momento en "A":

$$L_{AB} = 6.30 \text{ m}$$

$$CM_{AB} = 0.138 \text{ Tn/m}$$

$$CV_{AB} = 0.093 \text{ Tn/m}$$

Reemplazando valores:

$$W_u = 1.4(0.138) + 1.7(0.093) \Rightarrow W_u = 0.351 \text{ Tn/m}$$

Luego:

$$M_A = \frac{0.351(6.30^2)}{24}$$

$$M_A = 0.581 \text{ tonxm}$$

Calculando el momento en "D":

$$L_{CD} = 6.20 \text{ m}$$

$$CM_{CD} = 0.141 \text{ Tn/m}$$

$$CV_{CD} = 0.094 \text{ Tn/m}$$

Reemplazando valores:

$$W_u = 1.4(0.141) + 1.7(0.094) \Rightarrow W_u = 0.357 \text{ Tn/m}$$

Luego:

$$M_D = \frac{0.357(6.20^2)}{24}$$

$$M_D = 0.572 \text{ tonxm}$$

**Tabla N°5.4** Valores de Momentos, para los Aceros de Refuerzo Negativo con  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ) y $\emptyset Mn$ (tonxm)							
		Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	Comb 6	Comb 7	Comb 8
$\emptyset$ Varilla	As ( $\text{cm}^2$ )	0.50	1.01	1.13	1.63	2.26	2.50	3.13	4.00
8mm	0.50	0.50	1.01		0.50		0.50		
12mm	1.13			1.13	1.13	2.26		1.13	
5/8"	2.00						2.00	2.00	4.00
3/8"	0.71								
1/2"	1.29								
5/8"	2.00								
	$\emptyset Mn$	0.32	0.62	0.68	0.95	1.24	1.35	1.59	1.86
	As total	8	2x8	12	8+12	2x12	8+5/8"	12+5/8"	2x5/8"

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ) y $\phi Mn$ (tonxm)							
		Comb 9	Comb 10	Comb 11	Comb 12	Comb 13	Comb 14	Comb 15	Comb 16
$\phi$ Varilla	As ( $\text{cm}^2$ )	0.71	1.29	1.42	2.00	2.58	2.71	3.29	4.00
8mm	0.50								
12mm	1.13								
5/8"	2.00								
3/8"	0.71	0.71		1.42	0.71		0.71		
1/2"	1.29		1.29		1.29	2.58		1.29	
5/8"	2.00						2.00	2.00	4.00
	$\phi Mn$	0.44	0.77	0.84	1.13	1.38	1.43	1.64	1.86
	As total	3/8"	1/2"	2x3/8"	3/8"+1/2"	2x1/2"	3/8"+5/8"	1/2"+5/8"	2x5/8"

Fuente: "Empresa Italconcreto Sac".

Luego se concluye:

- ❖ Que los apoyos "A" y "D" deben tener un acero de refuerzo de  $1\phi 1/2"$ .
- ❖ Que el apoyo "B" debe tener un acero de refuerzo de  $1\phi 1/2" + 1\phi 5/8"$ .
- ❖ Que el apoyo "C" debe tener un acero de refuerzo de  $1\phi 3/8" + 1\phi 5/8"$ .

Donde:

Comb 10 =  $1\phi 1/2" = 1$  varilla de  $1/2"$  de diametro.

Comb14 =  $1\phi 3/8" + 1\phi 5/8" = 1$  varilla de  $3/8"$  + 1 varilla de  $5/8"$  de diametro.

Comb15 =  $1\phi 1/2" + 1\phi 5/8" = 1$  varilla de  $1/2"$  + 1 varilla de  $5/8"$  de diametro.

Para los momentos positivos, se utilizará la siguiente tabla para hallar los aceros de refuerzo (teniendo en consideración que los momentos en la tabla deberán ser mayores a los hallados en el análisis, por ello se tomará el inmediato superior).

Tabla N°5.5 Valores de Momentos, para los Aceros de Refuerzo Positivo con  $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$ .

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$ ) y $\phi Mn$ (tonxm)									
		Comb' 1	Comb' 2	Comb' 3	Comb' 4	Comb' 5	Comb' 6	Comb' 7	Comb' 8	Comb' 9	Comb' 10
$\phi$ Varilla	As ( $\text{cm}^2$ )	0.86	1.30	1.50	1.74	1.94	1.99	2.13	2.43	2.63	3.12
Tralicho	7.5mm	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
	7.5mm	0.44	0.44		0.88	0.44			0.44		
	9.0mm	0.64		0.64		0.64		1.27		0.64	
	12.0mm	1.13					1.13		1.13	1.13	2.26
	$\phi Mn$	0.69	1.02	1.15	1.34	1.47	1.52	1.61	1.84	1.97	2.32
	As total	T	T+7.5	T+9	T+2x7.5	T+7.5+9	T+12	T+2x9	T+7.5+12	T+9+12	T+2x12

Fuente: "Empresa Italconcreto Sac".

Luego se concluye:

- ❖ Que en el tramo "AB" debe a ver un acero de refuerzo de  $T + 2\emptyset 7.5mm$ .
- ❖ Que en el tramo "BC" debe a ver un acero de refuerzo de  $T + 1\emptyset 7.5mm$ .
- ❖ Que en el tramo "CD" debe a ver un acero de refuerzo de  $T + 2\emptyset 7.5mm$ .

Dónde:

$T = \text{Tralicho (estructura de acero electrosoldada)}$ .

$\text{Comb}' 2 = T + 1\emptyset 7.5mm = \text{Tralicho} + 1 \text{ varilla de } 7.5 \text{ milímetros de diametro}$ .

$\text{Comb}' 4 = T + 2\emptyset 7.5mm = \text{Tralicho} + 2 \text{ varillas de } 7.5 \text{ milímetros de diametro}$ .

Finalmente, los aceros de refuerzo serán:

A	B	C	D
1Ø1/2"	1Ø1/2" + 1Ø5/8"	1Ø3/8" + 1Ø5/8"	1Ø1/2"
	T + 2Ø7.5mm	T + 1Ø7.5mm	T + 2Ø7.5mm

✚ Del análisis se obtienen las siguientes Fuerzas Cortantes ( $Tn$ ):

	A	B	C	D
$V +$		1.34	1.11	0.94
$V -$	0.93	1.19	1.33	

Para el aligerado Alitec con  $h = 0.20 \text{ m}$  de peralte de losa, el ensanche empieza a aparecer para valores de la cortante superiores a  $V(+)= 1.13 Tn$  ó en su defecto inferiores a  $V(-) = -1.13 Tn$ .

Luego se tiene:

- ❖ Para el tramo "AB":

$$-0.93 > -1.13 \Rightarrow \text{No hay ensanshe}$$

$$1.34 > 1.13 \Rightarrow \text{Si hay ensanshe}$$

- ❖ Para el tramo "BC":

$$-1.19 \approx -1.13 \Rightarrow \text{El ensanshe es despreciable}$$

$$1.11 < 1.13 \Rightarrow \text{No hay ensanshe}$$

- ❖ Para el tramo "CD":

$$-1.33 < -1.13 \Rightarrow \text{Si hay ensanshe}$$

$$0.94 < 1.13 \Rightarrow \text{No hay ensanshe}$$

### Obtención del Ensanche en Cada Tramo

Para obtener el ensanche se necesitará saber a qué distancia del apoyo, la cortante tiene un valor de  $1.13 Tn$  ó en su defecto de  $-1.13 Tn$  y debido a que la gráfica de la cortante es lineal, entonces se usará el método de interpolación lineal para hallar esa distancia y con ello el ensanche.

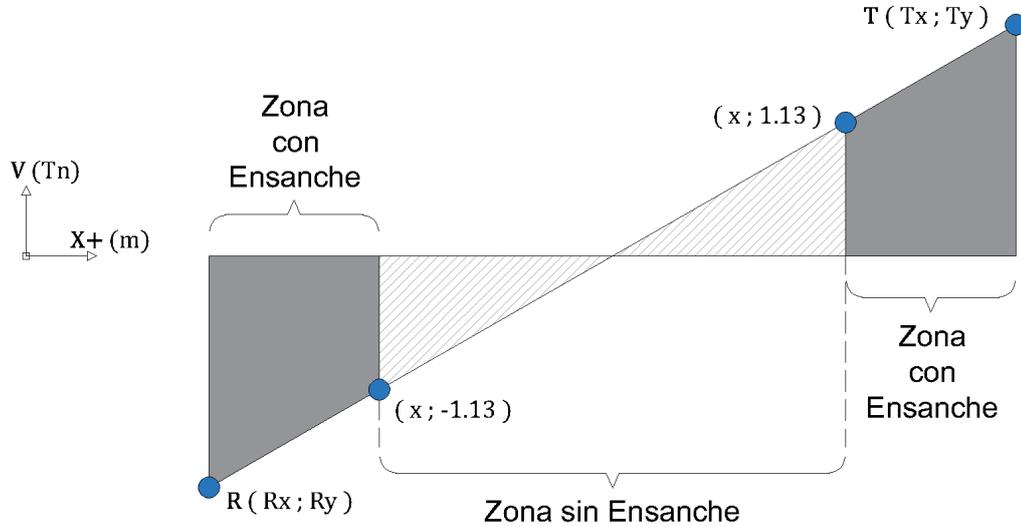


Figura N°5.28 Zonas de Ensanches para la Losa Aligerada Alitec con Peralte de  $h = 0.20m$ .

✚ Para  $V(+) = 1.13 Tn$ , el ensanche ( $e$ ) será:

$$e = T_x - x \dots (\xi_1)$$

De la proporción de lados, se tiene:

$$\frac{x - R_x}{T_x - R_x} = \frac{1.13 - R_y}{T_y - R_y}$$

Se despeja "x":

$$x = R_x + \left( \frac{1.13 - R_y}{T_y - R_y} \right) (T_x - R_x) \dots (\psi_1)$$

✚ Para  $V(-) = -1.13 Tn$ , el ensanche ( $e$ ) será:

$$e = x - R_x \dots (\xi_2)$$

De la proporción de lados, se tiene:

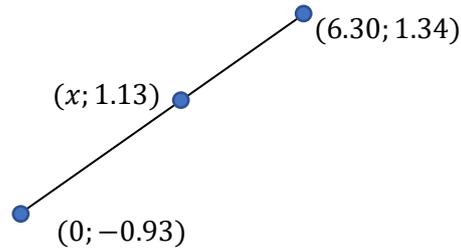
$$\frac{T_x - x}{T_x - R_x} = \frac{T_y - (-1.13)}{T_y - R_y}$$

Se despeja "x":

$$x = T_x - \left( \frac{T_y + 1.13}{T_y - R_y} \right) (T_x - R_x) \dots (\psi_2)$$

Para nuestro caso se tiene:

❖ En el tramo "AB":



Reemplazando los valores en la ecuación ( $\psi_1$ ):

$$x = 0 + \left( \frac{1.13 - (-0.93)}{1.34 - (-0.93)} \right) (6.30 - 0)$$

$$x = 5.72 \text{ m}$$

Luego de la ecuación ( $\xi_1$ ), el ensanche será:

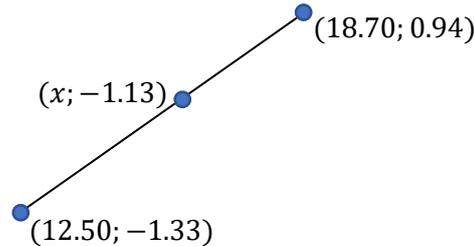
$$e = T_x - x$$

$$e = 6.30 - 5.72$$

$$e = 0.58 \text{ m} \approx 0.60 \text{ m}$$

Para el sistema Alitec, el ensanche se redondea a un múltiplo del ancho de la bovedilla (0.20 m).

❖ En el tramo "CD":



Reemplazando los valores en la ecuación ( $\psi_2$ ):

$$x = 18.70 - \left( \frac{0.94 + 1.13}{0.94 - (-1.33)} \right) (18.70 - 12.50)$$

$$x = 13.05 \text{ m}$$

Luego de la ecuación ( $\xi_2$ ), el ensanche será:

$$e = x - R_x$$

$$e = 13.05 - 12.50$$

$$e = 0.55 \text{ m} \approx 0.60 \text{ m}$$

Para el sistema Alitec, el ensanche se redondea a un múltiplo del ancho de la bovedilla (0.20 m).

Finalmente, de los resultados conseguidos, las viguetas Alitec tendrán el siguiente acero de refuerzo y ensanche.

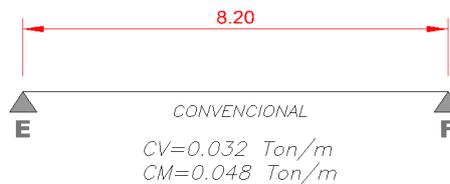


**Figura N°5.29** Esquema en el Sentido de las viguetas Alitec con sus Aceros de Refuerzo y Ensanches.

### 5.3.2.2 En Dirección de las Viguetas Convencionales

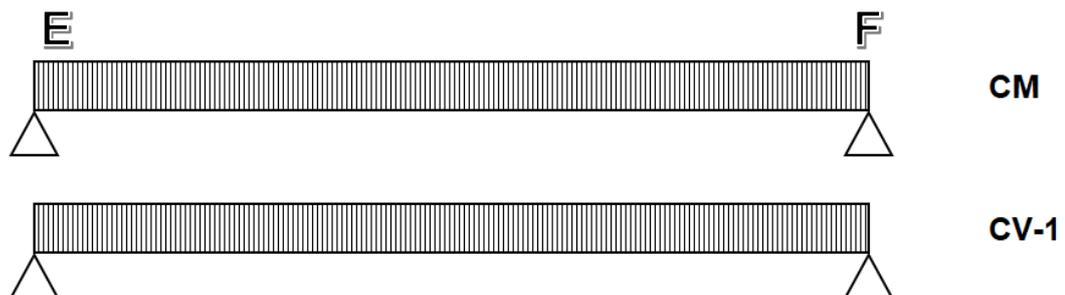
Luego con los datos obtenidos, de cargas muertas y cargas vivas de la *figura N°5.12*, se hará el análisis para el tramo en la dirección de las viguetas Convencionales, del proyecto “Edificio Multifamiliar y Oficinas Privadas Don José” para los paños ubicados entre los *Ejes B – C/5’ – 9* correspondiente al Sótano 1, Zona de oficinas “A”.

#### PAÑO “P”:



**Figura N°5.30** Esquema de Análisis en el Sentido de las Viguetas Convencionales (Perpendicular a las Viguetas Alitec en el Paño “P”).

Para el presente caso, la envolvente se obtendrá de las siguientes combinaciones:

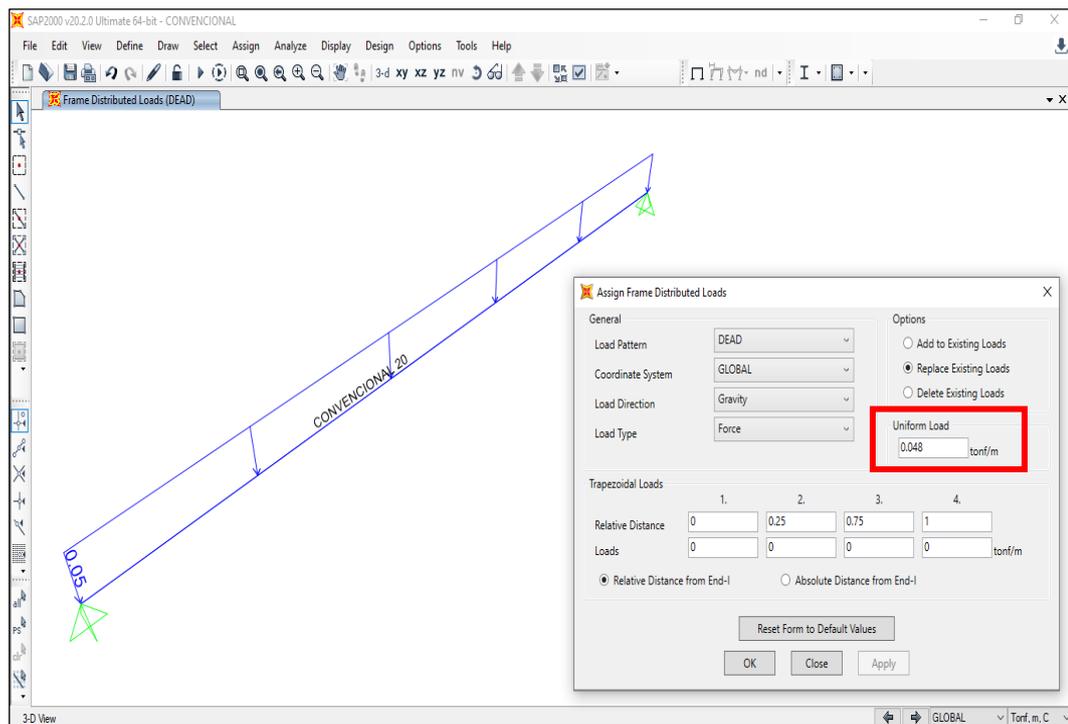


**Figura N°5.31** Combinaciones de Cargas del Paño “P”, en el Sentido de las Viguetas Convencionales.

**Tabla N°5.6** Obtención de la Envolvente Mediante la Suma de Combinaciones, del Paño “P” y en el Sentido de las Viguetas Convencionales.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN		COMBINACIONES
	1	Combinación 1	<b>COM – 1</b>
	<b>ENVOLVENTE</b>	<b>ENV</b>	$\sum_{i=1}^x COM - i$

Luego se ingresará los datos al SAP, para la obtención del momento flector y fuerza cortante.



**Figura N°5.32** Ingreso de la Carga Muerta “DEAD”.

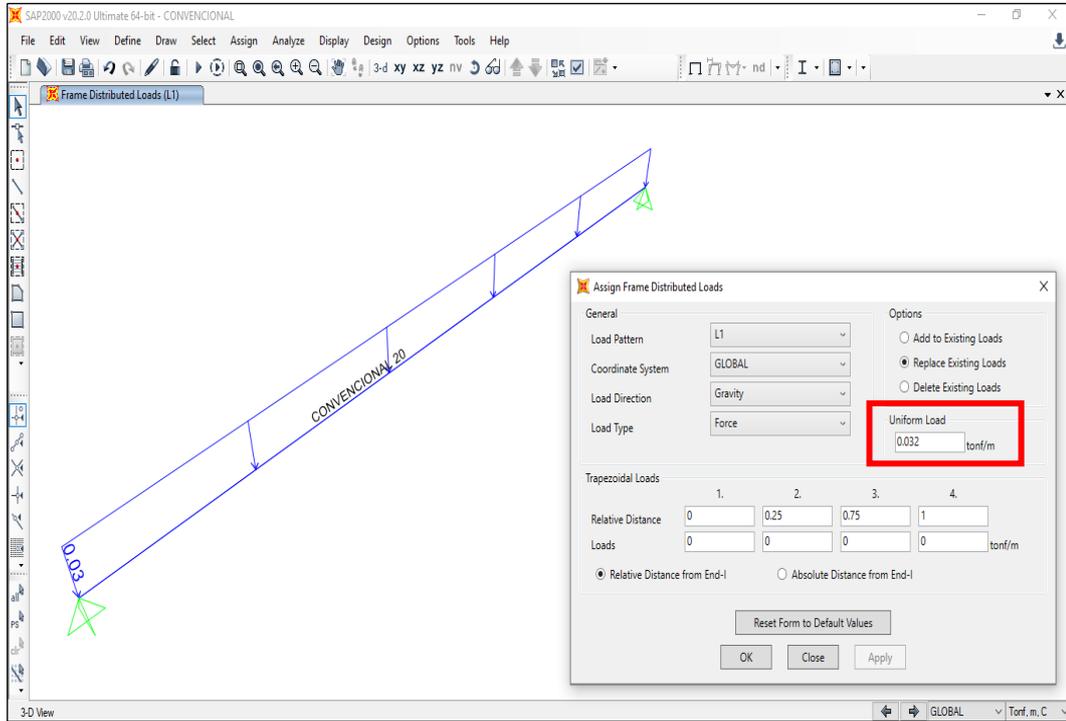


Figura N°5.33 Ingreso de la Carga Viva “L1”.

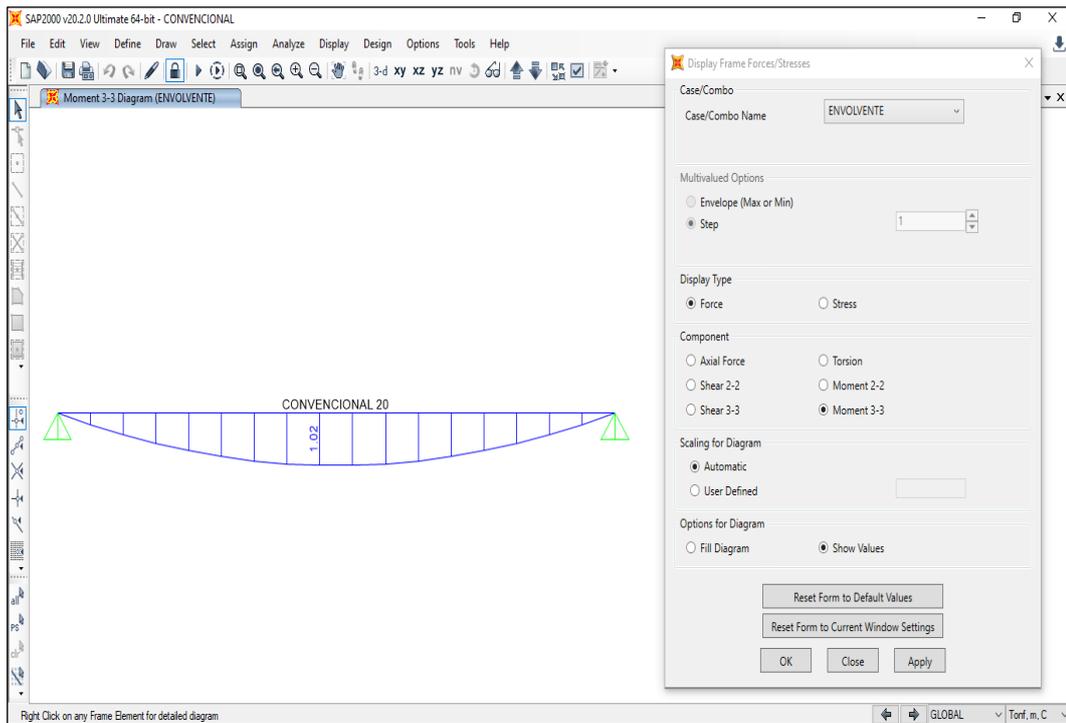


Figura N°5.34 Obtención de Momentos Máximos en la Dirección de las Viguetas Convencionales.

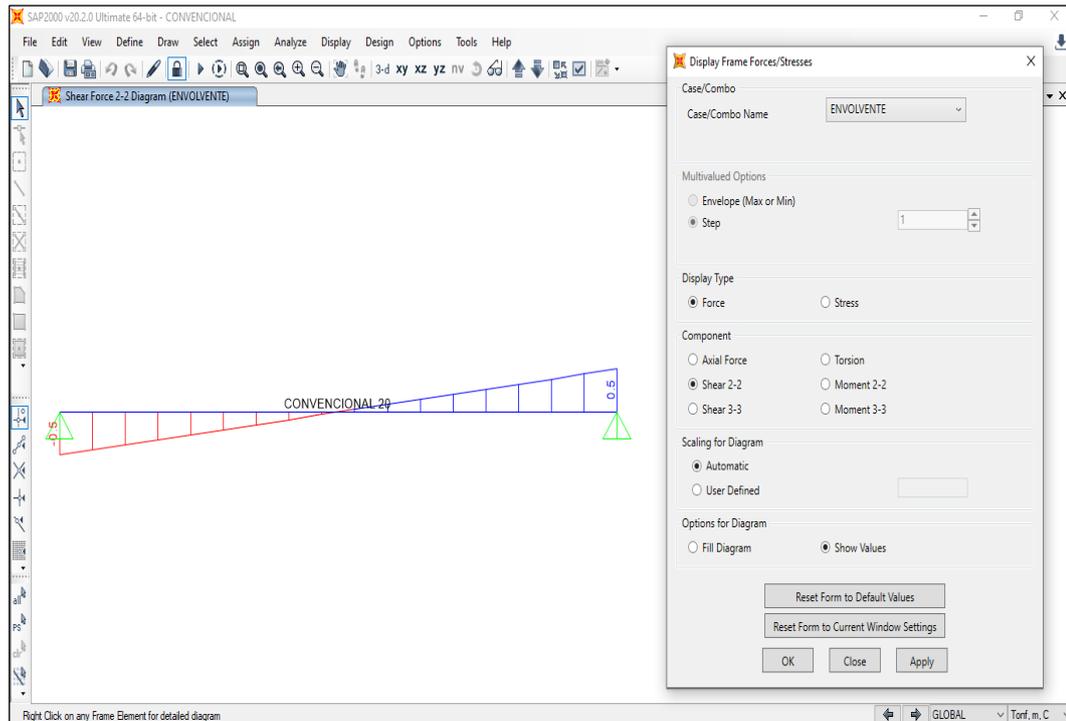


Figura N°5.35 Obtención de Cortantes Máximas en la Dirección de las Viguetas Convencionales.

Del análisis se obtienen los siguientes los Momentos Flectores ( $Tnxm$ ):

	<b>E</b>	<b>F</b>
<b>M –</b>	0.00	0.00
<b>M +</b>	1.02	

Para los momentos negativos y momentos positivos, se utilizará la siguiente tabla para hallar los aceros de refuerzo (teniendo en consideración que los momentos en la tabla deberán ser mayores a los hallados en el análisis, por ello se tomará el inmediato superior).

En los extremos, en los que el momento negativo es cero, se considerará un momento determinado por la siguiente expresión (Norma E-060. Acápite 8.3.4):

**(Ver Anexo 11)**

$$M = \frac{W_u l_n^2}{24} \dots (\beta)$$

Donde:

$$W_u: \text{Carga última} \Rightarrow W_u = 1.4CM + 1.7CV$$

$L_n$ : Luz libre de tramo de aligerado

$CM$ : Carga Muerta

$CV$ : Carga Viva

Reemplazando valores:

$$CM_{EF} = 0.048 \text{ Tn/m}$$

$$CV_{EF} = 0.032 \text{ Tn/m}$$

$$W_u = 1.4(0.048) + 1.7(0.032) \Rightarrow W_u = 0.122 \text{ Tn/m}$$

Calculando el momento en "E":

$$L_{EF} = 8.20 \text{ m}$$

$$M_E = \frac{0.122(8.20^2)}{24}$$

$$M_E = 0.341 \text{ tonxm}$$

Calculando el momento en "F":

$$L_{EF} = 8.20 \text{ m}$$

$$M_F = \frac{0.122(8.20^2)}{24}$$

$$M_F = 0.341 \text{ tonxm}$$

**Tabla N°5.7** Valores de Momentos, para los Aceros de Refuerzo Negativo y Refuerzo Positivo con  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ) y $\phi Mn$ (tonxm)							
		Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	Comb 6	Comb 7	Comb 8
$\phi$ Varilla	As ( $\text{cm}^2$ )	0.50	1.01	1.13	1.63	2.26	2.50	3.13	4.00
8mm	0.50	0.50	1.01		0.50		0.50		
12mm	1.13			1.13	1.13	2.26		1.13	
5/8"	2.00						2.00	2.00	4.00
3/8"	0.71								
1/2"	1.29								
5/8"	2.00								
$\phi Mn$		0.32	0.62	0.68	0.95	1.24	1.35	1.59	1.86
As total		8	2x8	12	8+12	2x12	8+5/8"	12+5/8"	2x5/8"

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ) y $\phi Mn$ (tonxm)							
		Comb 9	Comb 10	Comb 11	Comb 12	Comb 13	Comb 14	Comb 15	Comb 16
$\phi$ Varilla	As ( $\text{cm}^2$ )	0.71	1.29	1.42	2.00	2.58	2.71	3.29	4.00
8mm	0.50								
12mm	1.13								
5/8"	2.00								
3/8"	0.71	0.71		1.42	0.71		0.71		
1/2"	1.29		1.29		1.29	2.58		1.29	
5/8"	2.00						2.00	2.00	4.00
$\phi Mn$		0.44	0.77	0.84	1.13	1.38	1.43	1.64	1.86
As total		3/8"	1/2"	2x3/8"	3/8"+1/2"	2x1/2"	3/8"+5/8"	1/2"+5/8"	2x5/8"

Fuente: "Empresa Italconcreto Sac".

Luego se concluye:

- ❖ Que los apoyos "E" y "F" deben tener un acero de refuerzo de  $1\phi 3/8$ ".
- ❖ Que en el tramo "EF" debe a ver un acero de refuerzo de  $1\phi 3/8$ " +  $1\phi 1/2$ ".

Donde:

$Comb 9 = 1\phi 3/8$ " = 1 varilla de  $3/8$ " de diametro.

$Comb12 = 1\phi 3/8$ " +  $1\phi 1/2$ " = 1 varilla de  $3/8$ " + 1 varilla de  $1/2$ " de diametro.

Finalmente, los aceros de refuerzo serán:

E	F
1 $\phi 3/8$ "	1 $\phi 3/8$ "
1 $\phi 3/8$ " + 1 $\phi 1/2$ "	

Del análisis se obtienen las siguientes Fuerzas Cortantes ( $Tn$ ):

	<b>E</b>	<b>F</b>
$V +$		0.5
$V -$	0.5	

Para el aligerado Convencional con  $h = 0.20 m$  de peralte de losa, el ensanche empieza a aparecer para valores de la cortante superiores a  $V(+)= 1.22 Tn$  ó en su defecto inferiores a  $V(-) = -1.22 Tn$ .

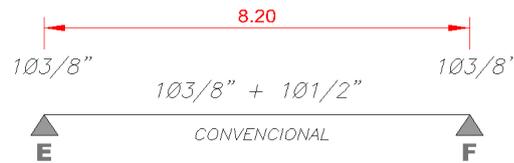
Luego se tiene:

❖ Para el tramo “EF”:

$$-0.5 > -1.22 \Rightarrow \text{No hay ensanche}$$

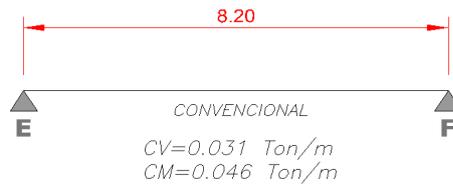
$$0.5 < 1.22 \Rightarrow \text{No hay ensanche}$$

Finalmente, de los resultados conseguidos, se determina el tipo de acero de refuerzo que llevarán las viguetas convencionales, en el paño “P”.



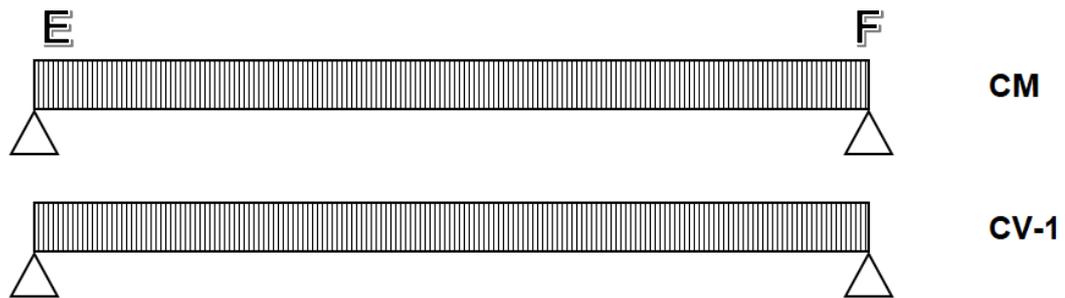
**Figura N°5.36** Esquema de las Viguetas Convencionales con su Acero de Refuerzo, en el Paño “P”.

**PAÑOS “Q” y “R”:**



**Figura N°5.37** Esquema de Análisis en el Sentido de las Viguetas Convencionales (Perpendicular a las Viguetas Alitec en los Paños “Q” y “R”).

Para el presente caso, la envolvente se obtendrá de las siguientes combinaciones:



**Figura N°5.38** Combinaciones de Cargas de los Paños “Q” y “R”, en el Sentido de Viguetas Convencionales.

**Tabla N°5.8** Obtención de la Envolvente Mediante la Suma de Combinaciones, de los Paños “Q” y “R” y en el Sentido de las Viguetas Convencionales.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN		COMBINACIONES
	1	Combinación 1	<b>COM - 1</b>
	<b>ENVOLVENTE</b>	<b>ENV</b>	$\sum_{i=1}^x COM - i$

Luego se ingresará los datos al SAP, para la obtención del momento flector y fuerza cortante.

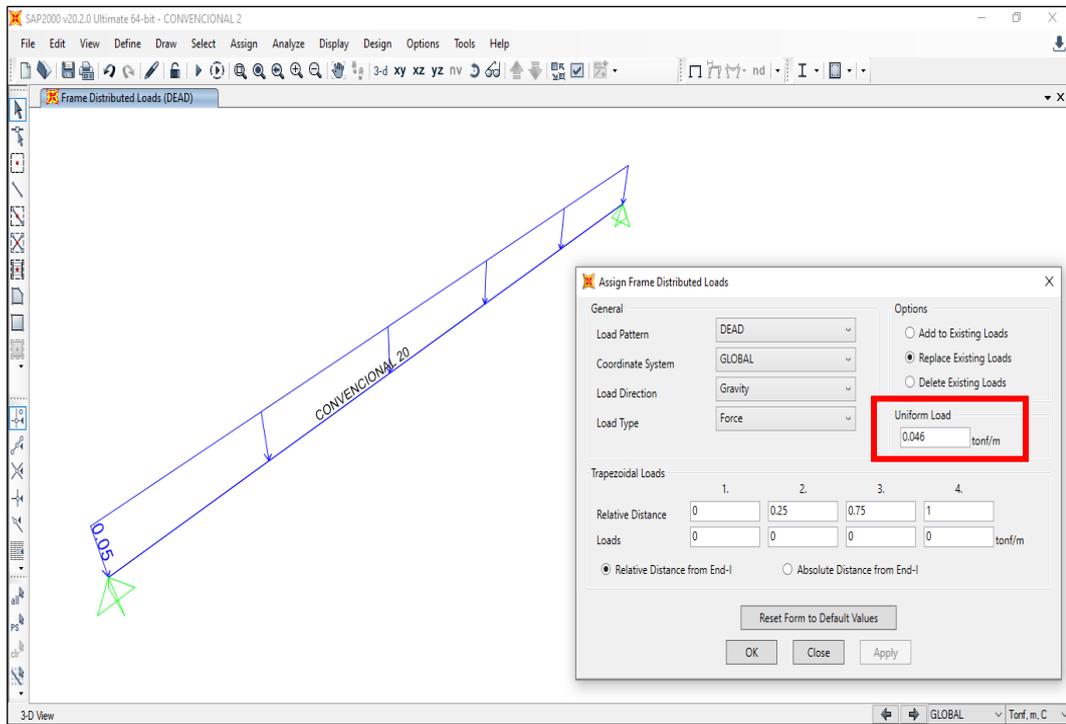


Figura N°5.39 Ingreso de la Carga Muerta "DEAD".

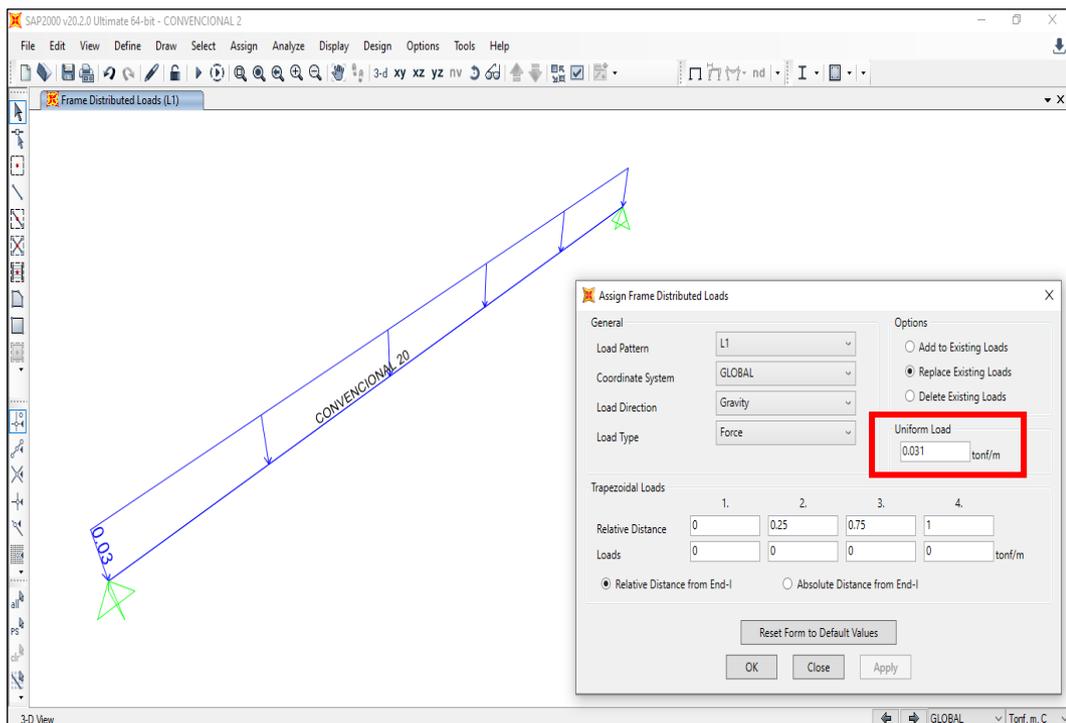


Figura N°5.40 Ingreso de la Carga Viva "L1".

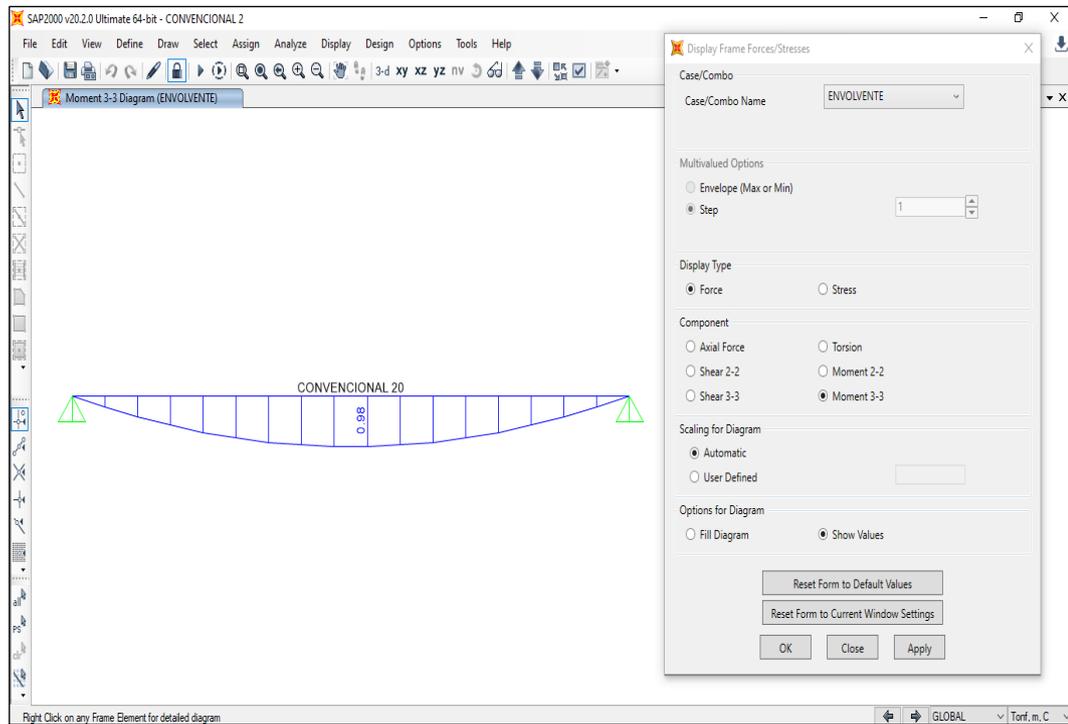


Figura N°5.41 Obtención de Momentos Máximos en la Dirección de las Viguetas Convencionales.

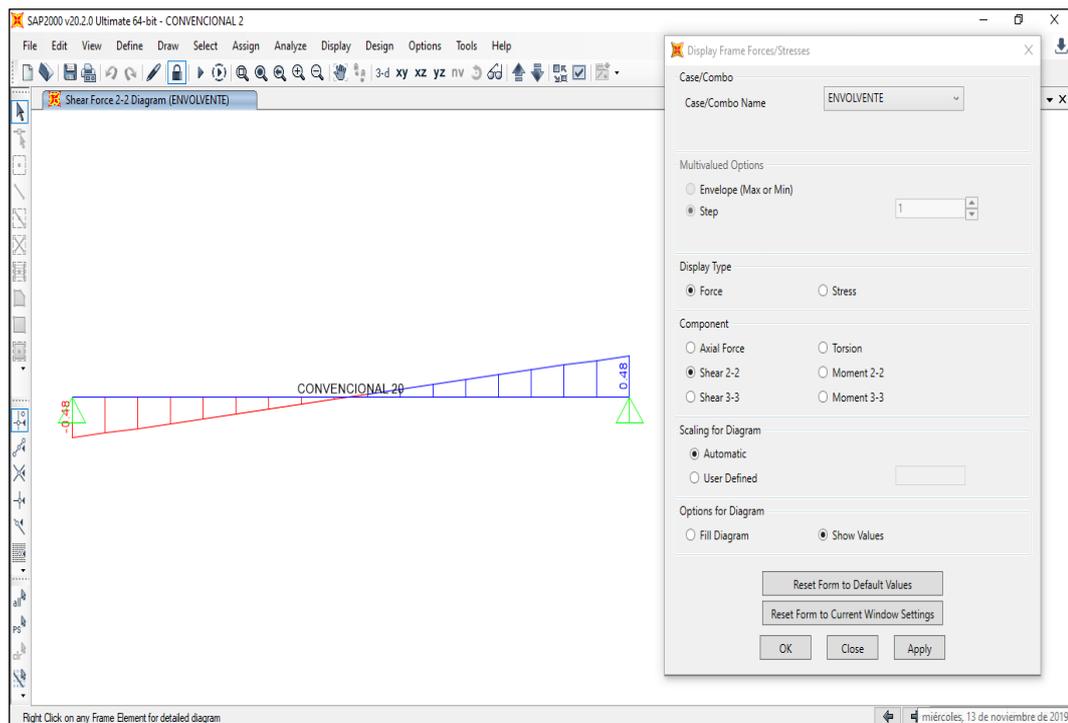


Figura N°5.42 Obtención de Cortantes Máximas en la Dirección de las Viguetas Convencionales.

Del análisis se obtienen los siguientes los Momentos Flectores ( $Tn\text{xm}$ ):

	E	F
M -	0.00	0.00
M +	0.98	

Para los momentos negativos y momentos positivos, se utilizará la siguiente tabla para hallar los aceros de refuerzo (teniendo en consideración que los momentos en la tabla deberán ser mayores a los hallados en el análisis, por ello se tomará el inmediato superior).

En los extremos, en los que el momento negativo es cero, se considerará un momento determinado por la siguiente expresión (Norma E-060. Acápite 8.3.4):

**(Ver Anexo 11)**

$$M = \frac{W_u l_n^2}{24} \dots (\beta)$$

Donde:

$$W_u: \text{Carga última} \Rightarrow W_u = 1.4CM + 1.7CV$$

$l_n$ : Luz libre de tramo de aligerado

$CM$ : Carga Muerta

$CV$ : Carga Viva

Reemplazando valores:

$$CM_{EF} = 0.046 \text{ Tn/m}$$

$$CV_{EF} = 0.031 \text{ Tn/m}$$

$$W_u = 1.4(0.046) + 1.7(0.031) \Rightarrow W_u = 0.117 \text{ Tn/m}$$

Calculando el momento en "E":

$$L_{EF} = 8.20 \text{ m}$$

$$M_E = \frac{0.117(8.20^2)}{24}$$

$$M_E = 0.328 \text{ tonxm}$$

Calculando el momento en "F":

$$L_{EF} = 8.20 \text{ m}$$

$$M_F = \frac{0.117(8.20^2)}{24}$$

$$M_F = 0.328 \text{ tonxm}$$

**Tabla N°5.9** Valores de Momentos, para los Aceros de Refuerzo Negativo y Refuerzo Positivo con  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ) y $\phi Mn$ (tonxm)							
		Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	Comb 6	Comb 7	Comb 8
$\phi$ Varilla	As ( $\text{cm}^2$ )	0.50	1.01	1.13	1.63	2.26	2.50	3.13	4.00
8mm	0.50	0.50	1.01		0.50		0.50		
12mm	1.13			1.13	1.13	2.26		1.13	
5/8"	2.00						2.00	2.00	4.00
3/8"	0.71								
1/2"	1.29								
5/8"	2.00								
	$\phi Mn$	0.32	0.62	0.68	0.95	1.24	1.35	1.59	1.86
	As total	8	2x8	12	8+12	2x12	8+5/8"	12+5/8"	2x5/8"

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ) y $\phi Mn$ (tonxm)							
		Comb 9	Comb 10	Comb 11	Comb 12	Comb 13	Comb 14	Comb 15	Comb 16
$\phi$ Varilla	As ( $\text{cm}^2$ )	0.71	1.29	1.42	2.00	2.58	2.71	3.29	4.00
8mm	0.50								
12mm	1.13								
5/8"	2.00								
3/8"	0.71	0.71		1.42	0.71		0.71		
1/2"	1.29		1.29		1.29	2.58		1.29	
5/8"	2.00						2.00	2.00	4.00
	$\phi Mn$	0.44	0.77	0.84	1.13	1.38	1.43	1.64	1.86
	As total	3/8"	1/2"	2x3/8"	3/8"+1/2"	2x1/2"	3/8"+5/8"	1/2"+5/8"	2x5/8"

Fuente: "Empresa Italconcreto Sac".

Luego se concluye:

- ❖ Que los apoyos "E" y "F" deben tener un acero de refuerzo de  $1\phi 3/8$ ".
- ❖ Que en el tramo "EF" debe a ver un acero de refuerzo de  $1\phi 3/8$ " +  $1\phi 1/2$ ".

Donde:

$$\text{Comb 9} = 1\phi 3/8" = 1 \text{ varilla de } 3/8" \text{ de diametro.}$$

$$\text{Comb12} = 1\phi 3/8" + 1\phi 1/2" = 1 \text{ varilla de } 3/8" + 1 \text{ varilla de } 1/2" \text{ de diametro.}$$

Finalmente, los aceros de refuerzo serán:

<b>E</b>	<b>F</b>
1Ø3/8"	1Ø3/8"
1Ø3/8" + 1Ø1/2"	

✚ Del análisis se obtienen las siguientes Fuerzas Cortantes ( $T_n$ ):

	<b>A</b>	<b>B</b>
$V +$		0.48
$V -$	0.48	

Para el aligerado Convencional con  $h = 0.20 \text{ m}$  de peralte de losa, el ensanche empieza a aparecer para valores de la cortante superiores a  $V(+)=1.22 \text{ Tn}$  ó en su defecto inferiores a  $V(-)=-1.22 \text{ Tn}$ .

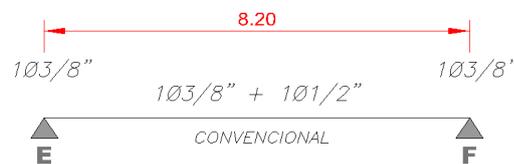
Luego se tiene:

❖ Para el tramo "EF":

$$-0.48 > -1.22 \Rightarrow \text{No hay ensanshe}$$

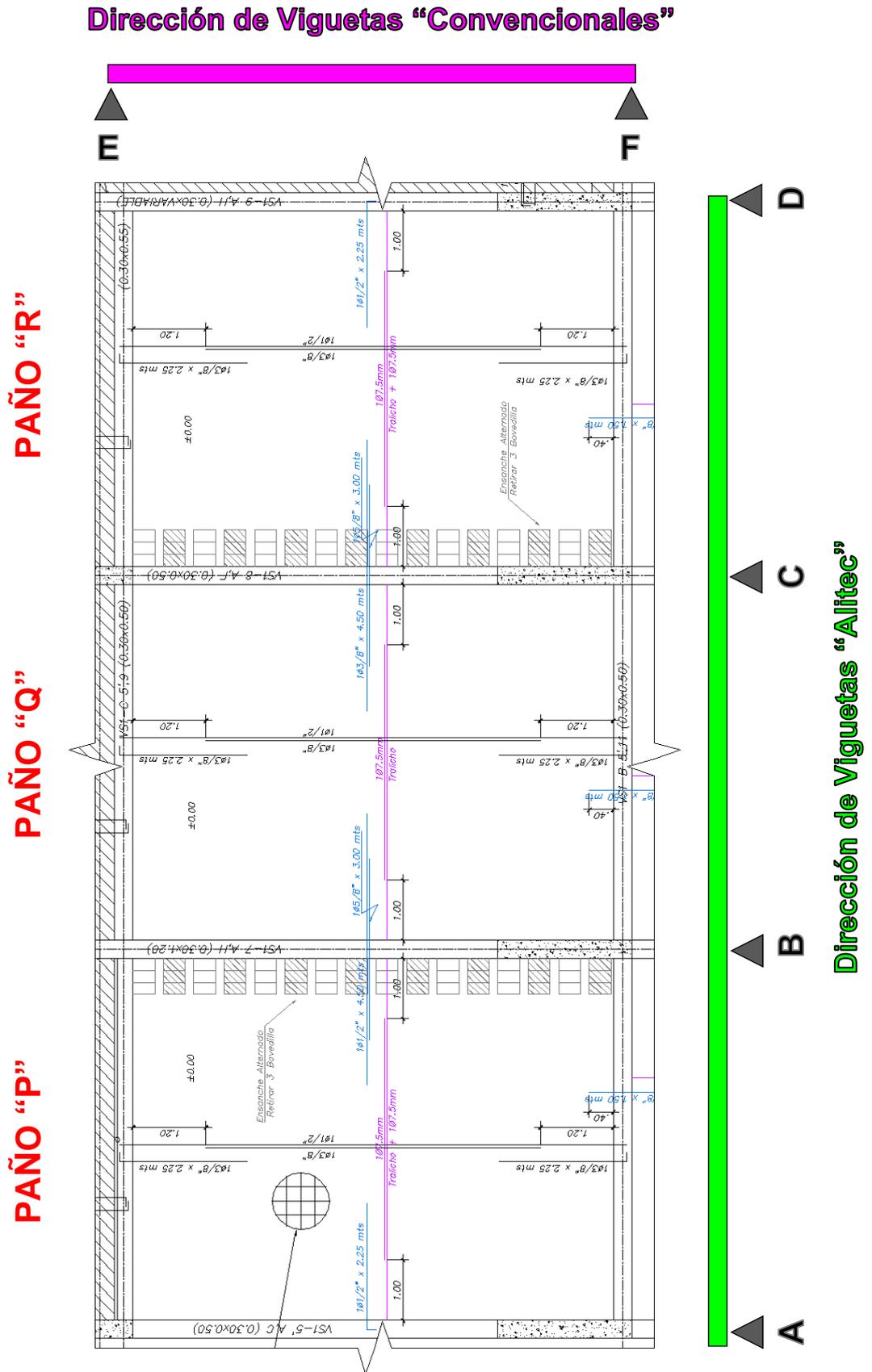
$$0.48 < 1.22 \Rightarrow \text{No hay ensanshe}$$

Finalmente, de los resultados conseguidos, se determina el tipo de acero de refuerzo que llevarán las viguetas convencionales, en los paños "Q" y "R".

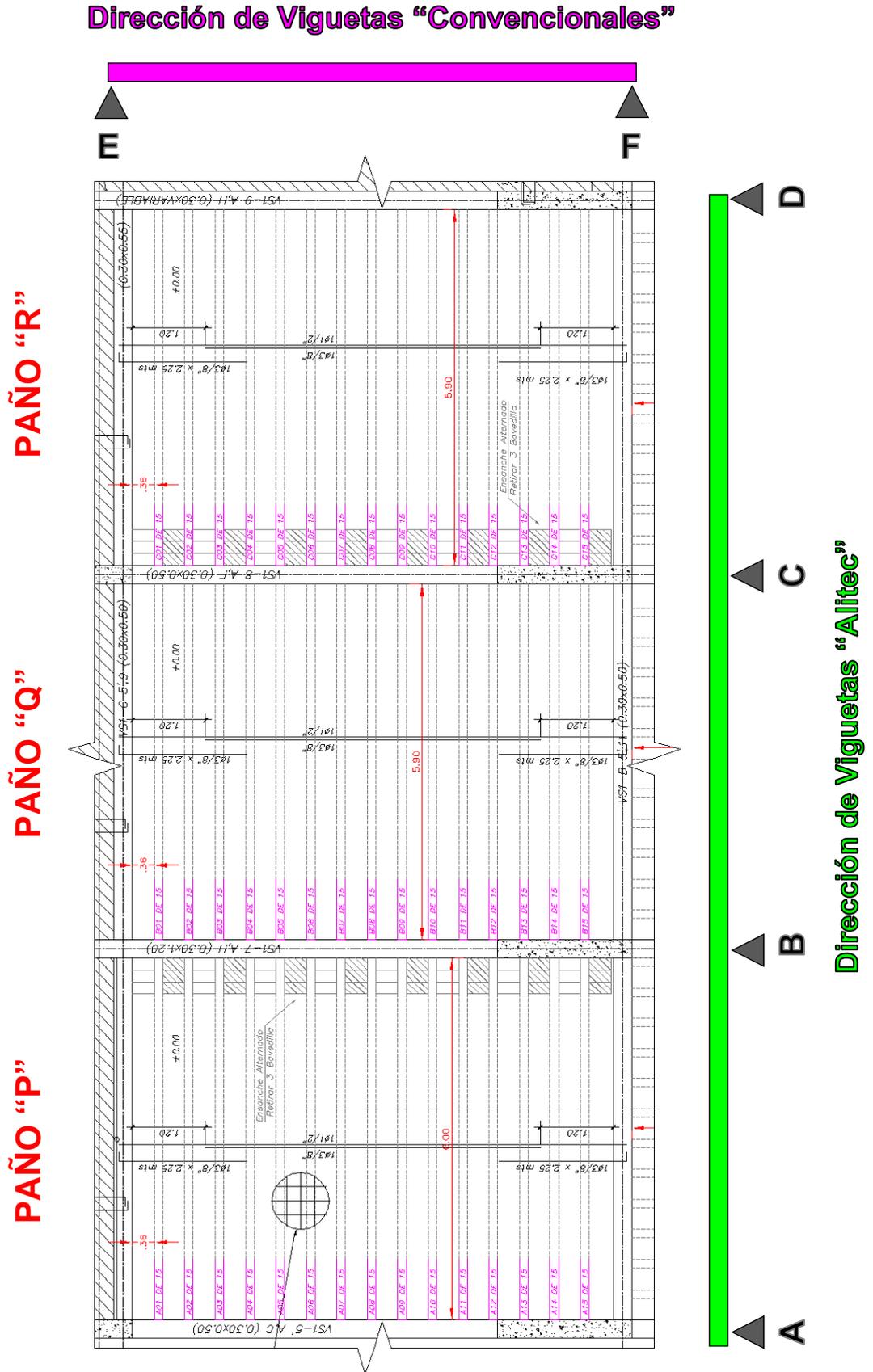


**Figura N°5.43** Esquema de las Viguetas Convencionales con su Acero de Refuerzo en los Paños "Q" y "R".

De todos los resultados obtenidos se elaborarán los planos de encofrado y montaje de viguetas del Sótano 1, comprendido entre los Ejes  $B - C/5' - 9$  correspondiente al proyecto "Edificio Multifamiliar y Oficinas Privadas Don José", convertidos al sistema Alitec.



**Figura N°5.44** Plano de Encofrado Alitec del Sótano 1, comprendido entre los Ejes B – C/5' – 9' del Proyecto “Edificio Multifamiliar y Oficinas Privadas Don José”. (Ver Anexo 07)



**Figura N°5.45** Plano de Montaje Alitec del Sótano 1, comprendido entre los Ejes B – C/5' – 9 del Proyecto “Edificio Multifamiliar y Oficinas Privadas Don José”. (Ver Anexo 07)

## CAPÍTULO VI

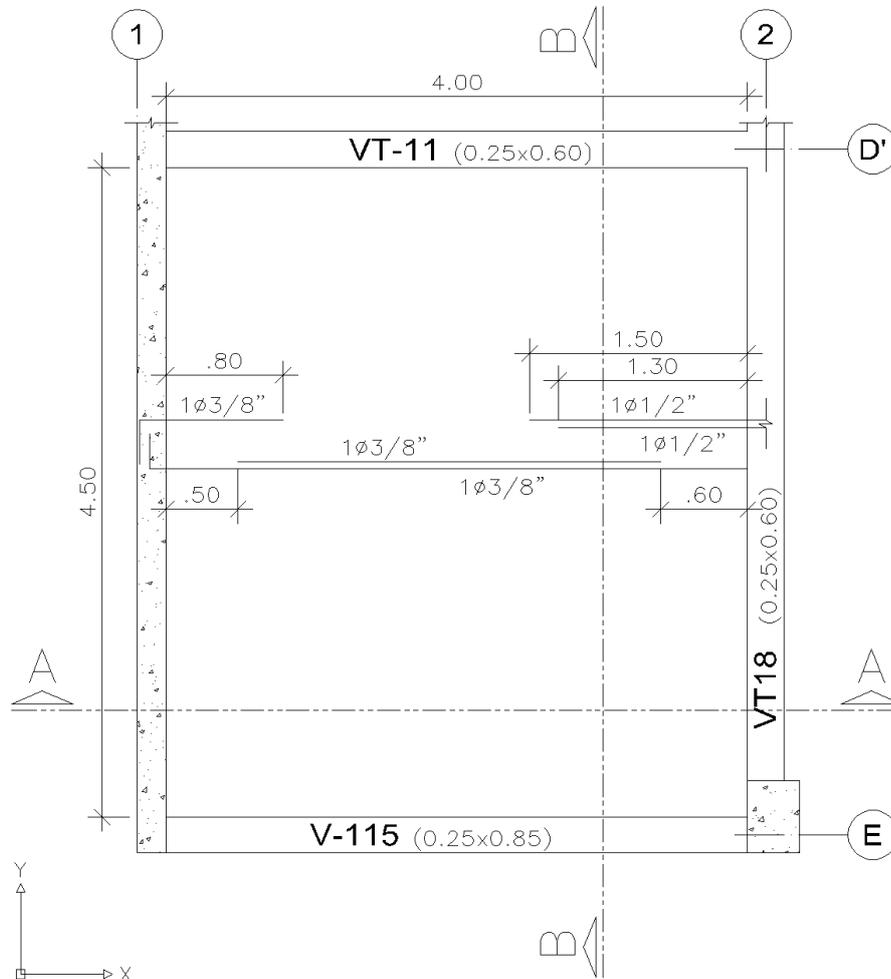
### ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA CONVENCIONAL Y EL SISTEMA ALITEC

#### 6.1 COMPARACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIALES UTILIZADOS PARA EL SISTEMA CONVENCIONAL Y EL SISTEMA PREFABRICADO ALITEC

##### 6.1.1 Comparativa para una Losa Aligerada Unidireccional

Para poder apreciar esta comparativa, se tomará a modo de ejemplo, el paño comprendido entre los Ejes 1 – 2/D' – E, correspondiente al 2do piso del proyecto “Vivienda Multifamiliar Tudela y Varela”, donde se analizará la cantidad de madera, acero y concreto, que se utilizará para la losa aligerada, entre estos ejes.

(Ver Anexo 12)



**Figura N°6.1** Vista en Planta del Paño de Losa Aligerada Unidireccional, Comprendida entre los Ejes 1 – 2/D' – E, del 2do Piso del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Tudela y Varela”.

### 6.1.1.1 Cantidad de Madera Utilizada

#### a) Encofrado para el Sistema Unidireccional Convencional

##### Corte A-A:

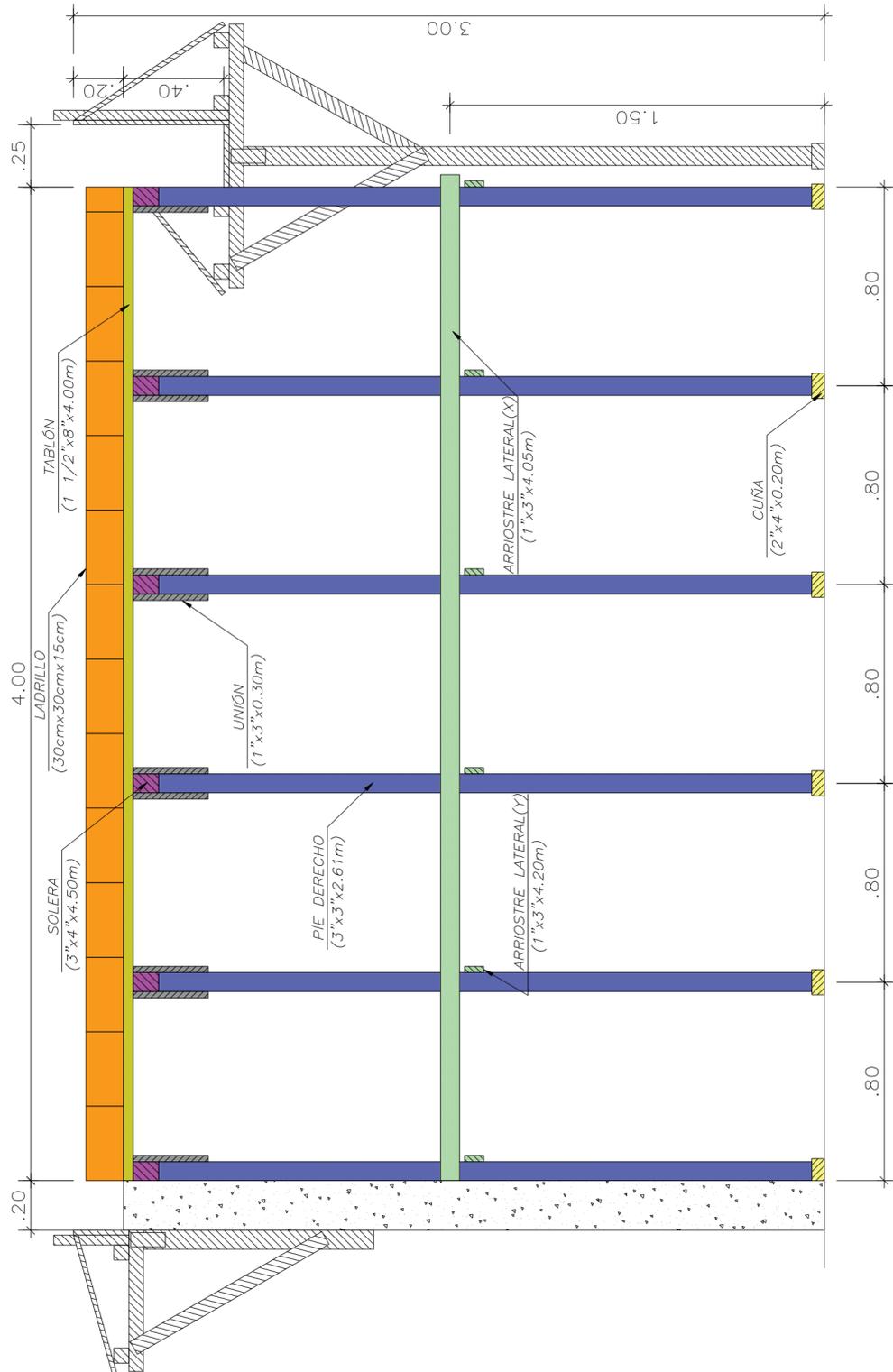
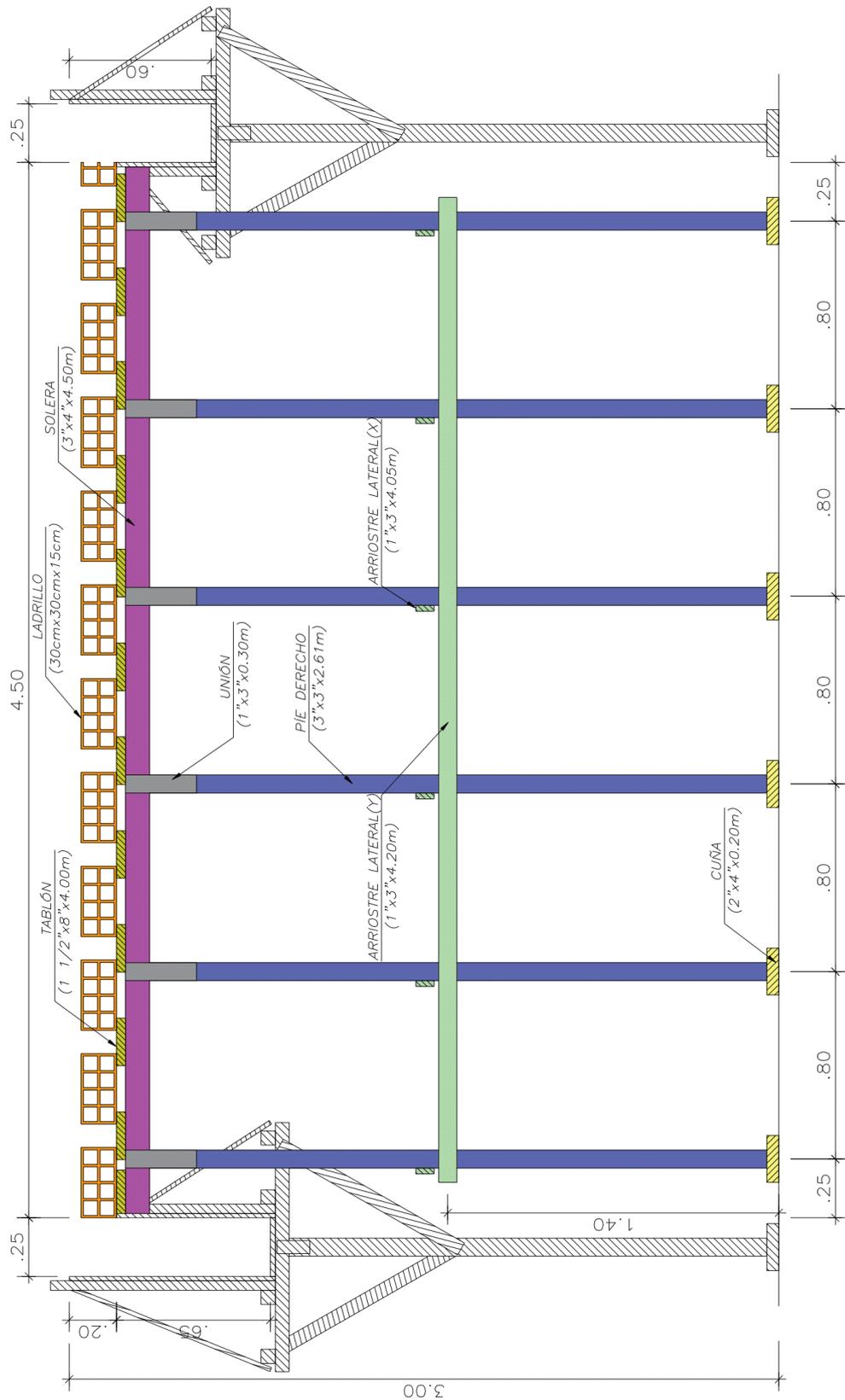


Figura N°6.2 Corte Longitudinal A – A, para la Losa Aligerada Unidireccional Convencional.

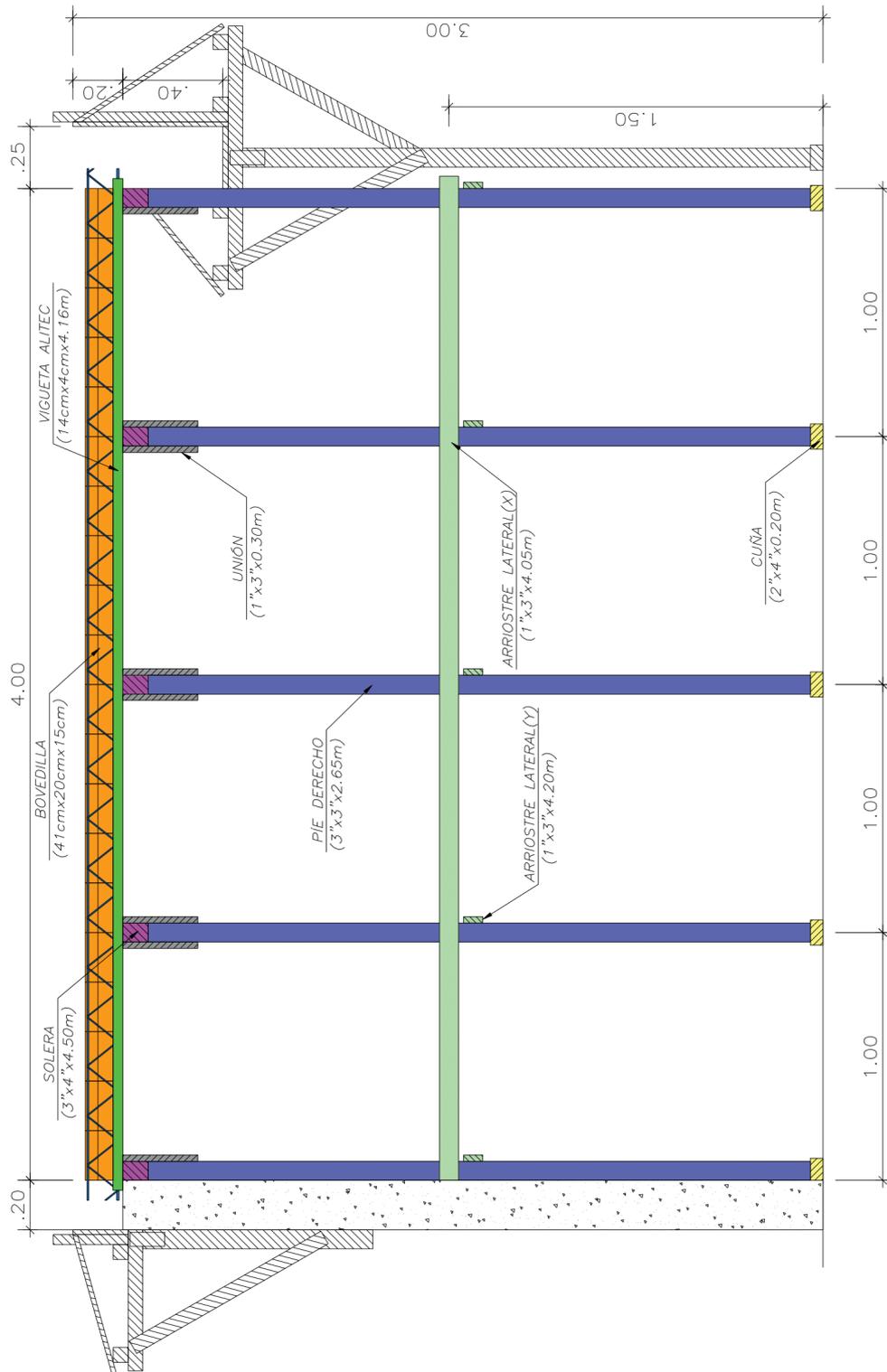
**Corte B-B:**



**Figura N°6.3** Corte Longitudinal B – B, para la Losa Aligerada Unidireccional Convencional.

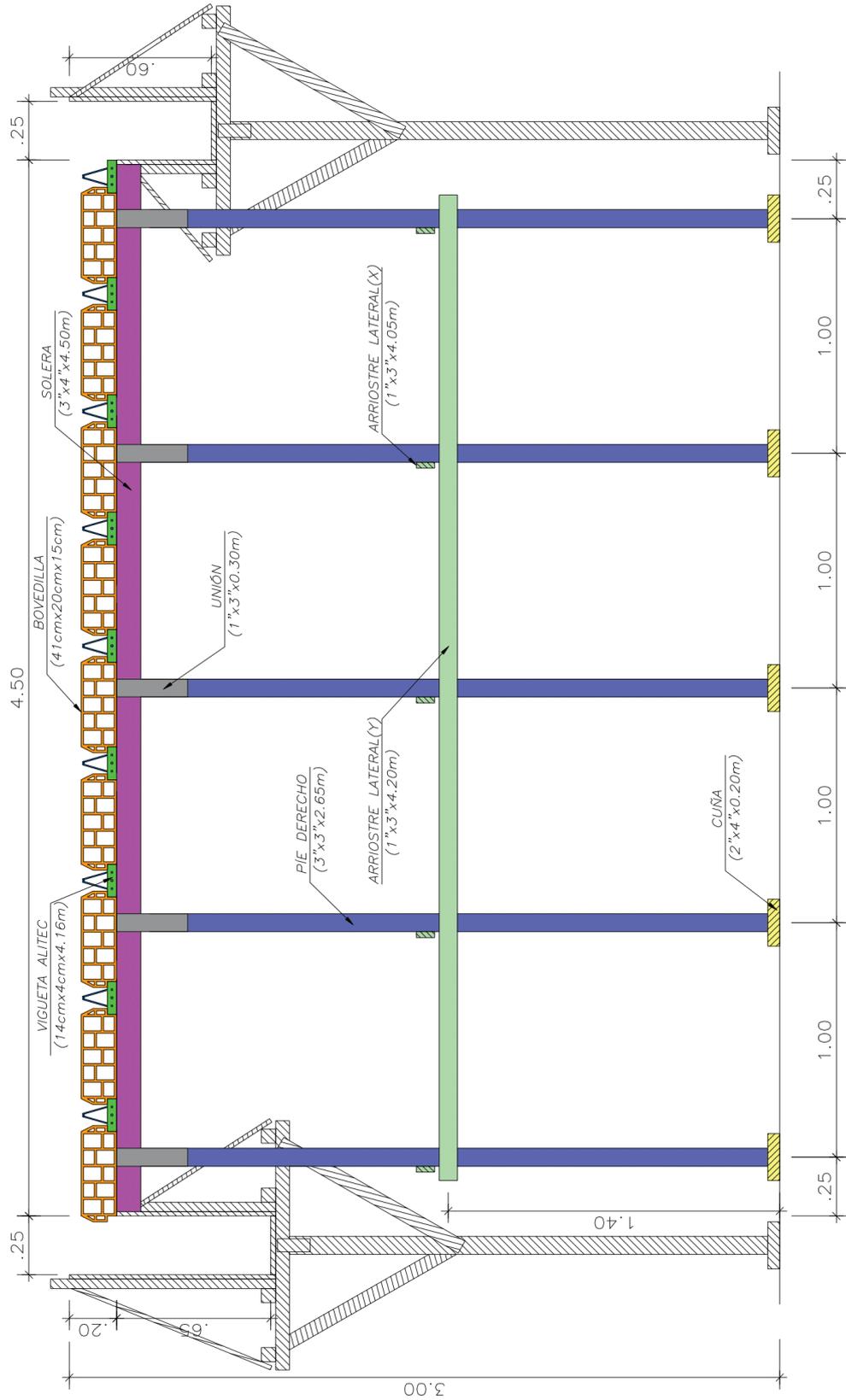
**b) Encofrado para el Sistema Unidireccional Prefabricado Alitec**

**Corte A-A:**



**Figura N°6.4** Corte Longitudinal A – A, para la Losa Aligerada Unidireccional Prefabricada Alitec.

**Corte B-B:**



**Figura N°6.5** Corte Longitudinal B – B, para la Losa Aligerada Unidireccional Prefabricada Alitec.

De las Figuras N°6.2, N°6.3, N°6.4 y N°6.5, se aprecian los elementos a utilizar para el encofrado de la losa aligerada unidireccional, tanto para el Sistema Convencional como para el Sistema Prefabricado Alitec.

Obteniendo así las siguientes tablas:

**Tabla N°6.1** Volumen de cada Elemento, para el Encofrado de la Losa Aligerada Unidireccional.

Elementos para Encofrado		Dimensiones				Volumen de Elemento (pi <sup>2</sup> )
Tipo	Descripción	Espesor (in)	Ancho (in)	Largo (m)	Largo (ft)	
Convencional	Tablones (1 1/2"x8")	1.50	8.00	4.00	13.12	13.12
	Soleras (3"x4")	3.00	4.00	4.50	14.76	14.76
	Pie Derecho (3"x3")	3.00	3.00	2.61	8.56	6.42
	Cuñas (2"x4")	2.00	4.00	0.20	0.66	0.44
	Arriostre Lateral "X" (1"x3")	1.00	3.00	4.05	13.29	3.32
	Arriostre Lateral "Y" (1"x3")	1.00	3.00	4.20	13.78	3.44
	Uniones (1"x3")	1.00	3.00	0.30	0.98	0.25
Alitec	Tablones (1 1/2"x8")	---	---	---	---	---
	Soleras (3"x4")	3.00	4.00	4.50	14.76	14.76
	Pie Derecho (3"x3")	3.00	3.00	2.65	8.69	6.52
	Cuñas (2"x4")	2.00	4.00	0.20	0.66	0.44
	Arriostre Lateral "X" (1"x3")	1.00	3.00	4.05	13.29	3.32
	Arriostre Lateral "Y" (1"x3")	1.00	3.00	4.20	13.78	3.44
	Uniones (1"x3")	1.00	3.00	0.30	0.98	0.25

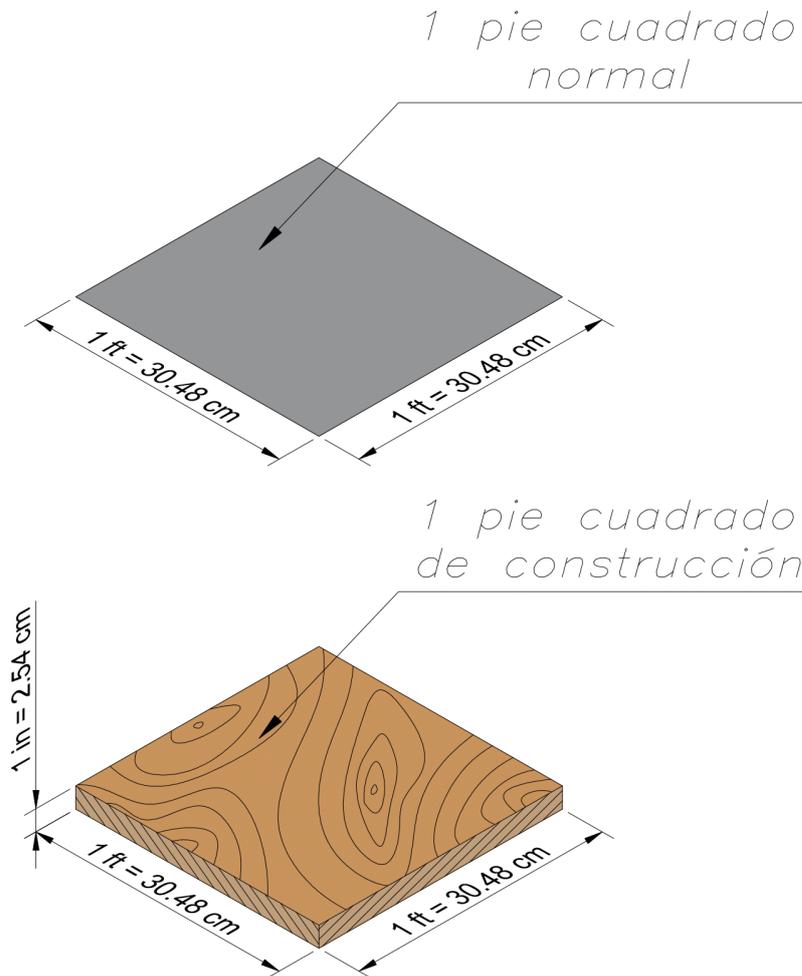
(Nota: Las Uniones (1"x3") son tablas que se fijan entre el pie derecho y la solera)

Para la obtención de la Tabla N°6.1, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Vol. \text{ madera}_{(pi^2)} = \frac{Espesor_{(in)} \cdot Ancho_{(in)} \cdot Largo_{(ft)}}{12}$$

**Nota:**

El pie cuadrado de construcción (también conocido como pie tablar) es diferente a un pie cuadrado normal, pues un pie cuadrado normal es la medida de un  $1\text{pie} \times 1\text{pie}$ , pero el pie cuadrado de construcción ( $\text{pie}^2$ ) es la medida de un  $1\text{pie} \times 1\text{pie} \times 1\text{pulgada}$ .



**Figura N°6.6** Vista Isométrica de un Pie Cuadrado de Construcción.

**Tabla N°6.2** Cantidad de Elementos, para el Encofrado de la Losa Aligerada Unidireccional.

Elementos para Encofrado		Dimensiones			Separación a lo largo del lado $L1 = 4.50\text{ m}$ (m)	Separación a lo largo del lado $L2 = 4.00\text{ m}$ (m)	Cantidad de Elementos (Und)
Tipo	Descripción	Espesor (in)	Ancho (in)	Largo (m)			
Convencional	Tablones (1 1/2"x8")	1.50	8.00	4.00	0.40	---	12.00
	Soleras (3"x4")	3.00	4.00	4.50	---	0.80	6.00
	Pie Derecho (3"x3")	3.00	3.00	2.61	0.80	0.80	36.00
	Cuñas (2"x4")	2.00	4.00	0.20	---	---	36.00
	Arriostre Lateral "X" (1"x3")	1.00	3.00	4.05		0.80	6.00
	Arriostre Lateral "Y" (1"x3")	1.00	3.00	4.20	0.80		6.00
	Uniones (1"x3")	1.00	3.00	0.30	---	---	72.00
Alitec	Tablones (1 1/2"x8")	---	---	---	---	---	---
	Soleras (3"x4")	3.00	4.00	4.50	---	1.00	5.00
	Pie Derecho (3"x3")	3.00	3.00	2.65	1.00	1.00	25.00
	Cuñas (2"x4")	2.00	4.00	0.20	---	---	25.00
	Arriostre Lateral "X" (1"x3")	1.00	3.00	4.05		1.00	5.00
	Arriostre Lateral "Y" (1"x3")	1.00	3.00	4.20	1.00		5.00
	Uniones (1"x3")	1.00	3.00	0.30	---	---	50.00

Luego para obtención de la cantidad total de madera utilizada para el encofrado, reflejada en la *Tabla N°6.3*, se apoyaron de la *Tabla N°6.1* y de la *Tabla N°6.2* anteriormente analizadas.

**Tabla N°6.3** Cantidad de Madera Utilizada, para el Encofrado de la Losa Aligerada Unidireccional en cada Sistema.

Consumo de Madera para el Encofrado de una Losa Aligerada Unidireccional de 4.50 m x 4.00 m						
Encofrado de Losa Aligerada		Volumen de Elemento ( $pi^2$ )	Cantidad de Elementos (Und)	Volumen de Madera ( $pi^2$ )		
Tipo	Descripción			Parcial ( $pi^2$ )	Desperdicio del 15%	Total ( $pi^2$ )
Convencional	Tablones (1 1/2"x8")	13.12	12.00	157.48	23.62	634.03
	Soleras (3"x4")	14.76	6.00	88.58	13.29	
	Pie Derecho (3"x3")	6.42	36.00	231.20	34.68	
	Cuñas (2"x4")	0.44	36.00	15.75	2.36	
	Arriostre Lateral "X" (1"x3")	3.32	6.00	19.93	2.99	
	Arriostre Lateral "Y" (1"x3")	3.44	6.00	20.67	3.10	
	Uniones (1"x3")	0.25	72.00	17.72	2.66	
Alitec	Tablones (1 1/2"x8")	---	---	---	---	337.99
	Soleras (3"x4")	14.76	5.00	73.82	11.07	
	Pie Derecho (3"x3")	6.52	25.00	163.02	24.45	
	Cuñas (2"x4")	0.44	25.00	10.94	1.64	
	Arriostre Lateral "X" (1"x3")	3.32	5.00	16.61	2.49	
	Arriostre Lateral "Y" (1"x3")	3.44	5.00	17.22	2.58	
	Uniones (1"x3")	0.25	50.00	12.30	1.85	

Ahorro de Madera ( $pi^2$ )	296.04
Porcentaje (%)	46.69

### 6.1.1.2 Cantidad de Concreto Utilizado

De la *Figura N°6.1* se aprecia una losa aligerada unidireccional de  $4.50\text{ m} \times 4.00\text{ m}$  y a partir ello, se buscará comparar la cantidad de concreto total en cada sistema.

Para apreciar esta comparación se calculará la cantidad de concreto en la losa aligerada unidireccional del sistema convencional, versus la cantidad de concreto en la losa aligerada unidireccional Alitec incluyendo el concreto del patín de las viguetas Alitec; obteniendo así el volumen de concreto utilizado en cada sistema.

**Tabla N°6.4** Cantidad de Concreto para una Losa Aligerada Unidireccional de  $4.50\text{ m} \times 4.00\text{ m}$  en cada Sistema.

Tipo	H losa (cm)	Área de losa aligerada ( $\text{m}^2$ )	Consumo de Concreto ( $\text{m}^3/\text{m}^2$ )	Volumen Parcial ( $\text{m}^3$ )	Desperdicio del 5%	Volumen Total ( $\text{m}^3$ )
Convencional	20	18.00	0.088	1.58	0.08	1.655
Alitec	20	18.00	0.072	1.30	0.07	1.366

**Tabla N°6.5** Volumen de Concreto de las Viguetas Alitec para la Losa Aligerada Unidireccional de  $4.50\text{ m} \times 4.00\text{ m}$ .

Tipo	Cantidad de Viguetas (Und.)	Longitud del paño (m)	Longitud Total de Patín de Concreto (m)	Anchura del Patín de concreto (m)	Altura de Patín de concreto (m)	Volumen Total ( $\text{m}^3$ )
Alitec	9	4.00	4.08	0.14	0.04	0.206

**Tabla N°6.6** Cantidad Total de Concreto para una Losa Aligerada Unidireccional de  $4.50\text{ m} \times 4.00\text{ m}$  en cada Sistema.

Tipo	Volumen Total ( $\text{m}^3$ )
Convencional	1.655
Alitec	1.572
Ahorro de Concreto ( $\text{m}^3$ )	0.083
Porcentaje (%)	5.02

Para los valores de consumo de concreto ( $m^3/m^2$ ) de la *Tabla N°6.4*, se apoyaron de la *Tabla N°6.7*.

**Tabla N°6.7** Consumo de Concreto en una Losa Aligerada Unidireccional para diferentes tipos de peraltes en cada Sistema.

H losa (cm)	Consumo de Concreto ( $m^3/m^2$ )		Diferencia de Consumos ( $m^3/m^2$ )	Porcentaje (%)
	Convencional	Alitec		
17	0.080	0.067	0.013	16.41
20	0.088	0.072	0.015	17.41
25	0.100	0.081	0.019	18.75
30	0.113	0.090	0.022	19.84

Para la obtención de la *Tabla N°6.7*, se analizará para  $1 m^2$  de losa aligerada unidireccional, en el sistema convencional y en el sistema prefabricado Alitec.

### a) Volumen de Concreto por $m^2$ de Losa Aligerada Unidireccional Convencional

Para ello se utilizará la siguiente ecuación:

$$V_{concreto} = V_{techo} - V_{ladrillo}$$

Donde:

$$V_{concreto} = \text{Volumen de Concreto (m}^3/\text{m}^2)$$

$$V_{techo} = 1 * 1 * h_{losa} = \text{Volumen de Techo (m}^3/\text{m}^2)$$

$$V_{ladrillo} = \text{Cant. ladrillos} * h_{ladrillo} * 0.30 * 0.30 = \text{Volumen de Ladrillo (m}^3/\text{m}^2)$$

Analizando para  $1 m^2$  de losa aligerada unidireccional convencional, se tiene:

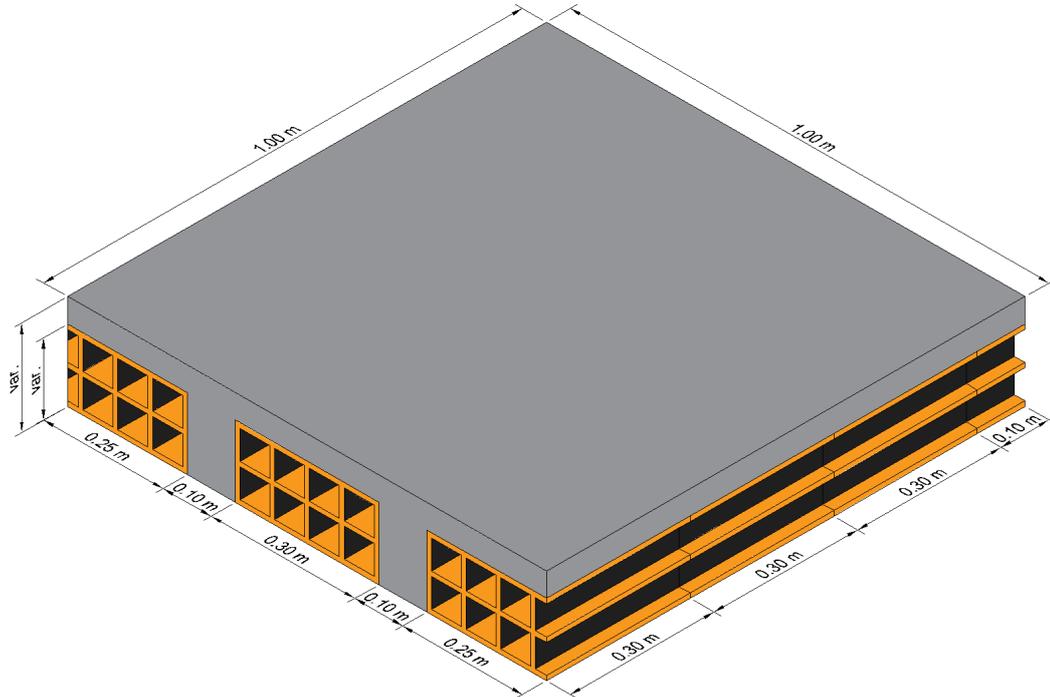


Figura N°6.7 Losa Aligerada Unidireccional del Sistema Convencional.

Para un peralte de  $h = 0.17 m$ :

$$V_{concreto} = 1 * 1 * 0.17 - (8.33 * 0.12 * 0.30 * 0.30)$$

$$V_{concreto} = 0.080 m^3/m^2$$

Para un peralte de  $h = 0.20 m$ :

$$V_{concreto} = 1 * 1 * 0.20 - (8.33 * 0.15 * 0.30 * 0.30)$$

$$V_{concreto} = 0.088 m^3/m^2$$

Para un peralte de  $h = 0.25 \text{ m}$ :

$$V_{\text{concreto}} = 1 * 1 * 0.25 - (8.33 * 0.20 * 0.30 * 0.30)$$

$$V_{\text{concreto}} = 0.100 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Para un peralte de  $h = 0.30 \text{ m}$ :

$$V_{\text{concreto}} = 1 * 1 * 0.30 - (8.33 * 0.20 * 0.30 * 0.30)$$

$$V_{\text{concreto}} = 0.113 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Obteniendo así, la siguiente tabla:

**Tabla N°6.8** Volumen de Concreto por  $\text{m}^2$  de Losa Aligerada Unidireccional Convencional.

H losa (cm)	Volumen de Techo			Volumen de Ladrillo			Cantidad de Ladrillo (Und/ $\text{m}^2$ )	Volumen de Concreto ( $\text{m}^3/\text{m}^2$ )
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)		
17	1.00	1.00	0.17	0.30	0.30	0.12	8.33	0.080
20	1.00	1.00	0.20	0.30	0.30	0.15	8.33	0.088
25	1.00	1.00	0.25	0.30	0.30	0.20	8.33	0.100
30	1.00	1.00	0.30	0.30	0.30	0.25	8.33	0.113

### b) Volumen de Concreto por $\text{m}^2$ de Losa Aligerada Unidireccional Alitec

Para ello se utilizará la siguiente ecuación:

$$V_{\text{concreto}} = V_{\text{techo}} - V_{\text{bovedilla}} - V_{\text{patín}}$$

Donde:

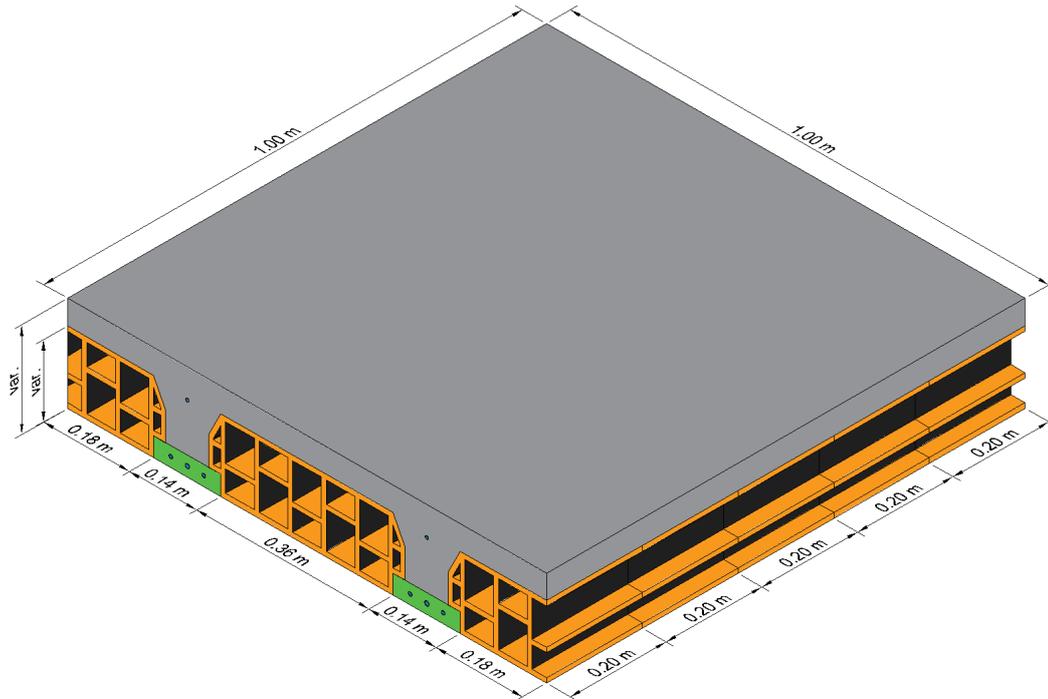
$$V_{\text{concreto}} = \text{Volumen de Concreto (m}^3/\text{m}^2)$$

$$V_{\text{techo}} = 1 * 1 * h_{\text{losa}} = \text{Volumen de Techo (m}^3/\text{m}^2)$$

$$V_{\text{bovedilla}} = \text{Cant. bovedillas} * \text{Área}_{\text{trans.}} * 0.20 = \text{Volumen de la Bovedila (m}^3/\text{m}^2)$$

$$V_{\text{patín}} = 2 * 0.14 * 0.04 * 1 = \text{Volumen del patín de la vigueta Alitec (m}^3/\text{m}^2)$$

Analizando para  $1 \text{ m}^2$  de losa aligerada unidireccional Alitec, se tiene:



**Figura N°6.8** Losa Aligerada Unidireccional del Sistema Prefabricado Alitec.

Para un peralte de  $h = 0.17 \text{ m}$ :

$$V_{\text{concreto}} = 1 * 1 * 0.17 - (10 * 0.046 * 0.20) - (2 * 0.14 * 0.04 * 1)$$

$$V_{\text{concreto}} = 0.067 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Para un peralte de  $h = 0.20 \text{ m}$ :

$$V_{\text{concreto}} = 1 * 1 * 0.20 - (10 * 0.0583 * 0.20) - (2 * 0.14 * 0.04 * 1)$$

$$V_{\text{concreto}} = 0.072 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Para un peralte de  $h = 0.25 \text{ m}$ :

$$V_{\text{concreto}} = 1 * 1 * 0.25 - (10 * 0.0788 * 0.20) - (2 * 0.14 * 0.04 * 1)$$

$$V_{\text{concreto}} = 0.081 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Para un peralte de  $h = 0.30 \text{ m}$ :

$$V_{\text{concreto}} = 1 * 1 * 0.30 - (10 * 0.0993 * 0.20) - (2 * 0.14 * 0.04 * 1)$$

$$V_{\text{concreto}} = 0.090 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Obteniendo así, la siguiente tabla:

Tabla N°6.9 Volumen de Concreto por m<sup>2</sup> de Losa Aligerada Unidireccional Alitec.

H losa (cm)	Volumen de Techo			Volumen de Bovedilla			Volumen del patín de la Vigueta Alitec				Volumen de Concreto (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Sección Transversal (m <sup>2</sup> )	Ancho (m)	Cant. de Bovedillas (Und)	Base (m)	Altura (m)	Longitud (m)	Cant. de viguetas (Und)	
17	1.00	1.00	0.17	0.0460	0.20	10.00	0.14	0.04	1.00	2.00	0.067
20	1.00	1.00	0.20	0.0583	0.20	10.00	0.14	0.04	1.00	2.00	0.072
25	1.00	1.00	0.25	0.0788	0.20	10.00	0.14	0.04	1.00	2.00	0.081
30	1.00	1.00	0.30	0.0993	0.20	10.00	0.14	0.04	1.00	2.00	0.090

### 6.1.1.3 Cantidad de Acero Utilizado

Tabla N°6.10 Cantidad de Acero Utilizado, en la Losa Aligerada Unidireccional de cada Sistema.

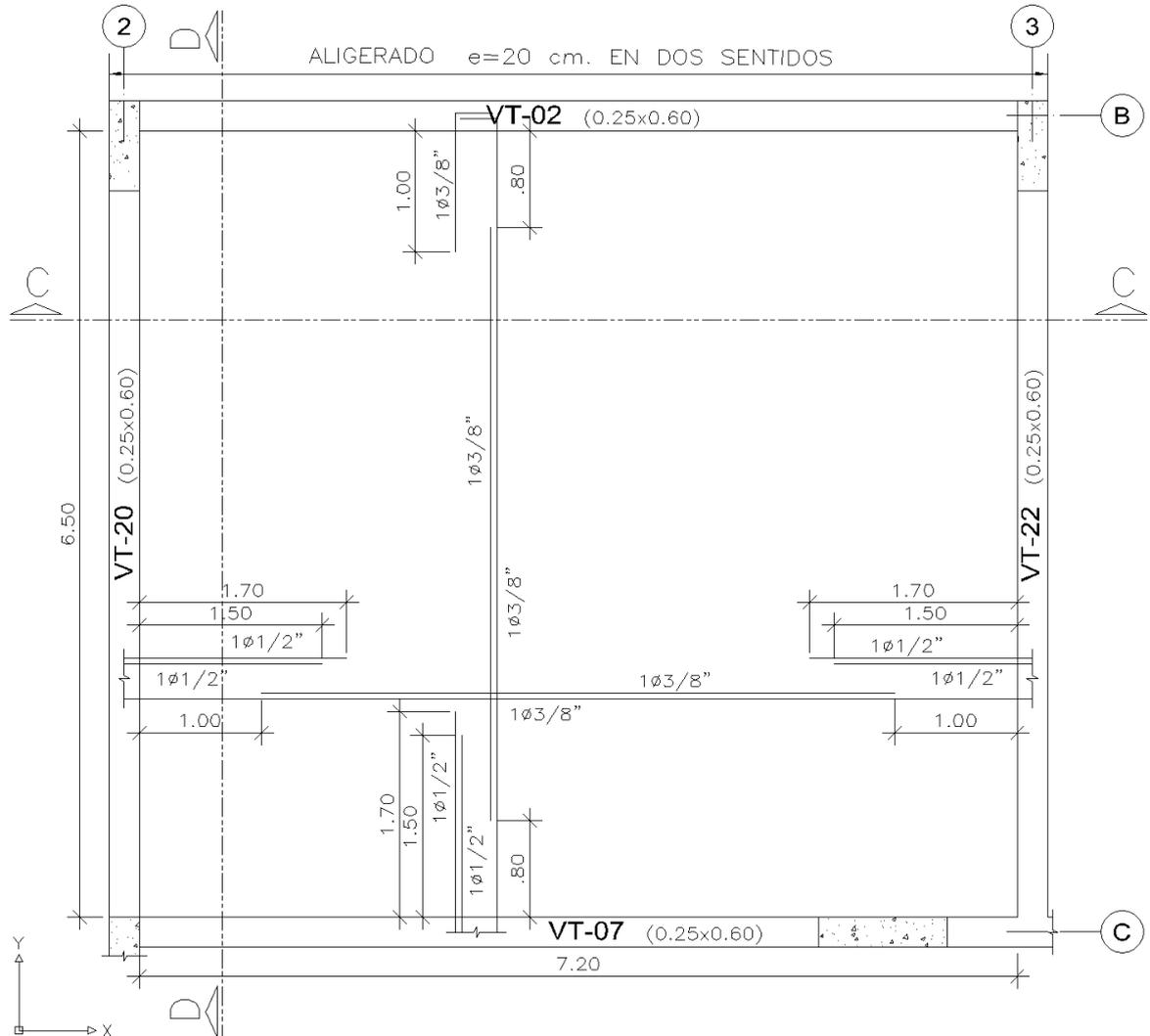
Consumo de Acero para una Losa Aligerada Unidireccional de 4.50 m x 4.00 m													
Acero en Losa Aligerada		Forma de Elemento	Diámetro (in)	Número de Piezas por Elemento (Und)	Longitud por Pieza (ml)	Longitud Total (ml)	Peso de Acero de Refuerzo (kg/ml)				Cantidad de Acero		
Tipo	Descripción						3/8"	1/2"	9 mm	tralicho	Parcial (kg)	Desperdicio del 5%	Total (kg)
Convencional	Acero Negativo		3/8"	11.00	1.30	14.30	0.56	---	---	---	8.01	0.40	
			1/2"	11.00	1.63	17.93	---	0.99	---	---	17.75	0.89	
			1/2"	11.00	1.43	15.73	---	0.99	---	---	15.57	0.78	
	Acero Positivo		3/8"	11.00	2.90	31.90	0.56	---	---	---	17.86	0.89	
			3/8"	11.00	4.35	47.85	0.56	---	---	---	26.80	1.34	90.29
Alitec	Acero Negativo		3/8"	9.00	1.30	11.70	0.56	---	---	---	6.55	0.33	
			1/2"	9.00	1.63	14.67	---	0.99	---	---	14.52	0.73	
			1/2"	9.00	1.43	12.87	---	0.99	---	---	12.74	0.64	
	Acero Positivo		9 mm	9.00	3.00	27.00	---	---	0.47	---	12.61	---	
			tralicho	9.00	4.16	37.44	---	---	---	1.11	41.56	---	89.67

(Nota: El Acero Positivo ya viene embebido en las viguetas Alitec, por ello no se toma en cuenta en obra)

Ahorro de Acero (kg)	0.62
Porcentaje (%)	0.69

### 6.1.2 Comparativa para una Losa Aligerada Bidireccional

Para poder apreciar esta comparativa, se tomará a modo de ejemplo, el paño comprendido entre los *Ejes 2 – 3/B – C*, correspondiente al 2do piso del proyecto “Vivienda Multifamiliar Tudela y Varela”, donde se analizará la cantidad de madera, acero y concreto, que se utilizará para la losa aligerada bidireccional, entre estos ejes. **(Ver Anexo 12)**



**Figura N°6.9** Vista en Planta del Paño de Losa Aligerada Bidireccional, Comprendida entre los *Ejes 2 – 3/B – C*, del 2do Piso del Proyecto “Vivienda Multifamiliar Tudela y Varela”.

### 6.1.2.1 Cantidad de Madera Utilizada

#### a) Encofrado para el Sistema Bidireccional Convencional

##### Corte C-C:

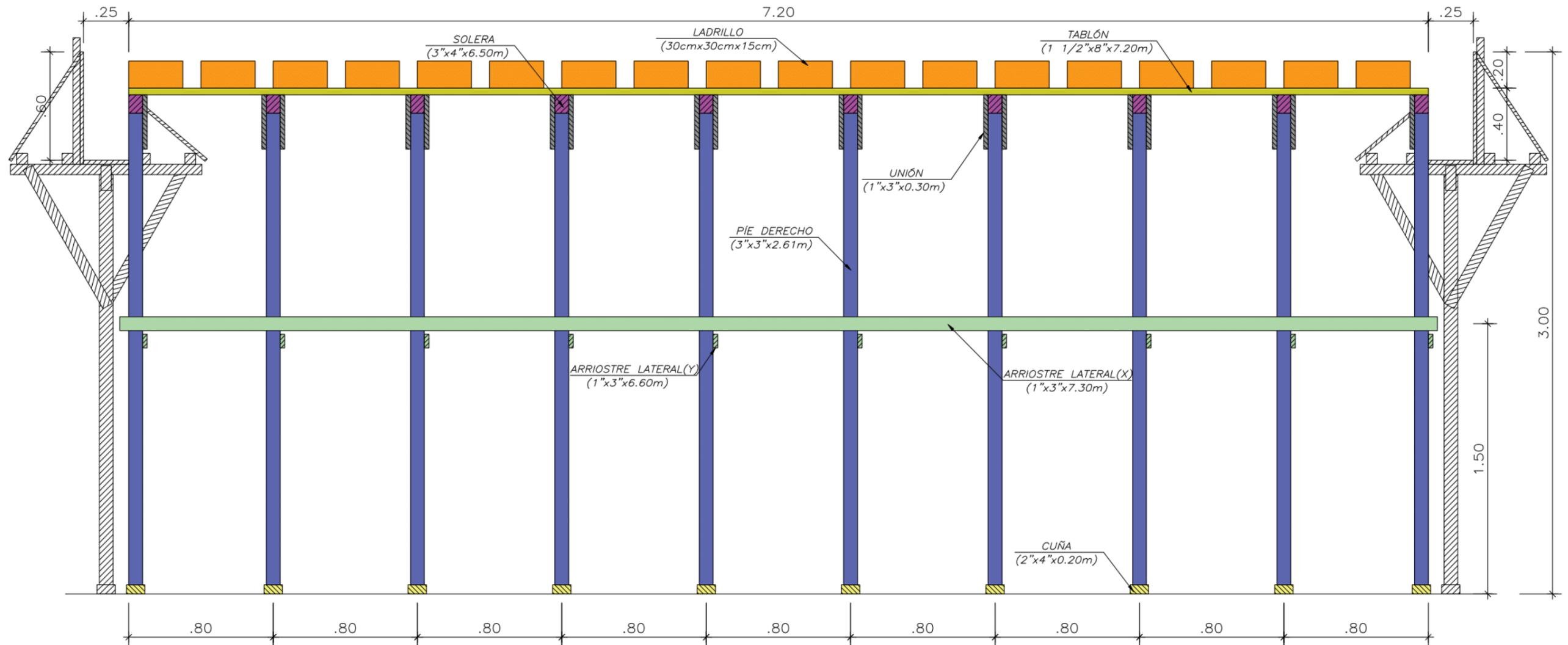
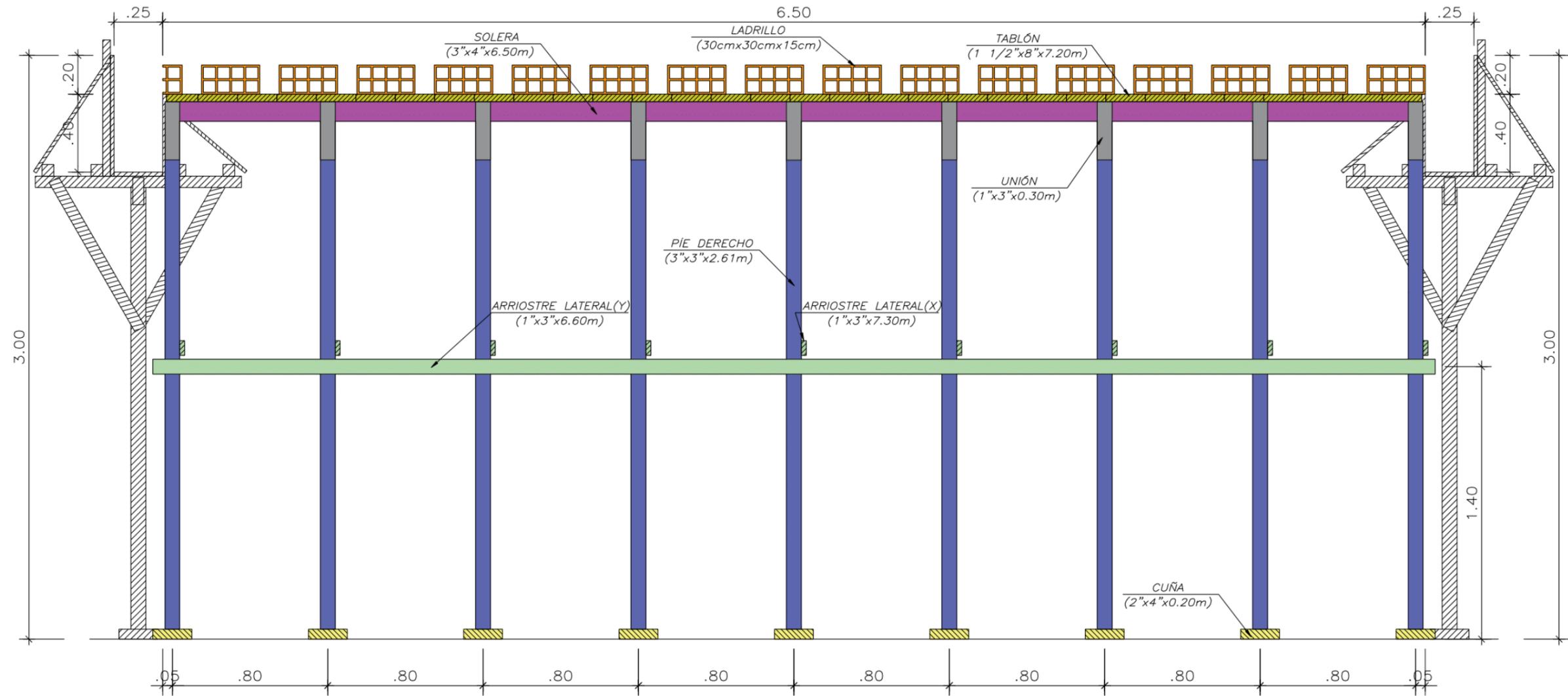


Figura N°6.10 Corte Longitudinal C – C, para la Losa Aligerada Bidireccional Convencional.

**Corte D-D:**



**Figura N°6.11** Corte Longitudinal D – D, para la Losa Aligerada Bidireccional Convencional.

b) Encofrado para el Sistema Bidireccional Prefabricado Alitec

Corte C-C:

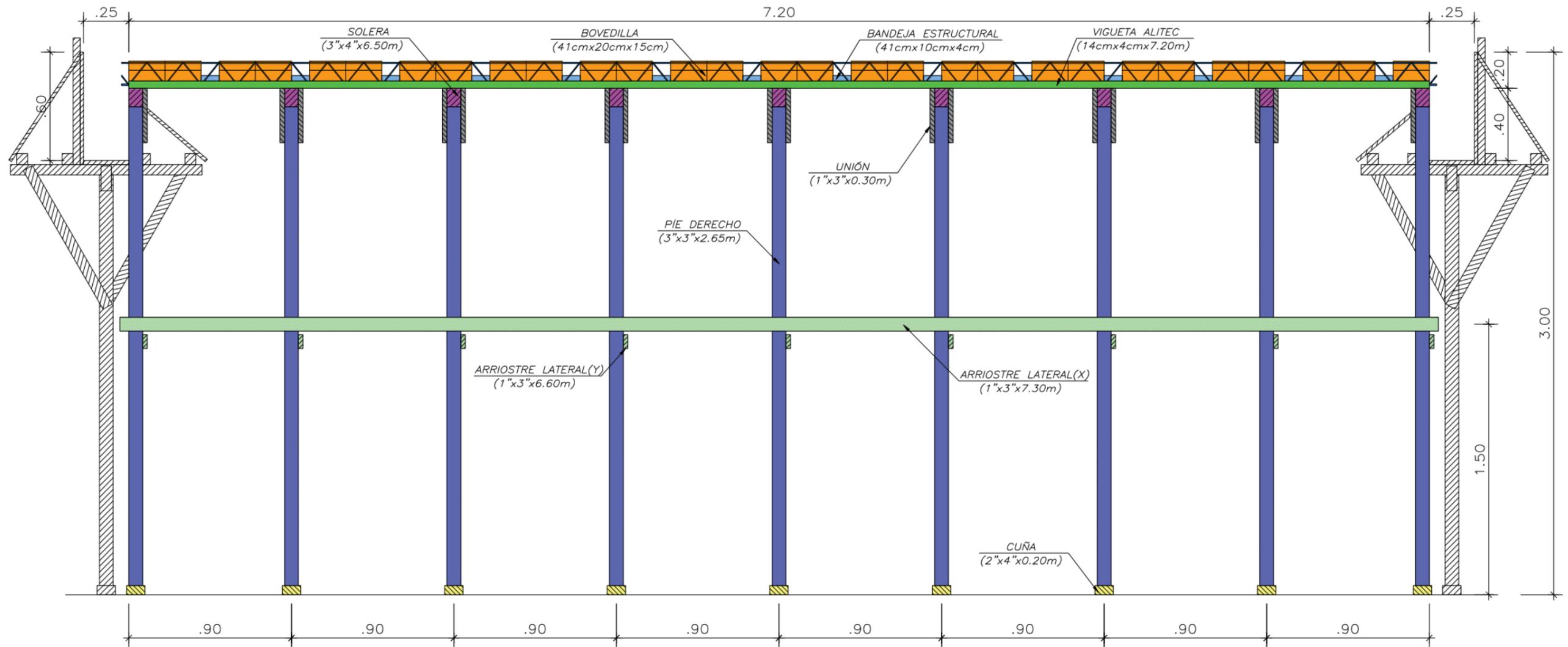
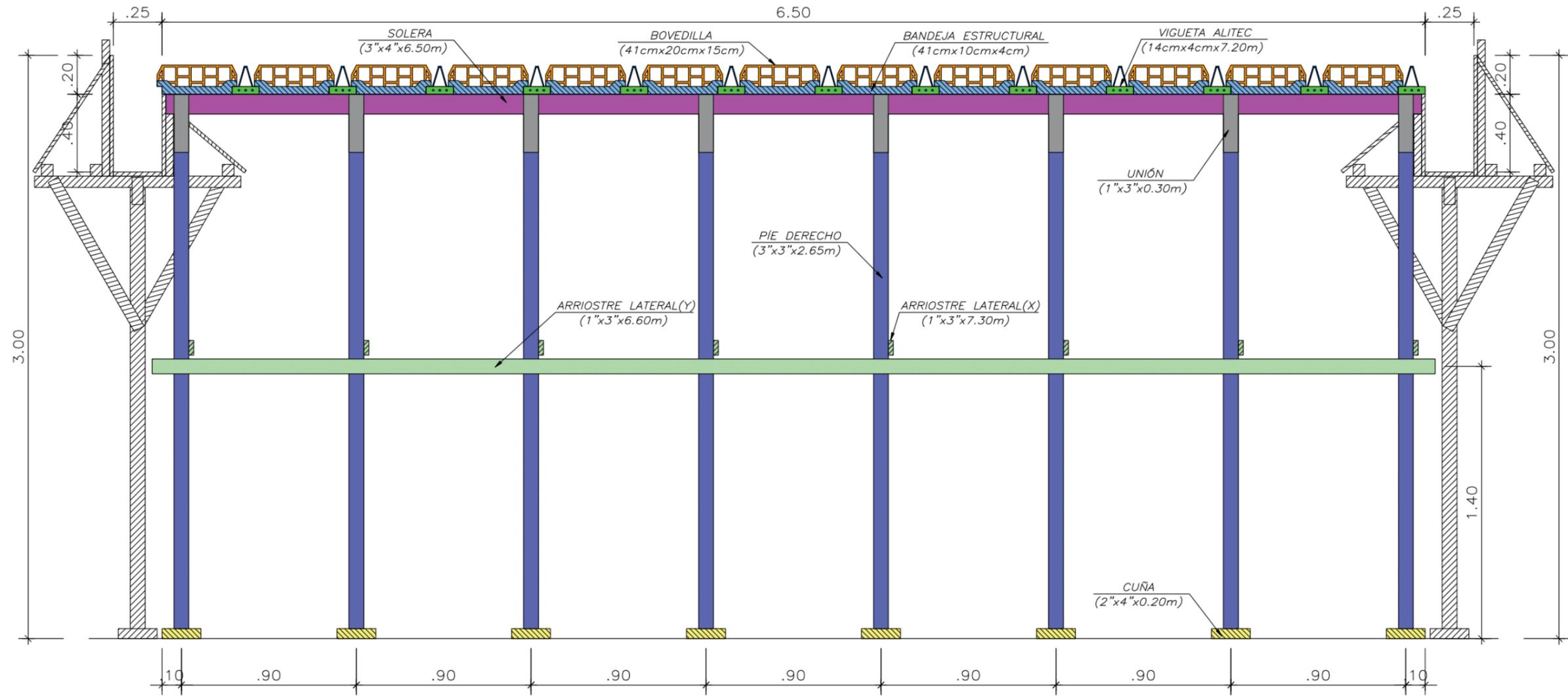


Figura N°6.12 Corte Longitudinal C – C, para la Losa Aligerada Bidireccional Prefabricada Alitec.

**Corte D-D:**



**Figura N°6.13** Corte Longitudinal D – D, para la Losa Aligerada Bidireccional Prefabricada Alitec.

De las Figuras N°6.9, N°6.10, N°6.11 y N°6.12, se aprecian los elementos a utilizar para el encofrado de la losa aligerada bidireccional, tanto para el Sistema Convencional como para el Sistema Prefabricado Alitec.

Obteniendo así las siguientes tablas:

**Tabla N°6.11** Volumen de cada Elemento, para el Encofrado de la Losa Aligerada Bidireccional.

Elementos para Encofrado		Dimensiones				Volumen de Elemento (pi <sup>2</sup> )
Tipo	Descripción	Espesor (in)	Ancho (in)	Largo (m)	Largo (ft)	
Convencional	Tablones (1 1/2"x8")	1.50	8.00	7.20	23.62	23.62
	Soleras (3"x4")	3.00	4.00	6.50	21.33	21.33
	Pie Derecho (3"x3")	3.00	3.00	2.61	8.56	6.42
	Cuñas (2"x4")	2.00	4.00	0.20	0.66	0.44
	Arriostre Lateral "X" (1"x3")	1.00	3.00	7.30	23.95	5.99
	Arriostre Lateral "Y" (1"x3")	1.00	3.00	6.60	21.65	5.41
	Uniones (1"x3")	1.00	3.00	0.30	0.98	0.25
Alitec	Tablones (1 1/2"x8")	---	---	---	---	---
	Soleras (3"x4")	3.00	4.00	6.50	21.33	21.33
	Pie Derecho (3"x3")	3.00	3.00	2.65	8.69	6.52
	Cuñas (2"x4")	2.00	4.00	0.20	0.66	0.44
	Arriostre Lateral "X" (1"x3")	1.00	3.00	7.30	23.95	5.99
	Arriostre Lateral "Y" (1"x3")	1.00	3.00	6.60	21.65	5.41
	Uniones (1"x3")	1.00	3.00	0.30	0.98	0.25

(Nota: Las Uniones (1"x3") son tablas que se fijan entre el pie derecho y la solera)

Para la obtención de la Tabla N°6.11, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Vol. \text{ madera}_{(pi^2)} = \frac{Espesor_{(in)} \cdot Ancho_{(in)} \cdot Largo_{(ft)}}{12}$$

**Tabla N°6.12** Cantidad de Elementos, para el Encofrado de la Losa Aligerada Bidireccional

Elementos para Encofrado		Dimensiones			Separación a lo largo del lado $L1 = 6.50\text{ m}$ (m)	Separación a lo largo del lado $L2 = 7.20\text{ m}$ (m)	Cantidad de Elementos (Und)
Tipo	Descripción	Espesor (in)	Ancho (in)	Largo (m)			
Convencional	Tablones (1 1/2"x8")	1.50	8.00	7.20	---	---	32.00
	Soleras (3"x4")	3.00	4.00	6.50	---	0.80	10.00
	Pie Derecho (3"x3")	3.00	3.00	2.61	0.80	0.80	90.00
	Cuñas (2"x4")	2.00	4.00	0.20	---	---	90.00
	Arriostre Lateral "X" (1"x3")	1.00	3.00	7.30		0.80	9.00
	Arriostre Lateral "Y" (1"x3")	1.00	3.00	6.60	0.80		10.00
	Uniones (1"x3")	1.00	3.00	0.30	---	---	180.00
Alitec	Tablones (1 1/2"x8")	---	---	---	---	---	---
	Soleras (3"x4")	3.00	4.00	6.50	---	0.90	9.00
	Pie Derecho (3"x3")	3.00	3.00	2.65	0.90	0.90	72.00
	Cuñas (2"x4")	2.00	4.00	0.20	---	---	72.00
	Arriostre Lateral "X" (1"x3")	1.00	3.00	7.30		0.90	8.00
	Arriostre Lateral "Y" (1"x3")	1.00	3.00	6.60	0.90		9.00
	Uniones (1"x3")	1.00	3.00	0.30	---	---	144.00

Luego para obtención de la cantidad total de madera utilizada para el encofrado, reflejada en la *Tabla N°6.13*, se apoyaron de la *Tabla N°6.11* y de la *Tabla N°6.12* anteriormente analizadas.

**Tabla N°6.13** Cantidad de Madera Utilizada, para el Encofrado de la Losa Aligerada Bidireccional en cada Sistema.

Consumo de Madera para el Encofrado de una Losa Aligerada Bidireccional de 7.20 m x 6.50 m						
Encofrado de Losa Aligerada		Volumen de Elemento ( $pi^2$ )	Cantidad de Elementos (Und)	Volumen de Madera ( $pi^2$ )		
Tipo	Descripción			Parcial ( $pi^2$ )	Desperdicio del 15%	Total ( $pi^2$ )
Convencional	Tablones (1 1/2"x8")	23.62	32.00	755.91	113.39	
	Soleras (3"x4")	21.33	10.00	213.25	31.99	
	Pie Derecho (3"x3")	6.42	90.00	578.00	86.70	
	Cuñas (2"x4")	0.44	90.00	39.37	5.91	
	Arriostre Lateral "X" (1"x3")	5.99	9.00	53.89	8.08	
	Arriostre Lateral "Y" (1"x3")	5.41	10.00	54.13	8.12	
	Uniones (1"x3")	0.25	180.00	44.29	6.64	
Alitec	Tablones (1 1/2"x8")	---	---	---	---	
	Soleras (3"x4")	21.33	9.00	191.93	28.79	
	Pie Derecho (3"x3")	6.52	72.00	469.49	70.42	
	Cuñas (2"x4")	0.44	72.00	31.50	4.72	
	Arriostre Lateral "X" (1"x3")	5.99	8.00	47.90	7.19	
	Arriostre Lateral "Y" (1"x3")	5.41	9.00	48.72	7.31	
	Uniones (1"x3")	0.25	144.00	35.43	5.31	

<b>Ahorro de Madera (<math>pi^2</math>)</b>	<b>1,050.96</b>
<b>Porcentaje (%)</b>	<b>52.56</b>

### 6.1.2.2 Cantidad de Concreto Utilizado

De la *Figura N°6.8* se aprecia una losa aligerada bidireccional de  $7.20\text{ m} \times 6.50\text{ m}$ , y a partir ello, se buscará comparar la cantidad de concreto total en cada sistema.

Para apreciar esta comparación se calculará el concreto de la losa aligerada bidireccional del sistema convencional, versus el concreto de la losa aligerada bidireccional Alitec incluyendo el concreto del patín de las viguetas Alitec y el concreto de las bandejas estructurales ranuradas; obteniendo así el volumen de concreto total utilizado en cada sistema.

**Tabla N°6.14** Cantidad de Concreto para una Losa Aligerada Bidireccional de  $7.20\text{ m} \times 6.50\text{ m}$  en cada Sistema.

Tipo	H losa (cm)	Área de losa aligerada ( $\text{m}^2$ )	Consumo de Concreto ( $\text{m}^3/\text{m}^2$ )	Volumen Parcial ( $\text{m}^3$ )	Desperdicio del 5%	Volumen Total ( $\text{m}^3$ )
Convencional	20	46.80	0.104	4.87	0.24	5.111
Alitec	20	46.80	0.088	4.13	0.21	4.338

**Tabla N°6.15** Volumen de Concreto de las Viguetas Alitec para la Losa Aligerada Bidireccional de  $7.20\text{ m} \times 6.50\text{ m}$ .

Tipo	Cantidad de Viguetas (Und.)	Longitud del paño (m)	Longitud Total de Patín de Concreto (m)	Anchura del Patín de concreto (m)	Altura de Patín de concreto (m)	Volumen Total ( $\text{m}^3$ )
Alitec	13	7.20	7.28	0.14	0.04	0.530

**Tabla N°6.16** Volumen de Concreto de las Bandejas Estructurales Ranuradas para la Losa Aligerada Bidireccional de  $7.20\text{ m} \times 6.50\text{ m}$ .

Tipo	Cantidad de Viguetas Convencionales (Und.)	Cantidad de Band. Esctr. Ranuradas por Vigueta Convencional (Und.)	Total de Bandejas Estructurales Ranuradas (Und.)	Sección Transversal ( $\text{m}^2$ )	Ancho (m)	Volumen Total ( $\text{m}^3$ )
Alitec	14	13	182	0.018	0.10	0.328

**Tabla N°6.17** Cantidad Total de Concreto para una Losa Aligerada Bidireccional de 7.20 m x 6.50 m en cada Sistema.

Tipo	Volumen Total (m <sup>3</sup> )
Convencional	5.111
Alitec	5.196
Ahorro de Concreto (m <sup>3</sup> )	-0.085
Porcentaje (%)	-1.67

Para los valores de consumo de concreto (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) de la *Tabla N°6.14*, se apoyaron de la *Tabla N°6.18*.

**Tabla N°6.18** Consumo de Concreto en una Losa Aligerada Bidireccional para diferentes tipos de peraltes en cada Sistema.

H losa (cm)	Consumo de Concreto (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )		Diferencia de Consumos (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
	Convencional	Alitec		
17	0.093	0.078	0.015	16.35
20	0.104	0.088	0.016	15.12
25	0.122	0.105	0.017	13.54
30	0.140	0.123	0.017	12.40

Para la obtención de la *Tabla N°6.18*, se analizará para 1 m<sup>2</sup> de losa aligerada bidireccional, en el sistema convencional y en el sistema prefabricado Alitec.

### a) Volumen de Concreto por $m^2$ de Losa Aligerada Bidireccional Convencional

Para ello se utilizará la siguiente ecuación:

$$V_{concreto} = V_{techo} - V_{ladrillo}$$

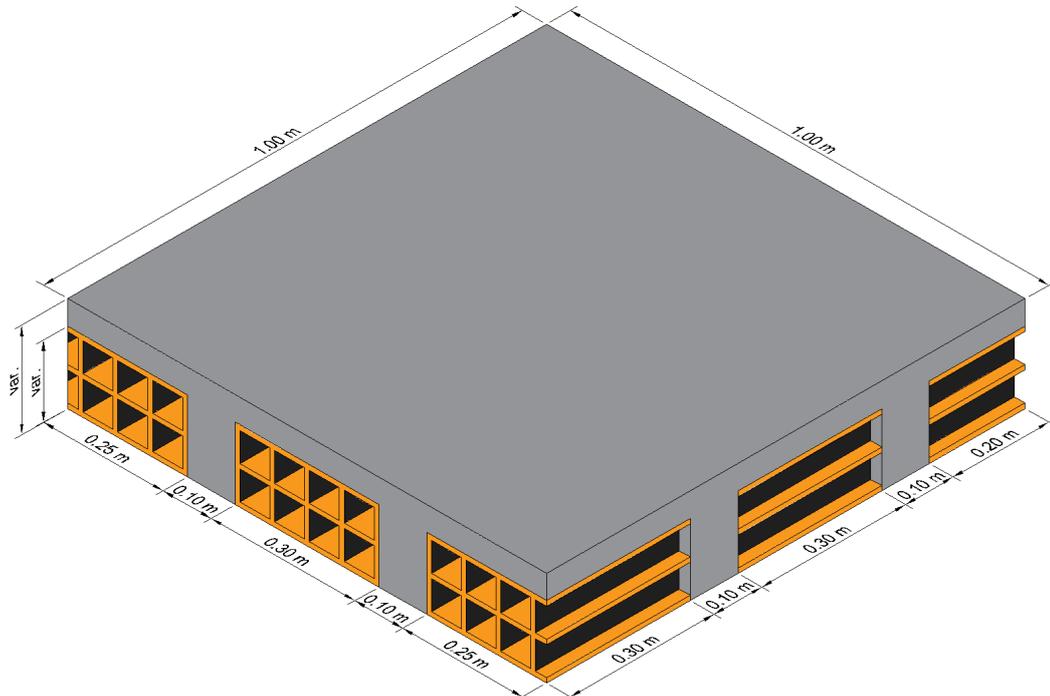
Donde:

$$V_{concreto} = \text{Volumen de Concreto (m}^3/\text{m}^2)$$

$$V_{techo} = 1 * 1 * h_{losa} = \text{Volumen de Techo (m}^3/\text{m}^2)$$

$$V_{ladrillo} = \text{Cant. ladrillos} * h_{ladrillo} * 0.30 * 0.30 = \text{Volumen de Ladrillo (m}^3/\text{m}^2)$$

Analizando para  $1 m^2$  de losa aligerada bidireccional convencional, se tiene:



**Figura N°6.14** Losa Aligerada Bidireccional del Sistema Convencional.

Para un peralte de  $h = 0.17 m$ :

$$V_{concreto} = 1 * 1 * 0.17 - (7.11 * 0.12 * 0.30 * 0.30)$$

$$V_{concreto} = 0.093 m^3/m^2$$

Para un peralte de  $h = 0.20 m$ :

$$V_{concreto} = 1 * 1 * 0.20 - (7.11 * 0.15 * 0.30 * 0.30)$$

$$V_{concreto} = 0.104 m^3/m^2$$

Para un peralte de  $h = 0.25 \text{ m}$ :

$$V_{\text{concreto}} = 1 * 1 * 0.25 - (7.11 * 0.20 * 0.30 * 0.30)$$

$$V_{\text{concreto}} = 0.122 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Para un peralte de  $h = 0.30 \text{ m}$ :

$$V_{\text{concreto}} = 1 * 1 * 0.30 - (7.11 * 0.25 * 0.30 * 0.30)$$

$$V_{\text{concreto}} = 0.140 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Obteniendo así, la siguiente tabla:

**Tabla N°6.19** Volumen de Concreto por  $\text{m}^2$  de Losa Aligerada Bidireccional Convencional.

H losa (cm)	Volumen de Techo			Volumen de Ladrillo			Cantidad de Ladrillo (Und/ $\text{m}^2$ )	Volumen de Concreto ( $\text{m}^3/\text{m}^2$ )
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)		
17	1.00	1.00	0.17	0.30	0.30	0.12	7.11	0.093
20	1.00	1.00	0.20	0.30	0.30	0.15	7.11	0.104
25	1.00	1.00	0.25	0.30	0.30	0.20	7.11	0.122
30	1.00	1.00	0.30	0.30	0.30	0.25	7.11	0.140

### b) Volumen de Concreto por $\text{m}^2$ de Losa Aligerada Bidireccional Alitec

Para ello se utilizará la siguiente ecuación:

$$V_{\text{concreto}} = V_{\text{techo}} - V_{\text{bovedilla}} - V_{\text{patín}} - V_{\text{band. estru. ranurada}}$$

Donde:

$$V_{\text{concreto}} = \text{Volumen de Concreto (m}^3/\text{m}^2)$$

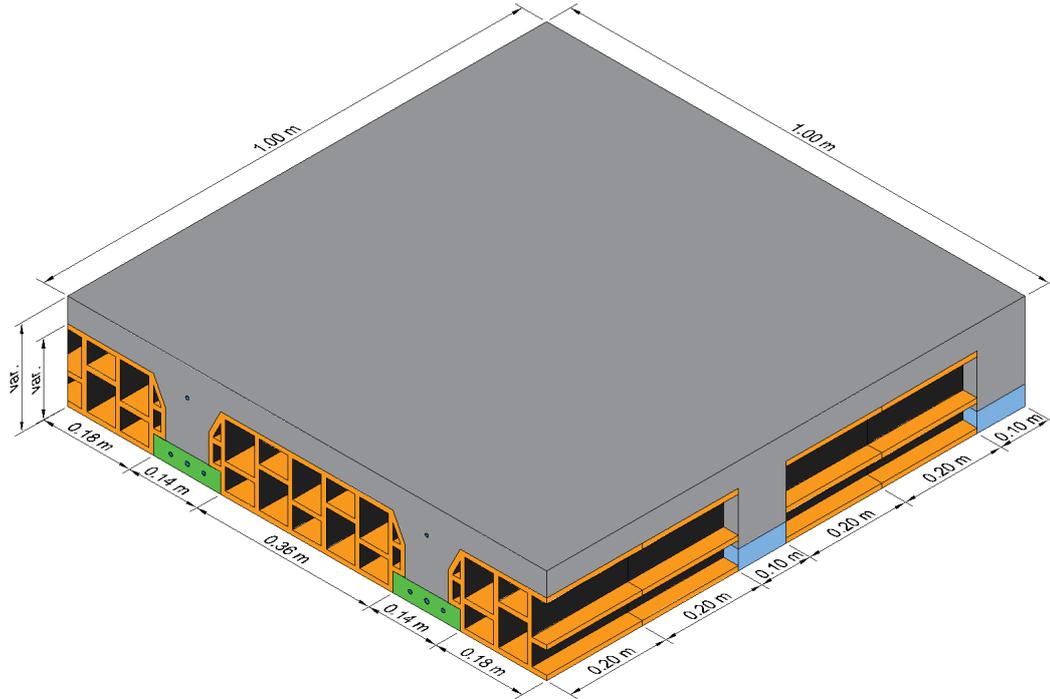
$$V_{\text{techo}} = 1 * 1 * h_{\text{losa}} = \text{Volumen de Techo (m}^3/\text{m}^2)$$

$$V_{\text{bovedilla}} = \text{Cant. bovedillas} * \text{Area}_{\text{trans.}} * 0.20 = \text{Volumen de la Bovedila (m}^3/\text{m}^2)$$

$$V_{\text{patín}} = 2 * 0.14 * 0.04 * 1 = \text{Volumen del patín de la vigueta Alitec (m}^3/\text{m}^2)$$

$$V_{\text{band. estru. ranurada}} = 4 * 0.018 * 0.10 = \text{Vol. de band. estru. ranurada (m}^3/\text{m}^2)$$

Analizando para  $1 \text{ m}^2$  de losa aligerada bidireccional Alitec, se tiene:



**Figura N°6.15** Losa Aligerada Bidireccional del Sistema Prefabricado Alitec.

Para un peralte de  $h = 0.17 \text{ m}$ :

$$V_{\text{concreto}} = 0.17 - (8 * 0.046 * 0.20) - (2 * 0.14 * 0.04 * 1) - (4 * 0.018 * 0.10)$$

$$V_{\text{concreto}} = 0.078 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Para un peralte de  $h = 0.20 \text{ m}$ :

$$V_{\text{concreto}} = 0.20 - (8 * 0.0583 * 0.20) - (2 * 0.14 * 0.04 * 1) - (4 * 0.018 * 0.10)$$

$$V_{\text{concreto}} = 0.088 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Para un peralte de  $h = 0.25 \text{ m}$ :

$$V_{\text{concreto}} = 0.25 - (8 * 0.0788 * 0.20) - (2 * 0.14 * 0.04 * 1) - (4 * 0.018 * 0.10)$$

$$V_{\text{concreto}} = 0.105 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Para un peralte de  $h = 0.30 \text{ m}$ :

$$V_{\text{concreto}} = 0.30 - (8 * 0.0993 * 0.20) - (2 * 0.14 * 0.04 * 1) - (4 * 0.018 * 0.10)$$

$$V_{\text{concreto}} = 0.123 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Obteniendo así, la siguiente tabla:

**Tabla N°6.20** Volumen de Concreto por  $m^2$  de Losa Aligerada Bidireccional Alitec.

H losa (cm)	Volumen de Techo			Volumen de Bovedilla			Volumen del patín de la Vigueta Alitec				Volumen de Bandeja Estructural Ranurada			Volumen de Concreto ( $m^3/m^2$ )
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Sección Transversal ( $m^2$ )	Ancho (m)	Cant. de Bovedillas (Und)	Base (m)	Altura (m)	Longitud (m)	Cant. de Viguetas (Und)	Sección Transversal ( $m^2$ )	Ancho (m)	Cant. de Bandejas (Und)	
17	1.00	1.00	0.17	0.0460	0.20	8.00	0.14	0.04	1.00	2.00	0.018	0.10	4.00	0.078
20	1.00	1.00	0.20	0.0583	0.20	8.00	0.14	0.04	1.00	2.00	0.018	0.10	4.00	0.088
25	1.00	1.00	0.25	0.0788	0.20	8.00	0.14	0.04	1.00	2.00	0.018	0.10	4.00	0.105
30	1.00	1.00	0.30	0.0993	0.20	8.00	0.14	0.04	1.00	2.00	0.018	0.10	4.00	0.123

6.1.2.3 Cantidad de Acero Utilizado

Tabla N°6.21 Cantidad de Acero Utilizado, en la Losa Aligerada Bidireccional de cada Sistema.

Consumo de Acero para una Losa Aligerada Bidireccional Convencional de 7.20 m x 6.50 m														
Acero en Losa Aligerada		Forma de Elemento	Diámetro (in)	Número de Piezas por Elemento (Und)	Longitud por Pieza (ml)	Longitud Total (ml)	Peso de Acero de Refuerzo (kg/ml)			Cantidad de Acero				
Tipo	Descripción						3/8"	1/2"	5/8"	Parcial (kg)	Desperdicio del 5%	Parcial (kg)		
Convencional	Dirección "X"	Acero Negativo		1/2"	32.00	1.83	58.56	---	0.99	---	57.97	2.90		
				1/2"	32.00	1.63	52.16	---	0.99	---	51.64	2.58		
		Acero Positivo		3/8"	16.00	5.20	83.20	0.56	---	---	46.59	2.33		
				3/8"	16.00	7.45	119.20	0.56	---	---	66.75	3.34		<b>234.10</b>
	Dirección "Y"	Acero Negativo		3/8"	18.00	1.45	26.10	0.56	---	---	14.62	0.73		
				1/2"	18.00	1.83	32.94	---	0.99	---	32.61	1.63		
				1/2"	18.00	1.63	29.34	---	0.99	---	29.05	1.45		
		Acero Positivo		3/8"	18.00	4.90	88.20	0.56	---	---	49.39	2.47		
				3/8"	18.00	7.03	126.54	0.56	---	---	70.86	3.54		<b>206.35</b>
<b>Acero Total Convencional (kg)</b>												<b>440.45</b>		

Consumo de Acero para una Losa Aligerada Bidireccional Alitec de 7.20 m x 6.50 m															
Acero en Losa Aligerada		Forma de Elemento	Diámetro (in)	Número de Piezas por Elemento (Und)	Longitud por Pieza (ml)	Longitud Total (ml)	Peso de Acero de Refuerzo (kg/ml)					Cantidad de Acero			
Tipo	Descripción						3/8"	1/2"	5/8"	7.5 mm	tralicho	Parcial (kg)	Desperdicio del 5%	Parcial (kg)	
Alitec	Dirección "X"	Acero Negativo		1/2"	13.00	1.83	23.79	---	0.99	---	---	---	23.55	1.18	
				1/2"	13.00	1.63	21.19	---	0.99	---	---	20.98	1.05		
				5/8"	13.00	1.63	21.19	---	---	1.55	---	---	32.84	1.64	
		Acero Positivo		7.5 mm	13.00	5.20	67.60	---	---	---	0.33	---	22.24	---	
				7.5 mm	13.00	7.36	95.68	---	---	---	0.33	---	31.48	---	
				tralicho	13.00	7.36	95.68	---	---	---	---	1.11	106.20	---	
	Dirección "Y"	Acero Negativo		3/8"	14.00	1.45	20.30	0.56	---	---	---	---	11.37	0.57	
				1/2"	14.00	1.83	25.62	---	0.99	---	---	---	25.36	1.27	
				1/2"	14.00	1.63	22.82	---	0.99	---	---	---	22.59	1.13	
		Acero Positivo		3/8"	14.00	4.90	68.60	0.56	---	---	---	---	38.42	1.92	
	3/8"		14.00	7.03	98.42	0.56	---	---	---	---	55.12	2.76	<b>160.50</b>		
<b>Acero Total Alitec (kg)</b>												<b>401.67</b>			

(Nota: El Acero Positivo ya viene embebido en las viguetas Alitec, por ello no se toma en cuenta en Obra)

**Tabla N°6.22** Cuadro Resumen de Cantidades de Acero Utilizado, en la Losa Aligerada Bidireccional para cada Sistema.

Consumo de Acero en Obra para una Losa Aligerada Bidireccional de 7.20 m x 6.50 m			
Tipo	Dirección de Viguetas	Cantidad de Acero	
		Parcial (kg)	Total (kg)
Convencional	"X"	234.10	
	"Y"	206.35	440.45
Alitec	"X"	241.17	
	"Y"	160.50	401.67
<b>Ahorro de Acero (kg)</b>		<b>38.78</b>	
<b>Porcentaje (%)</b>		<b>8.80</b>	

Finalmente, de las cantidades obtenidas, para las losas aligeradas en una y dos direcciones, se tiene la siguiente tabla resumen:

**Tabla N°6.23** Cuadro Resumen de Porcentajes Ahorrados de Encofrado, Concreto y Acero Utilizados en cada Sistema.

Losa Aligerada	Partida	Cantidad en el Sistema Convencional	Cantidad en el Sistema Alitec	Porcentaje Ahorrado (%)
<b>Unidireccional</b> (4.50 m x 4.00 m)	Encofrado	634.03 $pi^2$	337.99 $pi^2$	46.69
	Concreto	1.655 $m^3$	1.572 $m^3$	5.02
	Acero	90.29 kg	89.67 kg	0.69
<b>Bidireccional</b> (7.20 m x 6.50 m)	Encofrado	1,999.67 $pi^2$	948.71 $pi^2$	52.56
	Concreto	5.111 $m^3$	5.196 $m^3$	-1.67
	Acero	440.45 kg	401.67 kg	8.80

## 6.2 COMPARACIÓN DE PESOS POR METRO CUADRADO, ENTRE EL SISTEMA CONVENCIONAL Y EL SISTEMA PREFABRICADO ALITEC

### 6.2.1 Peso del Concreto

$$W_{concreto} = \frac{(V_{concreto})(\gamma_{concreto})}{A_{losa}}$$

Donde:

$W_{concreto}$  = Peso del Concreto por Metro Cuadrado ( $kg/m^2$ )

$V_{concreto}$  = Volumen de Concreto ( $m^3$ )

$\gamma_{concreto}$  = Peso Específico de Concreto ( $kg/m^3$ )

$A_{losa}$  = Área de Losa Aligerada ( $m^2$ )

De la losa aligerada unidireccional de  $4.50\ m \times 4.00\ m$  y de la *Tabla N°6.6*, se tiene:

Para el Sistema Convencional:

$$W_{concreto} = \frac{(1.655\ m^3)(2400\ kg/m^3)}{(4.50\ m)(4.00\ m)}$$
$$W_{concreto} = 220.67\ kg/m^2$$

Para el Sistema Alitec:

$$W'_{concreto} = \frac{(1.572\ m^3)(2400\ kg/m^3)}{(4.50\ m)(4.00\ m)}$$
$$W'_{concreto} = 209.60\ kg/m^2$$

De la losa aligerada bidireccional de  $7.20\ m \times 6.50\ m$  y de la *Tabla N°6.17*, se tiene:

Para el Sistema Convencional:

$$W_{concreto} = \frac{(5.111\ m^3)(2400\ kg/m^3)}{(7.20\ m)(6.50\ m)}$$
$$W_{concreto} = 262.10\ kg/m^2$$

Para el Sistema Alitec:

$$W'_{concreto} = \frac{(5.196\ m^3)(2400\ kg/m^3)}{(7.20\ m)(6.50\ m)}$$
$$W'_{concreto} = 266.46\ kg/m^2$$

### 6.2.2 Peso del Ladrillo

$$W_{ladrillo} = (Cant_{ladrillo})(PU_{ladrillo})$$

Donde:

$$W_{ladrillo} = \text{Peso del Ladrillo por Metro Cuadrado (kg/m}^2\text{)}$$

$$Cant_{ladrillo} = \text{Cantidad de Ladrillos por Metro Cuadrado (Und/m}^2\text{)}$$

$$PU_{ladrillo} = \text{Peso Unitario del Ladrillo (kg)}$$

De la losa aligerada unidireccional de  $4.50\text{ m} \times 4.00\text{ m}$ , de la ficha técnica del ladrillo (**Ver Anexo 10**), de la *Tabla N°6.8* y de la *Tabla N°6.9* se tiene:

Para el Sistema Convencional:

$$W_{ladrillo} = (8.33\text{ Und/m}^2)(7.80\text{ kg})$$

$$W_{ladrillo} = 64.97\text{ kg/m}^2$$

Para el Sistema Alitec:

$$W'_{ladrillo} = (10\text{ Und/m}^2)(7.50\text{ kg})$$

$$W'_{ladrillo} = 75\text{ kg/m}^2$$

De la losa aligerada bidireccional de  $7.20\text{ m} \times 6.50\text{ m}$ , de la ficha técnica del ladrillo (**Ver Anexo 10**), de la *Tabla N°6.19* y *Tabla N°6.20* se tiene:

Para el Sistema Convencional:

$$W_{ladrillo} = (7.11\text{ Und/m}^2)(7.80\text{ kg})$$

$$W_{ladrillo} = 55.46\text{ kg/m}^2$$

Para el Sistema Alitec:

$$W'_{ladrillo} = (8\text{ Und/m}^2)(7.50\text{ kg})$$

$$W'_{ladrillo} = 60\text{ kg/m}^2$$

### 6.2.3 Peso del Acero

$$W_{\text{acero}} = \frac{P_{\text{acero}}}{A_{\text{losa}}}$$

Donde:

$W_{\text{acero}}$  = Peso del Acero por Metro Cuadrado ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

$P_{\text{acero}}$  = Peso del Acero ( $\text{kg}$ )

$A_{\text{losa}}$  = Área de Losa Aligerada ( $\text{m}^2$ )

De la losa aligerada unidireccional de  $4.50 \text{ m} \times 4.00 \text{ m}$  y de la *Tabla N°6.10* se tiene:

Para el Sistema Convencional:

$$W_{\text{acero}} = \frac{90.18 \text{ kg}}{(4.50 \text{ m})(4.00 \text{ m})}$$

$$W_{\text{acero}} = 5.01 \text{ kg}/\text{m}^2$$

Para el Sistema Alitec:

$$W'_{\text{acero}} = \frac{95.12 \text{ kg}}{(4.50 \text{ m})(4.00 \text{ m})}$$

$$W'_{\text{acero}} = 5.28 \text{ kg}/\text{m}^2$$

De la losa aligerada bidireccional de  $7.20 \text{ m} \times 6.50 \text{ m}$  y de la *Tabla N°6.21* se tiene:

Para el Sistema Convencional:

$$W_{\text{acero}} = \frac{439.89 \text{ kg}}{(7.20 \text{ m})(6.50 \text{ m})}$$

$$W_{\text{acero}} = 9.40 \text{ kg}/\text{m}^2$$

Para el Sistema Alitec:

$$W'_{\text{acero}} = \frac{415.40 \text{ kg}}{(7.20 \text{ m})(6.50 \text{ m})}$$

$$W'_{\text{acero}} = 8.88 \text{ kg}/\text{m}^2$$

Finalmente se agruparán los valores de pesos por metro cuadrado ( $kg/m^2$ ), obteniendo las siguientes tablas:

**Tabla N°6.24** Resumen de Pesos por  $m^2$  en Losa Aligerada Unidireccional de 4.50 m x 4.00 m.

Tipo de Sistema	Material	Peso ( $kg/m^2$ )	Total ( $kg/m^2$ )
<b>Convencional</b>	Concreto	220.67	<b>290.65</b>
	Ladrillo	64.97	
	Acero	5.01	
<b>Alitec</b>	Concreto	209.60	<b>289.88</b>
	Ladrillo	75.00	
	Acero	5.28	

**Tabla N°6.25** Resumen de Pesos por  $m^2$  en Losa Aligerada Bidireccional de 7.20 m x 6.50 m.

Tipo de Sistema	Material	Peso ( $kg/m^2$ )	Total ( $kg/m^2$ )
<b>Convencional</b>	Concreto	262.10	<b>326.96</b>
	Ladrillo	55.46	
	Acero	9.40	
<b>Alitec</b>	Concreto	266.46	<b>335.34</b>
	Ladrillo	60.00	
	Acero	8.88	

De la *Tabla N°6.24* y de la *Tabla N°6.25*, se tiene la siguiente tabla resumen:

**Tabla N°6.26** Cuadro Resumen de Pesos por Metro Cuadrado, en cada Sistema.

Losa Aligerada	Tipo de Sistema	Peso Total ( $kg/m^2$ )	Diferencia ( $kg/m^2$ )	Porcentaje (%)
<b>Unidireccional (4.50 m x 4.00 m)</b>	Convencional	290.65	0.77	<b>0.27</b>
	Alitec	289.88		
<b>Bidireccional (7.20 m x 6.50 m)</b>	Convencional	326.96	-8.38	<b>-2.56</b>
	Alitec	335.34		

## **6.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA CONVENCIONAL Y EL SISTEMA PREFABRICADO ALITEC**

### **6.3.1 Sistema Convencional**

#### **Ventajas**

- El sistema de losas aligeradas convencionales, es el más conocido por la mayoría de trabajadores del sector de la construcción, por lo cual no requiere de una charla adicional sobre el montaje del sistema, como sí lo necesita el sistema prefabricado Alitec.
- La adquisición de los materiales para la construcción de una losa aligerada convencional, resulta generalmente más fácil de conseguir en cambio en el sistema prefabricado los materiales poseen medidas y características específicas lo cual hace que solo el proveedor de dicho sistema nos venda.
- Las losas aligeradas al estar hechas de concreto armado tienen una alta durabilidad.
- El mantenimiento que se le hace es casi nulo o mínimo.
- Es resistente al fuego, es impermeable, aislante térmico y también aislante acústico.

#### **Desventajas**

- Para la colocación de los puntos de luz, se debe picar el ladrillo de techo, luego colocar la caja octogonal y fijarlas con un mortero, lo cual genera pérdida de tiempo y el acabado muchas veces no es el adecuado, debido a que las cajas octogonales quedan torcidas; en cambio en el sistema Alitec, se utilizan las bandejas eléctricas la cuales ya tienen la caja octogonal embebida.
- Para la colocación de las instalaciones sanitarias, se debe romper el ladrillo de techo para el paso de las tuberías de desagüe, generando mucho desperdicio; en cambio en el sistema Alitec, se utiliza las bandejas sanitarias.
- La excesiva utilización de madera para el encofrado de la losa.

### 6.3.2 Sistema Prefabricado Alitec

#### Ventajas

- La utilización de mano de obra es menor y solamente se requiere para la colocación de los elementos prefabricados.
- Se tiene una mayor limpieza en toda la obra ya que como los elementos ya están prefabricados, se tiene un lugar específico para almacenarlos para luego ser se llevados a donde se colocarán.
- El elemento prefabricado cualquiera que sea, tiene un acabado uniforme dándole una apariencia agradable.
- Se requiere un menor mantenimiento del elemento prefabricado porque su utilización es inmediata o a los pocos días.
- Los elementos al ser prefabricados ya se tienen considerado la resistencia que se requiere.
- Las viguetas Alitec cuentan con aceros de refuerzo diagonales (soldados en zigzag) unidos a un acero de refuerzo superior, que le confieren a la vigueta una mayor rigidez, en consecuencia, tendrá un mejor comportamiento a las deflexiones, produciéndose menores deformaciones que en el sistema tradicional.
- Para el caso de la losa aligerada en dos direcciones, al usar el sistema Alitec se obtiene un correcto alineamiento de las viguetas tanto en la dirección de las viguetas Alitec (debido a la unión que existe entre el patín de concreto y las orejas de las bovedillas), como en la dirección perpendicular de las viguetas convencionales (gracias a que tienen como base, las bandejas estructurales ranuradas del sistema Alitec).
- Al encajar perfectamente las bovedillas con las viguetas, no cabe la posibilidad de desplazamientos de estas durante el vaciado, sobre todo si el vaciado de concreto es realizado con bomba.

- Los aceros positivos de las viguetas Alitec están en el lugar que les corresponden, no existiendo posibilidad de desplazamiento al momento del vaciado (en el sistema convencional, ocurre frecuentemente que el acero positivo al momento del vaciado se desliza sobre el dado del concreto y cae sobre el encofrado, dejando de trabajar correctamente y siendo afectado por los agentes externos como la corrosión; Estos percances no ocurren con la vigueta prefabricada Alitec porque no solamente se evita el desplazamiento de los aceros positivos sino que además, al estar estos embebidos en un concreto mejor dosificado ( $280 \text{ Kg/cm}^2$ ), les confiere una mejor protección contra los agentes externos.
- Los aceros negativos al estar apoyados sobre el acero superior de la vigueta anulan la posibilidad que este se desplace hacia abajo en el momento del vaciado.
- La losa se hace más liviana debido a que hay una reducción del peso propio, ya que la distancia entre viguetas es de  $50 \text{ cm}$ , habiendo una mayor cantidad de Bovedillas y menor cantidad de viguetas.

### **Desventajas**

- Para el montaje o instalación de los diferentes elementos prefabricados del sistema Alitec, es importante tener a la gente adecuada (personal de trabajo que ya haya recibido la charla técnica sobre el montaje del sistema prefabricado Alitec) ya que si no se hace de la forma correcta puede haber problemas con los elementos o su colocación.
- Si hubiera un cambio de último momento en las luces o sentido de las viguetas se tendría que esperar de 3 a 4 días para su fabricación y posterior entrega a la obra.

## CONCLUSIONES

- Del capítulo III se puede concluir lo práctico y sencillo que es el procedimiento, para la conversión de una losa aligerada unidireccional convencional al sistema prefabricado Alitec, gracias a las tablas de la empresa Italconcreto, para generar el modelo matemático con sus respectivas combinaciones de carga y posteriormente con los momentos resultantes obtenidos, poder determinar el refuerzo de acero que llevaría la vigueta.
- Del capítulo IV se puede concluir que el montaje o instalación, del sistema prefabricado Alitec (colocación de las viguetas, bovedillas, bandejas eléctricas y sanitarias), resulta ser práctico y reiterativo.
- Del capítulo V se puede concluir que la conversión al sistema Alitec de una losa bidireccional, resulta práctica por la relación que existe entre sus cargas y sus luces elevado a la cuarta, porque con este método se obtienen las sobrecargas (CV y CM) en las dos direcciones de la losa bidireccional, permitiendo analizar la losa en cada dirección como si fuera un sistema simplemente apoyado; y de los momentos obtenidos se determinará el acero de refuerzo para la vigueta en cada dirección.

Para la losa unidireccional de  $4.50\text{ m} \times 4.00\text{ m}$ , se puede concluir:

- ❖ El porcentaje ahorrado en encofrado, es de un 46.69% y esto es debido prácticamente, a la no utilización de tablonos para el apoyo de los ladrillos, ya que en el sistema prefabricado Alitec las bovedillas se apoyan en el patín de la vigueta Alitec.
- ❖ El porcentaje ahorrado en concreto, es de un 5.02% y esto es debido, a que las viguetas Alitec están espaciadas entre sí,  $50\text{ cm}$  y por consiguiente hay una menor cantidad de viguetas; así también por las bovedillas, ya que estas al ser más largas ocupan un mayor volumen en la losa aligerada.
- ❖ El porcentaje ahorrado en acero, es de un 0.69% y esto es debido a una menor cantidad de viguetas.

Para la losa bidireccional de  $7.20\text{ m} \times 6.50\text{ m}$ , se puede concluir:

- ❖ El porcentaje ahorrado en encofrado, es de un 52.56% y esto es debido prácticamente, a la no utilización de tablonos (o paneles) para el fondo de losa, ya que en el sistema bidireccional prefabricado Alitec tanto las bovedillas como las bandejas estructurales ranuradas, se apoyan en el patín de la vigueta Alitec.
- ❖ El porcentaje ahorrado en concreto, dio un valor negativo de  $-1.67\%$  y esto indicará que el concreto total utilizado en el sistema prefabricado Alitec, es mayor que el utilizado en el sistema convencional.
- ❖ El porcentaje ahorrado en acero, es de un 8.80% y esto es debido a una menor cantidad de viguetas.
- Se puede concluir que una losa aligerada unidireccional en el sistema convencional es  $0.77\text{ kg/m}^2$  ó 0.27% más pesado que en el sistema prefabricado Alitec.
- De forma similar se concluye que una losa aligerada bidireccional en el sistema convencional es  $8.38\text{ kg/m}^2$  ó 2.56% más ligero que en el sistema prefabricado Alitec.

## RECOMENDACIONES

- Con respecto a la manipulación, se debe tener en cuenta que para viguetas de longitudes menores a 3.5 m pueden ser acarreadas desde los extremos, pero para viguetas de longitudes mayores a 3.5 m deben ser sostenidas a 60 cm de sus extremos con el fin de evitar movimientos ondulatorios bruscos, los cuales podrían generar fisuras en el patín de concreto y/o deformaciones permanentes en el acero superior del tralicho.
- Para el almacenado de las viguetas Alitec (en varios niveles), se recomienda colocarlas sobre un terreno nivelado, así también se deberá colocar cuartones de madera cada 2 m debiendo estar verticalmente alineadas con los cuartones superiores del siguiente nivel de viguetas.
- Para el izado de las viguetas Alitec (hasta el nivel deseado), se recomienda transportarlas manualmente si la edificación tuviera 1 ó 2 niveles, para edificaciones de más niveles se recomienda la utilización de winches eléctricos de construcción o poleas; para obras de gran envergadura se recomienda utilizar ascensores o grúas para el izaje de las viguetas.
- Con respecto a la instalación o montaje del sistema Alitec (en obra), se recomienda solicitar a la empresa ITALCONCRETO SAC que brinde una charla técnica de la correcta lectura de los planos de montaje, así como de la correcta instalación de los elementos que conforman el sistema Alitec (viguetas, bovedillas, bandejas eléctricas, bandejas sanitarias, entre otros).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### LIBROS Y ARTÍCULOS

- [1] Bozzo, M. (2da Edición). (2008). Industrialización y Construcción de Estructuras de Grandes Luces. Lima, Perú: Fondo Editorial ICG.
- [2] Blanco, A. (2da Edición). (1994). Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado. Lima, Perú: Consejo Departamental de Lima CDL.
- [3] García, Gladys. (2012). Resumen Ejecutivo de Ensayos de Flexión en Losas Alitec (INF-LE's - PUCP 141.12 y 133.98). Lima.
- [4] Giraldo, O. (2003). Estructuras de Hormigón 2. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- [5] ITALCONCRETO SAC. (2013). Memoria de Cálculo Vivienda Multifamiliar Residencial Neptuno ALITEC-2013-MC-RES. NEPTUNO-001-1. Lima.
- [6] López, A. (julio 2014). Hacia una Construcción Industrializada y Sustentable con Prefabricados de Concreto. Revista Construcción y Tecnología en Concreto. Volumen 4 (Número 4), p. 27.
- [7] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2013). Resolución Ministerial N° 026-2013-Vivienda. 01 de febrero.
- [8] Paredes, L. (febrero 2018). Piezas Tecnológicas que Optimizan la Construcción. Revista Perú Construye, (Número 51), p. 80-81.
- [9] Villanueva, G. (5ta Edición). (2009). Manual de Diseño Sistema de Losas Aligeradas Prefabricadas Alitec. Lima, Perú.

### TESIS E INFORMES DE INGENIERÍA

- [10] Asto, J. (2014). Sistema de Losas Prefabricadas (Prelosas) como Mejora en el Proceso Constructivo del Edificio de Oficinas Link Tower (Informe de Suficiencia). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

- [11] Chávez, H. (2011). Análisis Comparativo de Sistemas y Tecnologías Aplicadas a La Construcción de Losas de Estacionamiento (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- [12] Díaz, G. (2008). Análisis Comparativo de Sistemas y Tecnologías Aplicadas a la Construcción de Losas Aligeradas (Informe de Suficiencia). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- [13] Gutiérrez, A. (2009). Análisis Comparativo del Proceso Constructivo de Losas Aligeradas Utilizando Viguetas Prefabricadas Firth, Viguetas Armadas Todocemento y Viguetas Vaciadas en Obra (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- [14] Vivas, W. (2002). Sistemas Prefabricados para Losas Aligeradas (Informe de Suficiencia). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

#### **PÁGINAS WEB**

- [15] Muhammad Abbas. (18 de abril del 2016). Quora: ¿Cuáles son los 16 tipos diferentes de losas en construcción?. [Blog]. Recuperado de <https://www.quora.com/What-are-the-16-different-types-of-slabs-in-construction>.

# ANEXOS

**ANEXO 01:**  
**Resolución Ministerial N° 026-2013-VIVIENDA**



## Resolución Ministerial

Nº 026 -2013- VIVIENDA

Lima, 01 de febrero de 2013.

### VISTOS:

El Informe Técnico Nº 03-2012-VIVIENDA-SENCICO 09.02, el Acta XII de la Comisión de Evaluación Técnica de Sistemas Constructivos no Convencionales de SENCICO, el Oficio Nº 128-2012-VIVIENDA/SENCICO-02.00 e Informes Nº 85-2012-VIVIENDA-VMCS/DNC-DEN y Nº 154-2012-VIVIENDA-VMCS/DNC, y;

### CONSIDERANDO:

Que, según se desprende del Decreto Supremo Nº 010-71-VI, las personas naturales y jurídicas que posean o presenten sistemas de prefabricación de viviendas y los de construcción no convencional cualquiera sea su naturaleza, deberán obtener previamente a su utilización, en cualquier lugar del país, la aprobación y autorización del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - MVCS;

Que, mediante Decreto Legislativo Nº 145, Ley del Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda (ININVI), modificado por el Decreto Legislativo Nº 582, se dispuso en el artículo 7 literal c) que corresponde al ININVI proponer para su aprobación por el Ministerio de Vivienda y Construcción, la utilización de sistemas de construcción no convencionales;

Que, con fecha 19 de junio de 1995, se publicó el Decreto Supremo Nº 08-95-MTC, en el cual se dispuso la fusión del ININVI al SENCICO, estableciéndose que a partir de la vigencia de la norma mencionada, el SENCICO asumía entre otras las funciones del ININVI;

Que, de conformidad con la Ley Nº 27792, Ley de Organización y Funciones del MVCS, el SENCICO, es un Organismo Público adscrito al MVCS, cuyo funcionamiento está regulado por su Ley de Organización y Funciones aprobado por el Decreto Legislativo Nº 147; por su Estatuto aprobado por Decreto Supremo Nº 032-2001-MTC y su Reglamento de Organización y Funciones aprobado por Resolución del Presidente del Consejo Directivo Nacional Nº 017-2001-02.00;

Que, de acuerdo al Reglamento para la Aprobación de Utilización de Sistemas Constructivos No Convencionales, aprobado por el Consejo Directivo Nacional de SENCICO en Sesión 948 del 28 de noviembre de 2007, esa entidad a través de la Gerencia de Investigación y Normalización debe emitir el informe favorable proponiendo al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento la aprobación de los sistemas constructivos no convencionales;

Que, conforme a la normativa citada, la empresa ITAL CONCRETO S.A.C, presentó a SENCICO la solicitud de aprobación del sistema constructivo no convencional denominado "SISTEMA DE LOSAS ALIGERADAS ALITEC";



Que, de la revisión del expediente correspondiente a la solicitud de aprobación del sistema constructivo no convencional denominado "SISTEMA DE LOSAS ALIGERADAS ALITEC" presentado por la empresa ITAL CONCRETO S.A.C., se advierte que cuenta con la opinión técnica favorable emitida por el SENCICO, de acuerdo al Informe Técnico N°03-2012-VIVIENDA-SENCICO 09.02 y el Acta XII de la Comisión de Evaluación Técnica de Sistemas Constructivos No Convencionales, así como los Informes N° 154-2012-VIVIENDA-VMCS/DNC, N° 030-2012-VIVIENDA-VMCS/DNC-JMG y N° 85-2012-VIVIENDA-VMCS/DNC-DEN emitidos por la Dirección Nacional de Construcción del MVCS, teniendo en consideración las limitaciones contenidas en la Memoria Descriptiva correspondiente;



Que, habiéndose cumplido con las disposiciones técnicas de la materia, resulta procedente aprobar el sistema constructivo no convencional denominado "SISTEMA DE LOSAS ALIGERADAS ALITEC", presentado por la empresa ITAL CONCRETO S.A.C. con una vigencia de aprobación de diez (10) años;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley No. 27792, Ley de Organización y Funciones del MVCS, el Decreto Supremo No. 002-2002-VIVIENDA, Reglamento de Organización y Funciones del MVCS, el Decreto Supremo N° 010-71-VI, Decreto Supremo N° 08-95-MTC, que dispone la fusión del ININVI al SENCICO.

**SE RESUELVE:**

**Artículo 1.- Aprobación del Sistema Constructivo No Convencional**

Aprobar el Sistema Constructivo No Convencional denominado "SISTEMA DE LOSAS ALIGERADAS ALITEC", presentado por la empresa ITAL CONCRETO S.A.C; conforme a la Memoria Descriptiva que forma parte integrante de la presente Resolución, con una vigencia de aprobación de diez (10) años desde la fecha de aprobación de la presente.



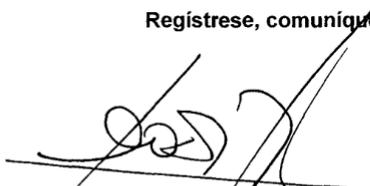
**Artículo 2.- Limitaciones Técnicas**

La utilización del Sistema Constructivo No Convencional "SISTEMA DE LOSAS ALIGERADAS ALITEC", estará limitado a las especificaciones técnicas contenidas en la Memoria Descriptiva del sistema aprobado.

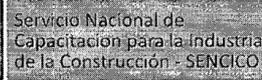
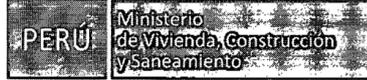
**Artículo 3.- Publicación**

Publíquese la presente Resolución Ministerial en el Diario Oficial El Peruano y el Sistema Constructivo No Convencional denominado "SISTEMA DE LOSAS ALIGERADAS ALITEC", en el Portal Electrónico Institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento ([www.vivienda.gob.pe](http://www.vivienda.gob.pe)) y del Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO ([www.sencico.gob.pe](http://www.sencico.gob.pe)), en ambos casos en la misma fecha de la publicación de la citada Resolución.

**Regístrese, comuníquese y publíquese.**

  
.....  
**RENÉ CORNEJO DÍAZ**  
Ministro de Vivienda,  
Construcción y Saneamiento

**ANEXO 02:**  
**Memoria descriptiva del Sistema Constructivo No  
Convencional “Sistema de Losas Aligeradas Alitec”**



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"  
"Año de la Integración Nacional y el Reconocimiento de Nuestra Diversidad"

## MEMORIA DESCRIPTIVA GENERAL DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO NO CONVENCIONAL "SISTEMA DE LOSAS ALIGERADAS ALITEC"

### Descripción general del Sistema Propuesto.

El Sistema de Losas Aligeradas ALITEC consiste en viguetas parcialmente fabricadas en planta, armadas en una dirección con bloques especiales de arcilla, formando un conjunto monolítico mediante un armado adicional (malla de temperatura y acero negativo) y vaciado del concreto en sitio.

Este sistema puede ser también empleado para entramado de doble sentido y ser utilizado en luces mayores y de mayor sobrecarga, empleando para ello, las bandejas estructurales de concreto armado que son colocadas a cada 2 ladrillos, colocándose sobre ellas los aceros positivos transversales en obra.

Adicionalmente de las viguetas y bovedillas se tiene accesorios tales como las bandejas sanitarias, estructurales y bandejas para uso eléctrico (centros de luz). Estas bandejas son elaboradas con concreto armado. Otro accesorio importante en su uso, son las tapas de tecnopor que ahorran el trabajo de cegado de los ladrillos en obra economizando en el consumo de concreto, mano de obra para el cegado, tiempo y espacio.

### Aplicaciones del sistema



El sistema de losas aligeradas ALITEC ha sido conceptuado para reemplazar las losas aligeradas convencionales ejecutadas en obra; conformadas estas por viguetas de 10 cm. de ancho, espaciadas entre eje a eje 40 cm y de altura de losa variable.

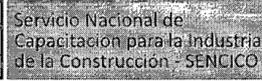
El sistema de losas aligeradas ALITEC, está conformado por viguetas parcialmente prefabricadas en planta, espaciadas de eje a eje una distancia de 50 cm con bovedillas de arcilla. Son diseñadas para alturas de losa de 17, 20, 25 y 30 cm. llegando a cubrir luces de 8 m de largo (losa de H=30) en una o dos direcciones según el diseño estructural.

El diseño estructural de las losas aligeradas ALITEC es similar al diseño de losas aligeradas tradicionales, que a su vez descansa en el diseño de vigas de concreto armado con secciones transversales rectangulares.

El sistema, se diseña para una vigueta continua que viaja por los paños de pisos a cubrir de la estructura; que además de su peso propio, el peso del piso terminado y de la sobrecarga de uso, puede estar exigida por cargas provenientes del peso de los muros de albañilería que se apoyan directamente sobre él.

Av. De La Poesía N° 351  
San Borja Lima 41. Perú  
(511)2116300-1160

031



Quando el muro de tabiquería es perpendicular a la vigueta, la carga se modela como concentrada, cuando es paralelo a la vigueta se coloca una viga chata conformada por una "vigueta doble", es decir se juntan dos viguetas debajo del muro.

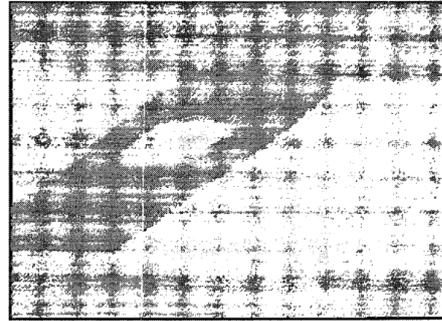
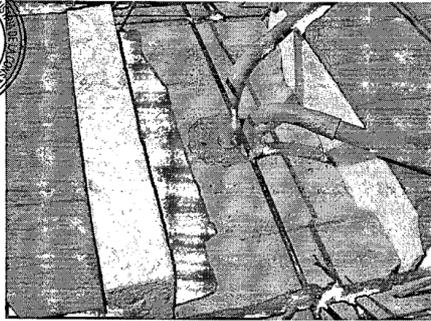
En los diagramas de momentos generados, se analiza la zona de momentos negativos donde la vigueta trabaja como una viga rectangular. La compresión del concreto estará contenida íntegramente en el alma de la sección transversal de la vigueta. En el caso que el bloque de compresión ingrese al ala significará que se debe pasar al siguiente aligerado superior por ser la sección insuficiente para las cargas y luces a cubrir.

En la zona de momento positivo, en la mayoría de los casos, la vigueta también trabaja como rectangular. El bloque de compresión será casi siempre menor que el espesor del ala de 5 cm.

En el diseño por cortante, si el aligerado no puede hacer frente a los esfuerzos originados por las fuerzas cortantes se ejecutan los ensanches. Los ensanches son zonas en la vecindad de los apoyos en los que se retiran las unidades de albañilería y se reemplaza por concreto vaciado en obra, existiendo de dos tipos, corridos y alternos.

### Instalaciones Eléctricas

**Bandejas Eléctricas:** Son elementos de concreto armado semejantes a las bovedillas cuya función es permitir el pase y salida de los puntos de las instalaciones eléctricas. Poseen cajas octogonales embutidas en el concreto. Cumplen la función de salidas de puntos de luz o poseen agujeros para la adición de salidas del tipo iluminación de dicroicos.



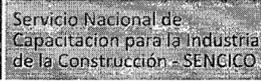
### Instalaciones Sanitarias

Las tuberías de desagüe con sus diámetros de 2" y 4" y pendientes, obligan a suprimir bovedillas en los puntos de salida y reemplazarlas por bandejas sanitarias.

Para el paso de las tuberías no es necesario cortar el acero superior del tralicho, bastará con golpear el acero superior hundiéndolo ligeramente o cortar el

Av. De La Poesía N° 351  
San Borja Lima 41. Perú  
(511)2116300-1160

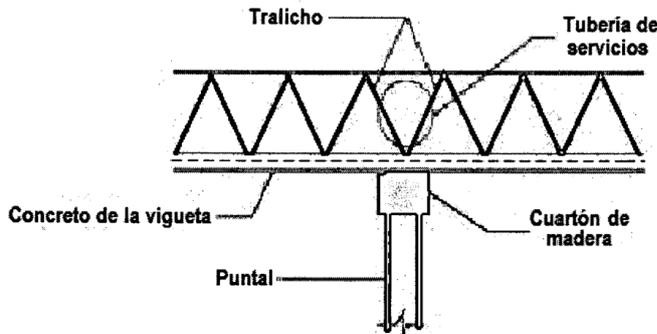
032



alambión en zigzag en longitudes mínimas necesaria para que la tubería de 2" pase por debajo.



No obstante si el corte del refuerzo fuera necesario, se apuntalará debajo de la vigueta correspondiente, luego se procederá a cortarla y reforzarla con una varilla de acero corrugado de  $\varnothing 3/8"$  con una longitud de 60cm o mayor.



No es buena práctica permitir que la tubería 4" de diámetro atraviese cortando a un grupo de viguetas, eliminando el refuerzo superior del tralicho y suprimiendo el concreto en el vaciado. Lo correcto es replantear la dirección de la tubería y ductos.

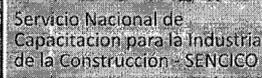
Otro error observado es permitir que la tubería de 2" de diámetro viaje paralelamente dentro de una vigueta, lo correcto es reubicar la tubería usando las bandejas sanitarias a lo largo de su trayectoria

### LIMITACIONES

La luz máxima que se pueden construir con este sistema pueden ser de 8 m, con un peralte de 30 cm, las viguetas dispuestas en dos direcciones y para una

Av. De La Poesía N° 351  
San Borja Lima 41. Perú  
(511)2116300-1160

033



sobrecarga de  $350 \text{ kg/m}^2$ , esto según el cuadro de preseleccionamiento del entepiso (especificaciones técnicas y constructivas del expediente técnico), sin embargo sus dimensiones, disposición y estructuración estaría sujeto a cambios según el análisis estructural correspondiente.

Las viguetas podrían ser dañadas fácilmente si se manipulan en forma inadecuada. Por lo tanto el uso inapropiado del sistema requiere el entrenamiento de los operarios y del personal que los supervisa.



Av. De La Poesía N° 351  
San Borja Lima 41. Perú  
(511)2116300-1160

034

**ANEXO 03:**  
**Ensayos de Flexión en Losa Alitec**  
**(INF-LE's-PUCP 141.12 y133.92)**

LABORATORIO DE  
ESTRUCTURAS  
ANTISÍSMICAS



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

**INFORME DE RESULTADOS**

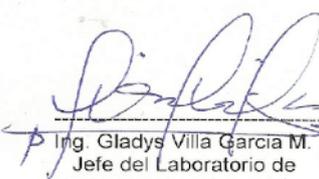
EXPEDIENTE : INF - LE 312.12

SOLICITANTE **ITALCONCRETO S.A.C.**  
Av. Las Torres Mz. E, Lt. 3. Lurigancho, Lima

TÍTULO: **RESUMEN EJECUTIVOS DE ENSAYOS DE FLEXIÓN EN  
LOSAS ALITEC (INF-LE's - PUCP 141.12 y 133.98)**

FECHA 7 de Noviembre del 2012



  
Ing. Gladys Villa García M.  
Jefe del Laboratorio de  
Estructuras Antisísmicas



Av. Universitaria 1801, San Miguel  
Tlf.: 511 6262000 anexo 4640, Fax: 511 6262089  
ledi@pucp.edu.pe / www.pucp.edu.pe

LABORATORIO DE  
ESTRUCTURAS  
ANTISÍSMICAS



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

**ENSAYO DE FLEXIÓN EN SISTEMA DE TECHO ALIGERADO "ALITEC"**

**PROYECTO LE-DI-PUCP 133.98 (del 29-04-1998)**

**NORMAS DE USO / REFERENCIA**

La Prueba de Carga se realizó siguiendo el procedimiento establecido para elementos que trabajan en flexión, indicado en el Capítulo 23 "Evaluación de Estructuras" de la Norma de Concreto Armado, E-060, ININVI (1989), para el doble del valor de la sobrecarga de diseño (Según requerimiento, acordado).

**RESULTADOS**

**Losa 1: (L=5.90m, Lo=5.50m)**

DESCRIPCIÓN		DEFLEXIONES (mm), EN PUNTO N° :		
FASE	CARGA	1	2	3
1	0 Kg/m <sup>2</sup>	0.000	0.000	0.000
2	250 Kg/m <sup>2</sup>	5.078	5.360	5.476
2'	500 Kg/m <sup>2</sup>	10.050	10.388	10.570
3	500 Kg/m <sup>2</sup>	14.436	14.878	14.860
3'	0 Kg/m <sup>2</sup>	7.556	7.912	7.742
4	0 Kg/m <sup>2</sup>	4.978	5.240	5.284

**Losa 2: (L=4.50m, Lo=4.00m)**

DESCRIPCIÓN		DEFLEXIONES (mm), EN PUNTO N° :		
FASE	CARGA	1	2	3
1	0 Kg/m <sup>2</sup>	0.000	0.000	0.000
2	200 Kg/m <sup>2</sup>	0.842	0.940	0.932
2'	400 Kg/m <sup>2</sup>	3.170	3.088	3.016
3	400 Kg/m <sup>2</sup>	4.142	4.294	4.308
3'	0 Kg/m <sup>2</sup>	2.860	2.840	2.806
4	0 Kg/m <sup>2</sup>	2.610	2.454	2.504

**NOTAS**

La deformación máxima alcanzada (para la carga total de prueba de 500Kg/m<sup>2</sup> actuando sobre la Losa 1) es de 14.878mm. Este valor debe ser comparado con la deflexión máxima permisible para este tipo de techos.

La deformación máxima alcanzada (para la carga total de prueba de 400Kg/m<sup>2</sup> actuando sobre la Losa 2) es de 4.308mm. Este valor debe ser comparado con la deflexión máxima permisible para este tipo de techos.



LABORATORIO DE  
ESTRUCTURAS  
ANTISÍSMICAS



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

**ENSAYO DE FLEXIÓN PURA EN LOSAS ALIGERADAS  
SISTEMA "ALITEC"**

**PROYECTO LE-DI – PUCP 141.12 (del 20-06-2012)**

**NORMAS DE ENSAYO / REFERENCIA**

La Prueba de Carga se realizó siguiendo el procedimiento de ensayo normalizado establecido para elementos que trabajan en flexión: ASTM C-78.

Referencialmente, se adoptó el criterio de: "Pruebas de Carga" definidas en el Capítulo 20 "Evaluación de Estructuras" de la Norma de Concreto Armado E-060 y su equivalente en el ACI-318.

**RESULTADOS**

LOSA	$P_{Máx}$ (kN)	Deflexión Máx en $L_0/2$ (mm)	$P_{Fluencia}$ (kN)	Defl. Fluencia (mm)	Deflexión Máx en $L_0/4$ (mm)	Giro en apoyos (rad.)	$\epsilon_{Máx}$ acortamiento (mm/mm)
1 L=6.00m	117.2622	179.6742	88.5076	57.5550	74.9333	0.0525	-0.0038
2 L=4.50m	95.8506	90.4370	77.7281	31.9118	66.9343	0.0630	-0.0043

LOSA	Estado alargamiento (mm/mm)	Mód. Máx (kN-m)	$S_{Máx}$ ( $\times 10^{-5}$ ) (1/cm)	Mód. Fluencia (kN-m)	$S_{Fluencia}$ ( $\times 10^{-5}$ ) (1/cm)	R MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	Pos. E.N. (cm)
1 L=6.00m	0.0078	111.3991	44.6879	82.7215	19.3207	10.0080 (101.997)	14.1457
2 L=4.50m	0.0098	67.8942	54.3046	53.6719	18.3678	6.0980 (62.164)	18.8235

Donde:

- $P_{Máx}$  = Carga máxima alcanzada
- $P_{Fluencia}$  = Carga de fluencia
- $S_{Máx}$  = Deflexión máxima asociada a  $P_{Máx}$
- $S_{Fluencia}$  = Deflexión de fluencia, asociada a  $P_{Fluencia}$
- R = Módulo de Rotura ( $R = M_{Máx} c / I = M_{Fluencia} / S$ ) en los sistemas de unidades indicados
- $\epsilon_{Máx}$  = Deformación unitaria máxima, de alargamiento y de acortamiento, respectivamente
- $\epsilon_{Fluencia}$  = Deformación unitaria máxima, de alargamiento y de acortamiento, respectivamente
- $M_{Máx}$  = Momento flector máximo, asociado a  $P_{Máx}$
- $M_{Fluencia}$  = Momento flector de fluencia, asociado a  $P_{Fluencia}$
- $I_0$  = Momento de Inercia, con respecto al eje centroidal de flexión ( $I_0 = 1\ 113\ 333\ 333\text{mm}^4$ )
- S = Módulo de la Sección Transversal (propiedad geométrica:  $S = I / c = 11\ 133\ 333.33\text{mm}^3$ )
- c = Distancia del eje Centroidal (asumido Neutro) a las fibras extremas (c = 100mm)
- $S_{Máx}$  = Curvatura máxima de la sección central, asociada a  $M_{Máx}$
- $S_{Fluencia}$  = Curvatura de fluencia de la sección central, asociada a  $M_{Fluencia}$
- Prof. Max. E.N. = Profundidad máxima del Eje Neutro, con respecto a la fibra más comprimida, asociada a  $P_{Máx}$ .

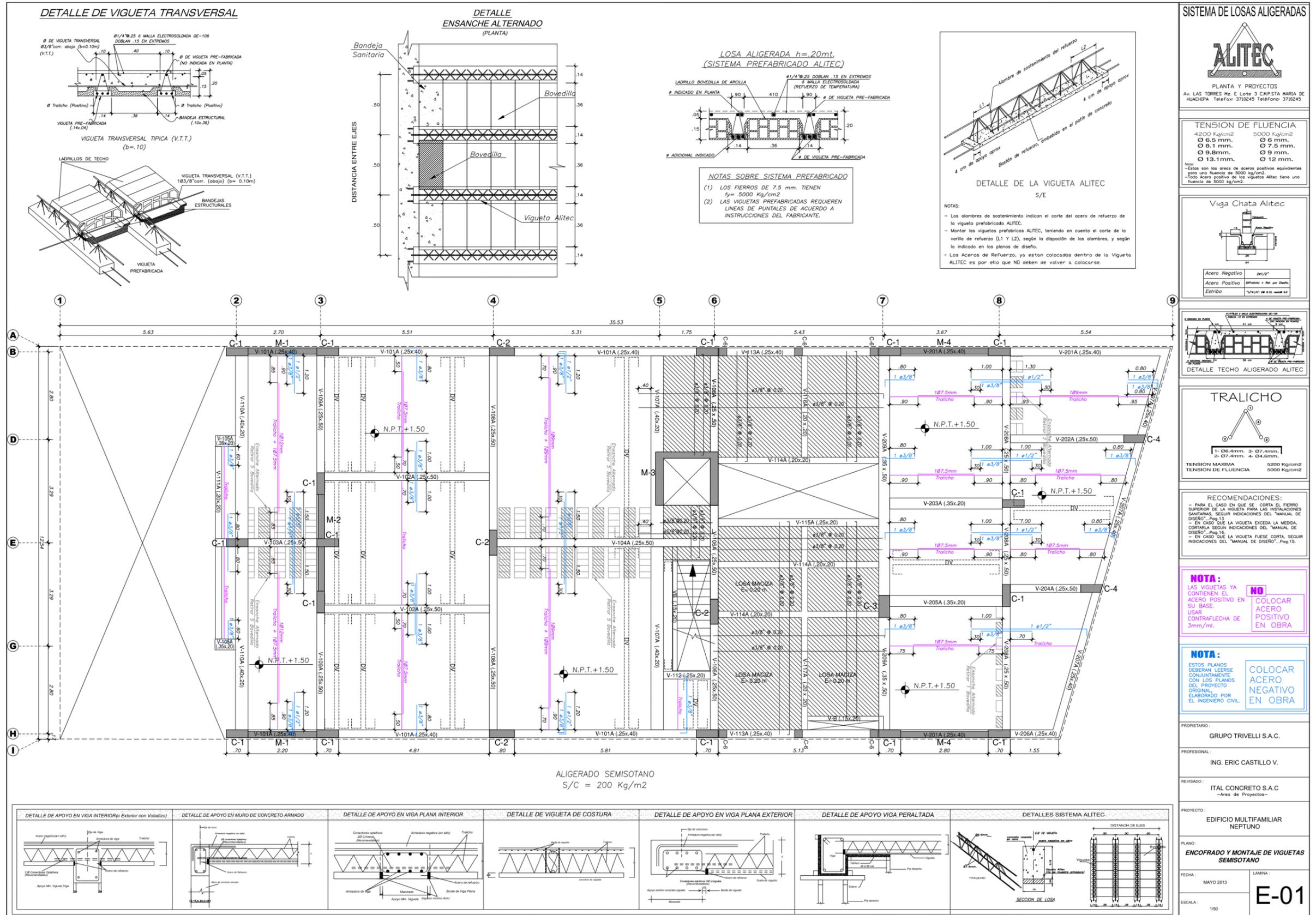
**NOTAS**

La carga distribuida uniforme ( $w$ ) por unidad de longitud y por unidad de área, equivalente a las cargas máximas ( $P_{Máx}$  de cuchilla) aplicadas durante el ensayo de flexión, usando el criterio de igualdad de resistencias (esfuerzos), es:

Para la Losa 1	$w_{Máx} = 2796.1\text{ Kg/m}$	ó	$w_{Máx} = 1674\text{ Kg/m}^2$
Para la Losa 2	$w_{Máx} = 2285.6\text{ Kg/m}$	ó	$w_{Máx} = 1369\text{ Kg/m}^2$



**ANEXO 04:**  
**Planos de Encofrado Alitec**  
**Proyecto: “Vivienda Multifamiliar Neptuno”**



### ALIGERADO SEMISOTANO S/C = 200 Kg/m<sup>2</sup>

#### DETALLE DE APOYO EN VIGA INTERIOR (Exterior con Voladizo)

#### DETALLE DE APOYO EN MURO DE CONCRETO ARMADO

#### DETALLE DE APOYO EN VIGA PLANA INTERIOR

#### DETALLE DE VIGUETA DE COSTURA

#### DETALLE DE APOYO EN VIGA PLANA EXTERIOR

#### DETALLE DE APOYO VIGA PERALTADA

#### DETALLES SISTEMA ALITEC

PROPIETARIO: GRUPO TRIVELLI S.A.C.

PROFESIONAL: ING. ERIC CASTILLO V.

REVISADO: ITAL CONCRETO S.A.C. -Área de Proyectos-

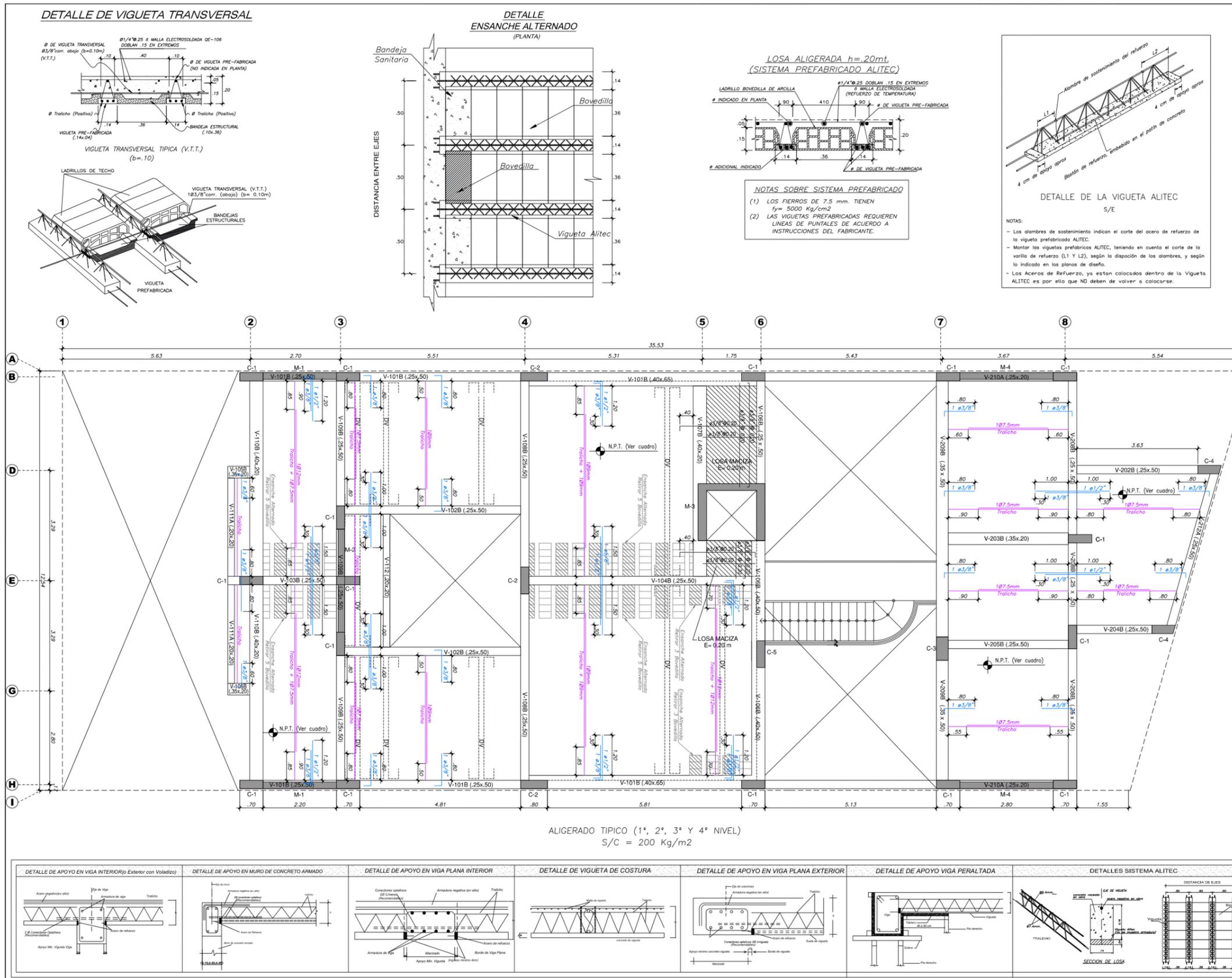
PROYECTO: EDIFICIO MULTIFAMILIAR NEPTUNO

PLANO: ENCOFRADO Y MONTAJE DE VIGUETAS SEMISOTANO

FECHA: MAYO 2013

ESCALA: 1/50

E-01



**SISTEMA DE LOSAS ALIGERADAS**

**ALITEC**  
PLANTA Y PROYECTOS  
Av. LAS TORRES Mz. E Lote 3 C.M.P. STA. MARIA DE HUACHIPA - Telef: 3710245 Telef: 3710245

**TENSION DE FUENCIA**  
4200 Kg/cm<sup>2</sup> 5000 Kg/cm<sup>2</sup>  
Ø 6.5 mm. Ø 6 mm.  
Ø 8.1 mm. Ø 7.5 mm.  
Ø 9.8 mm. Ø 9 mm.  
Ø 13.1 mm. Ø 12 mm.

**Viga Chata Alitec**

**ACERO NEGATIVO** 2ø1/2"  
**ACERO POSITIVO** 2ø1/2" + Ref. por Diseño  
**ESTRIBO** 1/2" x 1/2" Ø 6.5 mm. esp. 6.5

**DETALLE TECHO ALIGERADO ALITEC**

**TRALICHO**

1-Ø6.4mm. 3-Ø7.4mm.  
2-Ø7.4mm. 4-Ø4.6mm.

**TENSION MAXIMA** 5000 Kg/cm<sup>2</sup>  
**TENSION DE FUENCIA** 5000 Kg/cm<sup>2</sup>

**RECOMENDACIONES:**  
- PARA EL CASO EN QUE SE CORTA EL FIERRO SUPERIOR DE LA VIGUETA PARA LAS INSTALACIONES SANITARIAS, SEGUIR INDICACIONES DEL "MANUAL DE DISEÑO" - Pág.13  
- EN CASO QUE LA VIGUETA EXCEDA LA MEDIDA, CORTARLA SEGUN INDICACIONES DEL "MANUAL DE DISEÑO" - Pág.16  
- EN CASO QUE LA VIGUETA FUESE CORTA, SEGUIR INDICACIONES DEL "MANUAL DE DISEÑO" - Pág.15.

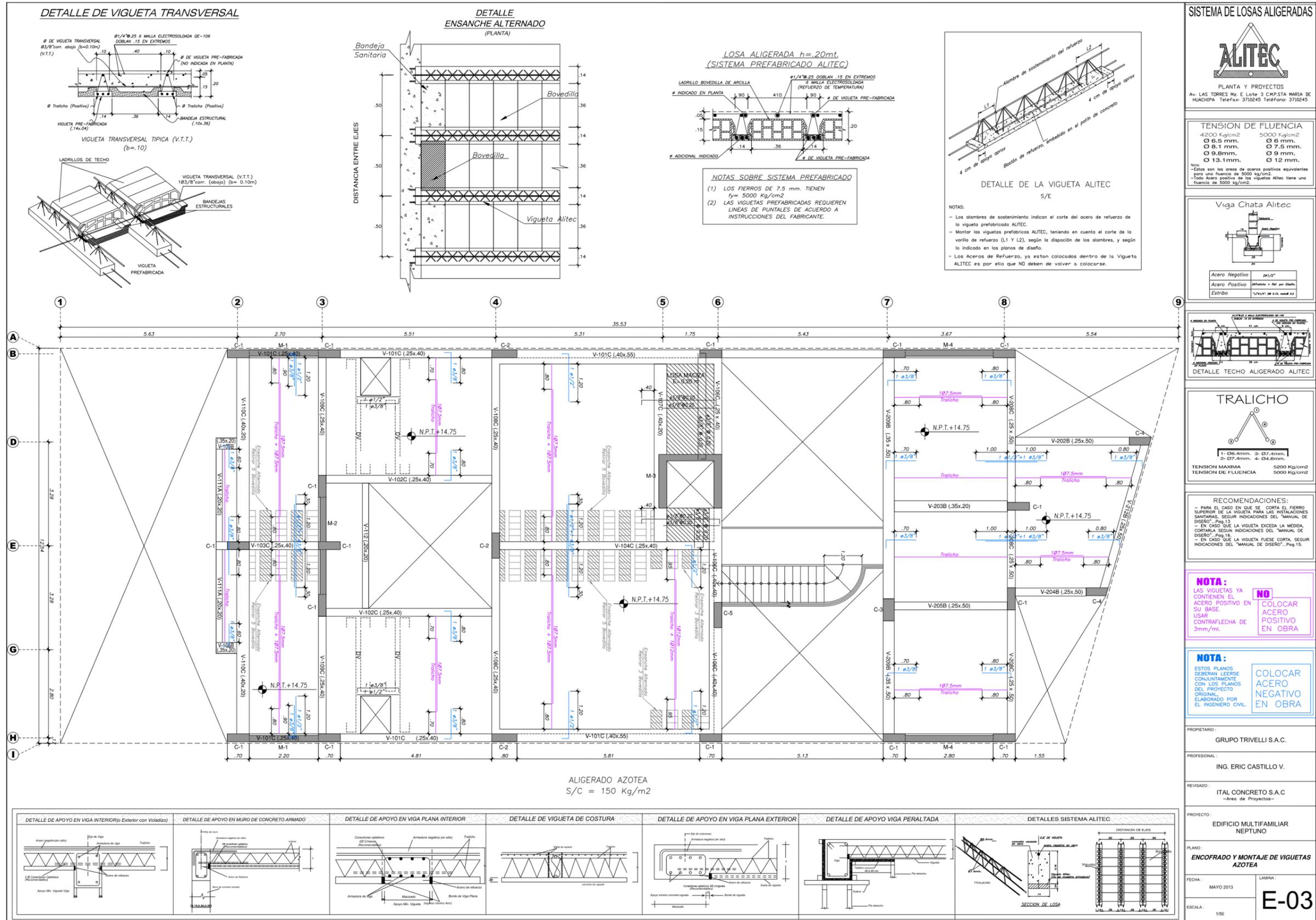
**NOTA:**  
LAS VIGUETAS YA CONTIENEN EL ACERO POSITIVO EN SU BASE. USAR CONTRAFLACHA DE 3mm/ml.

**NO COLOCAR ACERO POSITIVO EN OBRA**

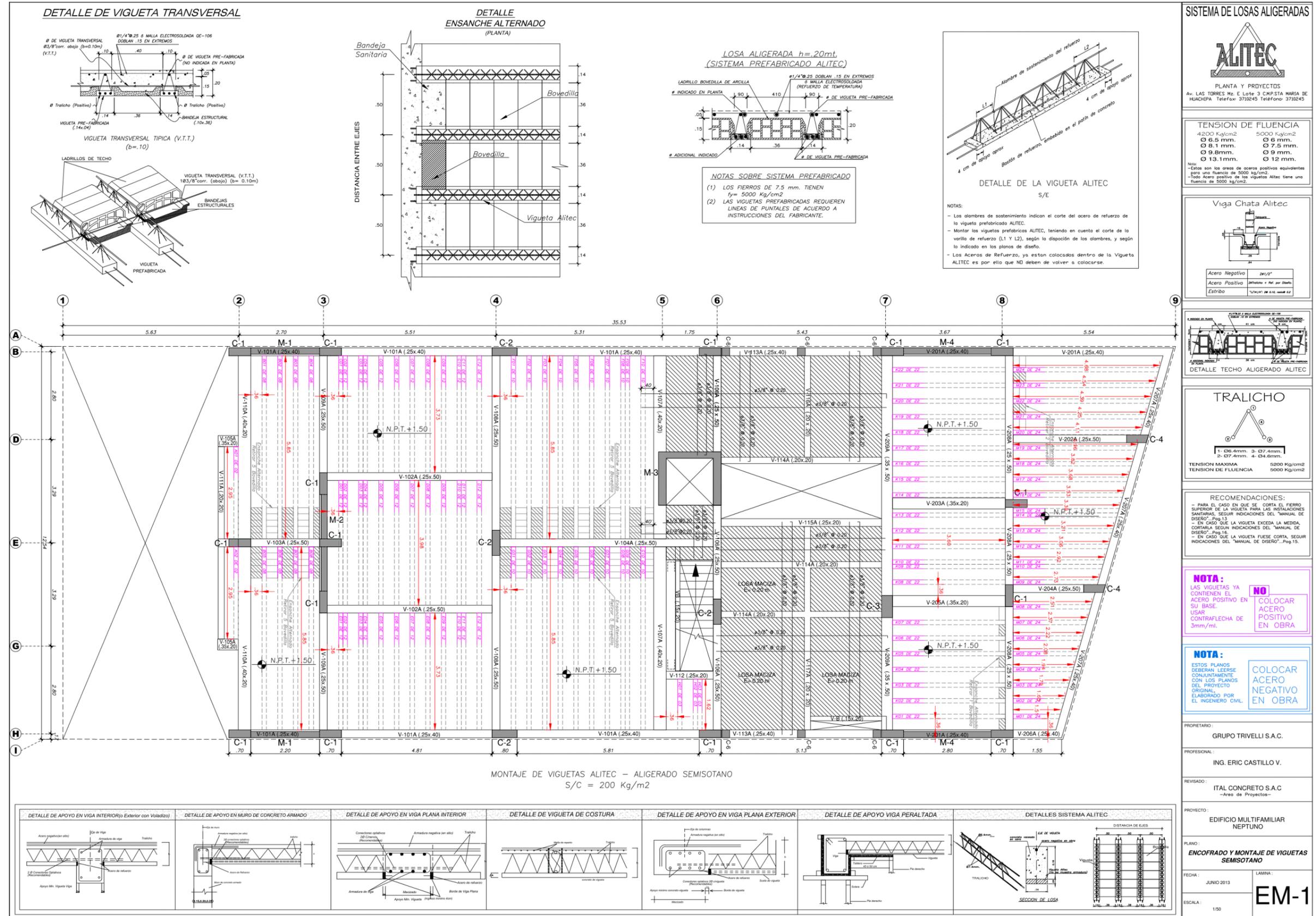
**NOTA:**  
ESTOS PLANOS DEBERAN LEERSE CONJUNTAMENTE CON LOS PLANOS DEL PROYECTO ORIGINAL, ELABORADO POR EL INGENIERO CIVIL.

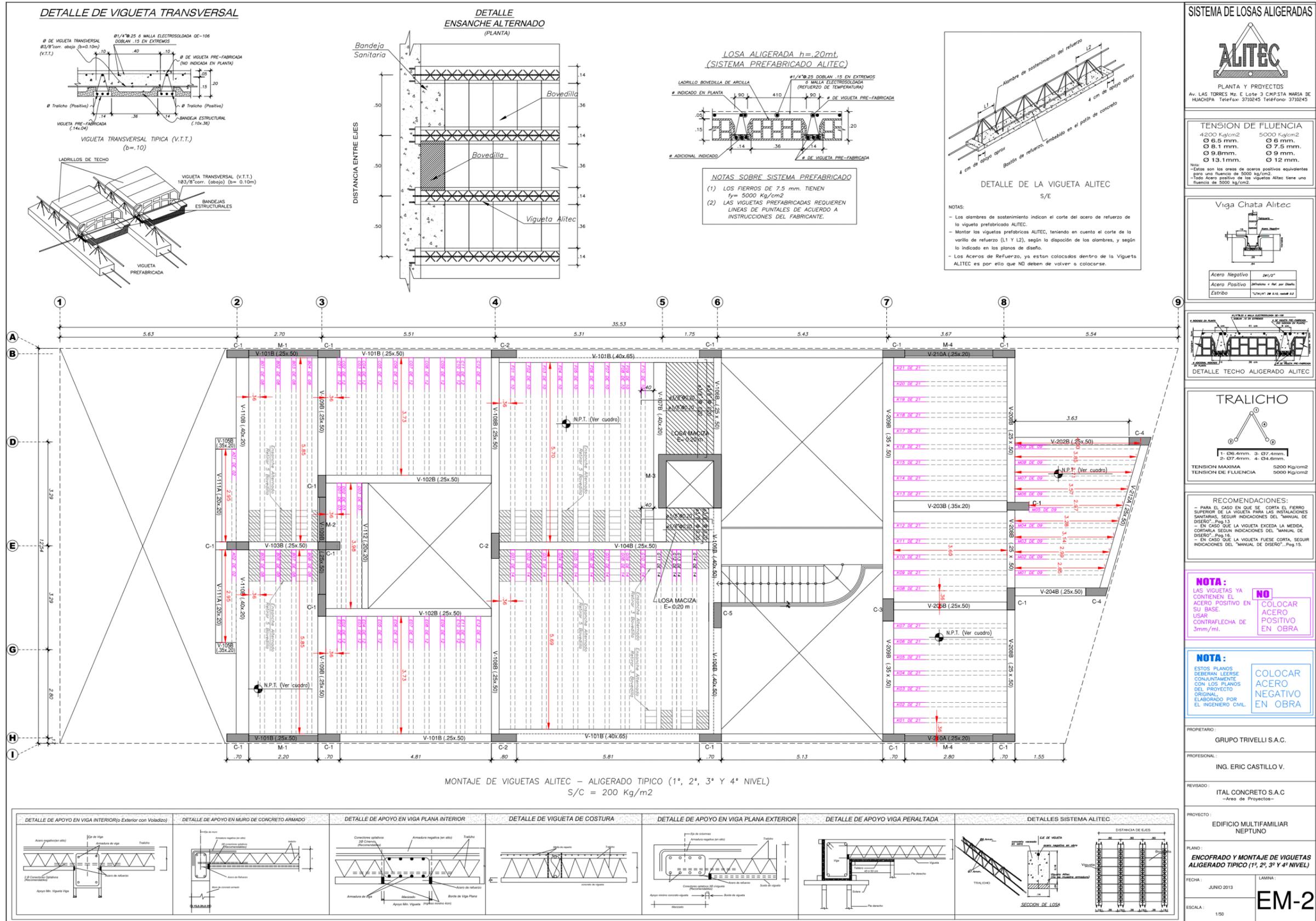
**COLOCAR ACERO NEGATIVO EN OBRA**

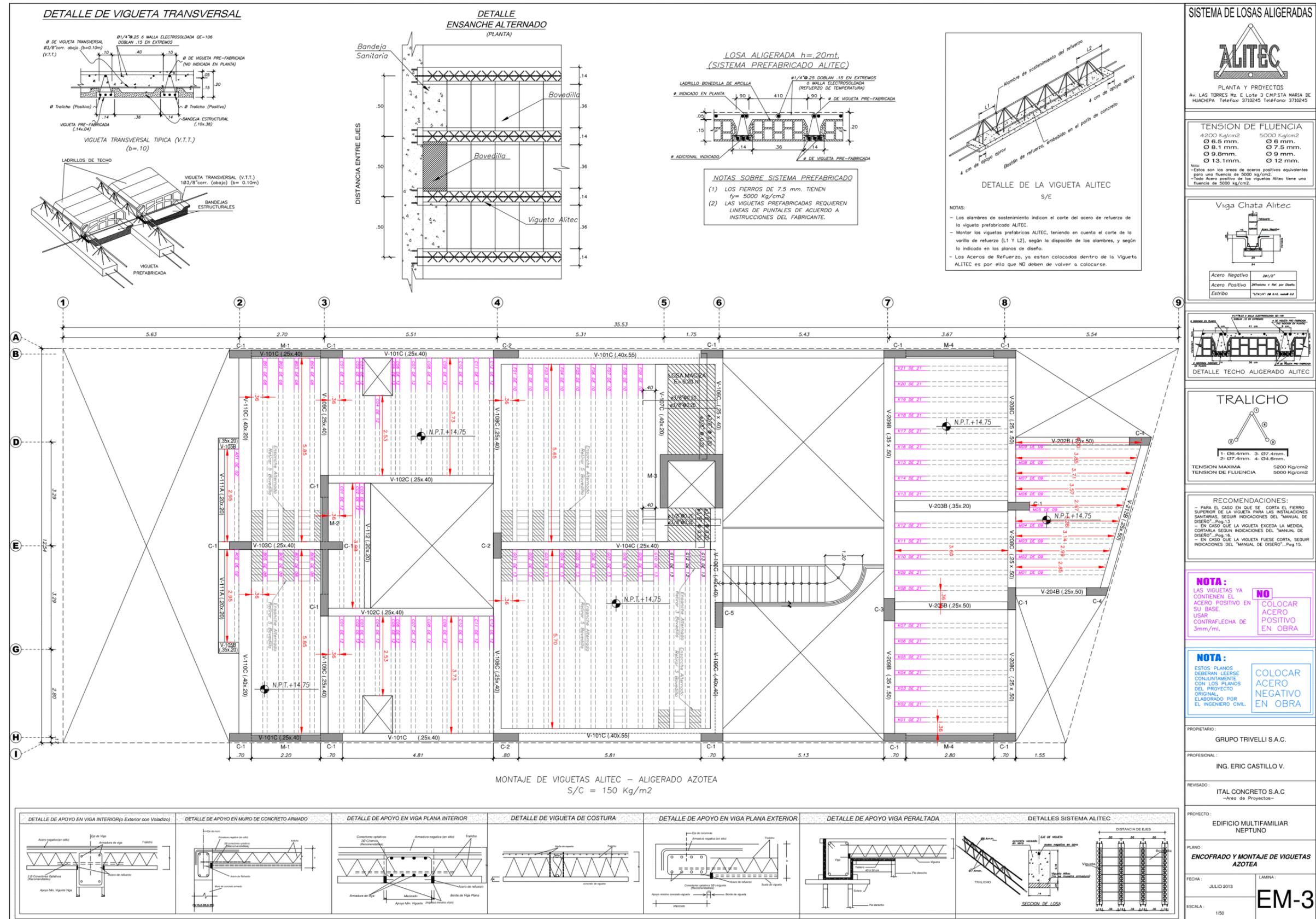
PROPIETARIO: GRUPO TRIVELLI S.A.C.  
PROFESIONAL: ING. ERIC CASTILLO V.  
REVISADO: ITAL CONCRETO S.A.C. -Área de Proyectos-  
PROYECTO: EDIFICIO MULTIFAMILIAR NEPTUNO  
PLANO: ENCOFRADO Y MONTAJE DE VIGUETAS ALIGERADO TÍPICO (1°, 2°, 3° Y 4° NIVEL)  
FECHA: MAYO 2013  
LÁMINA: E-02  
ESCALA: 1/50



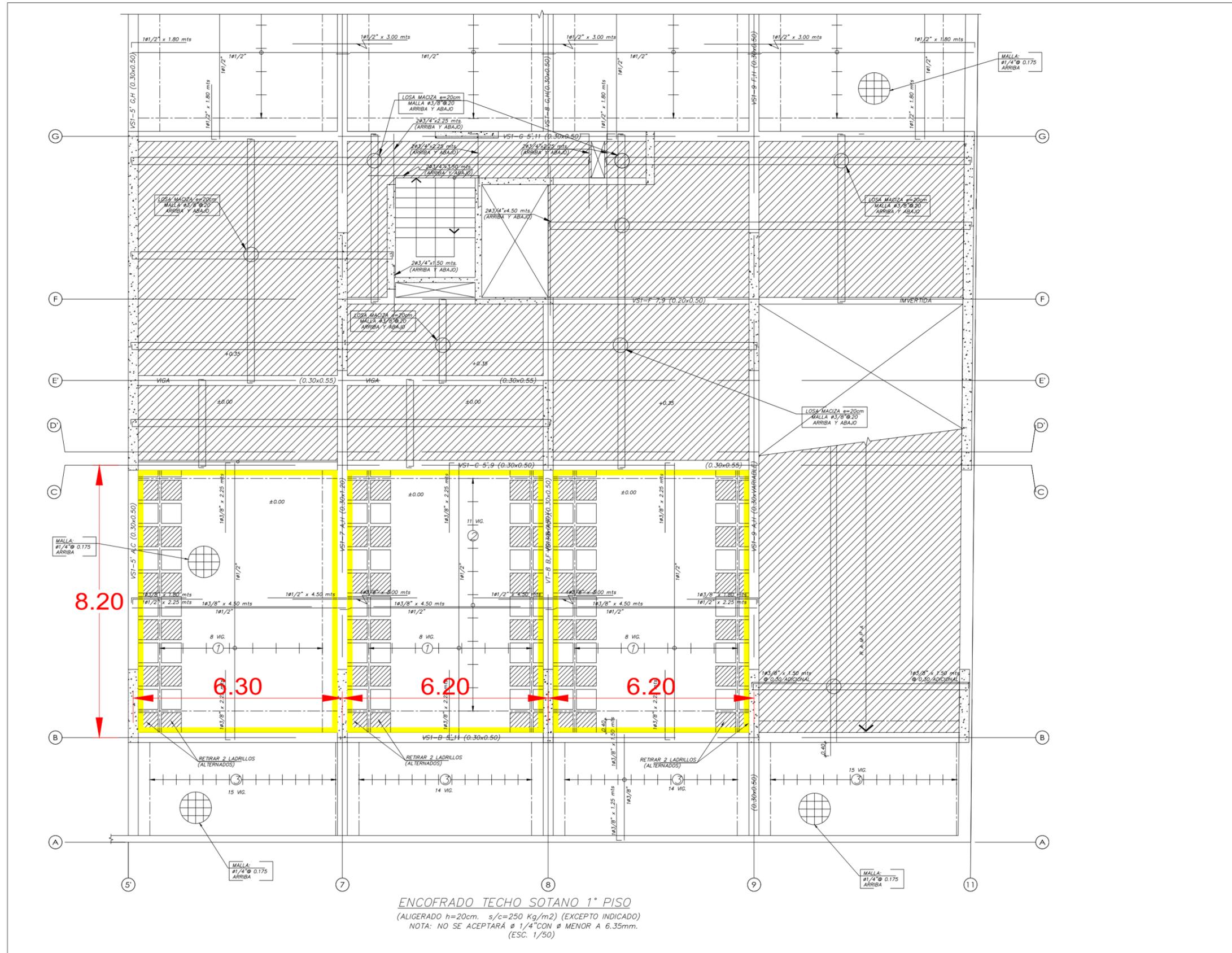
**ANEXO 05:**  
**Planos de Montaje Alitec**  
**Proyecto: “Vivienda Multifamiliar Neptuno”**





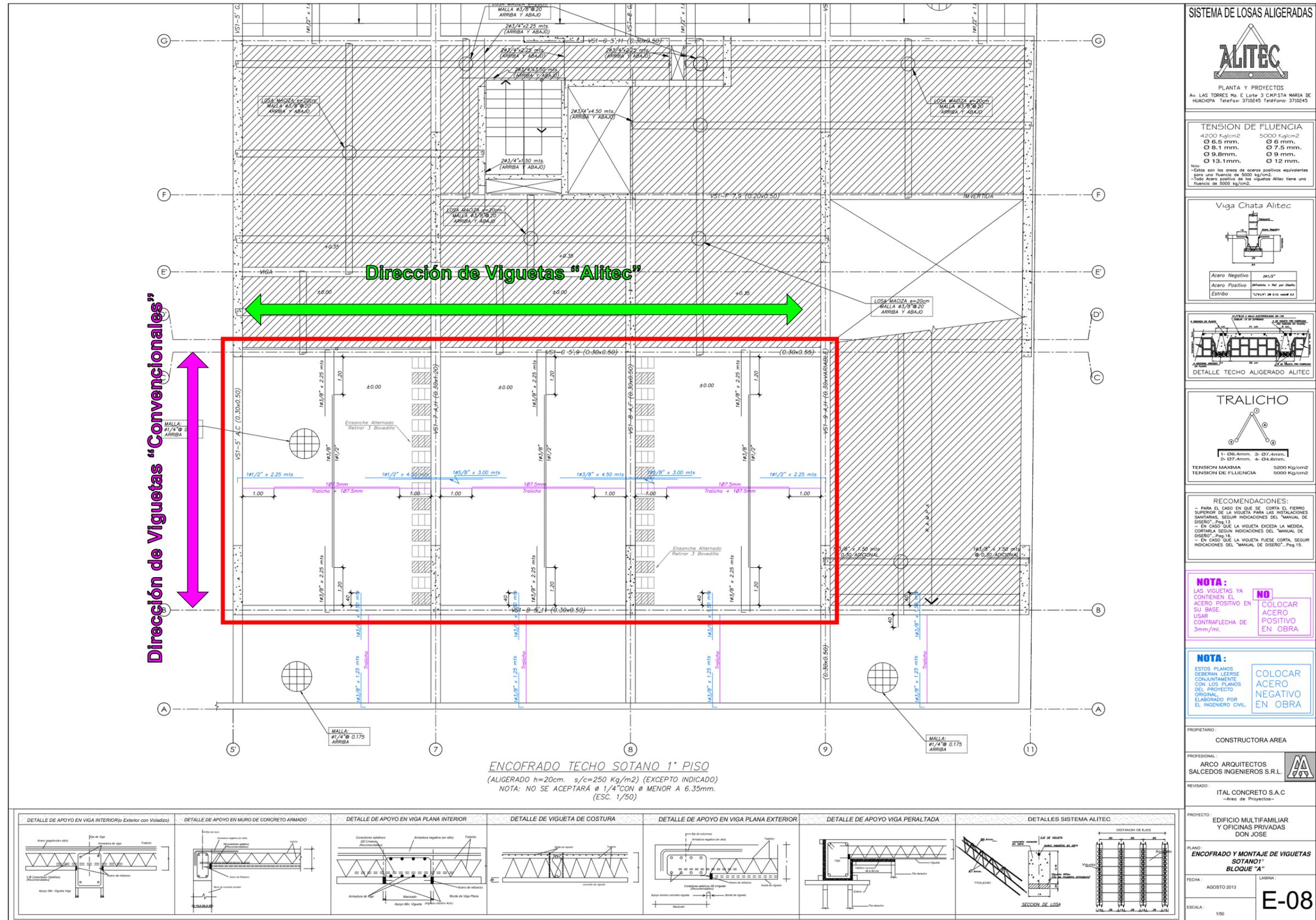


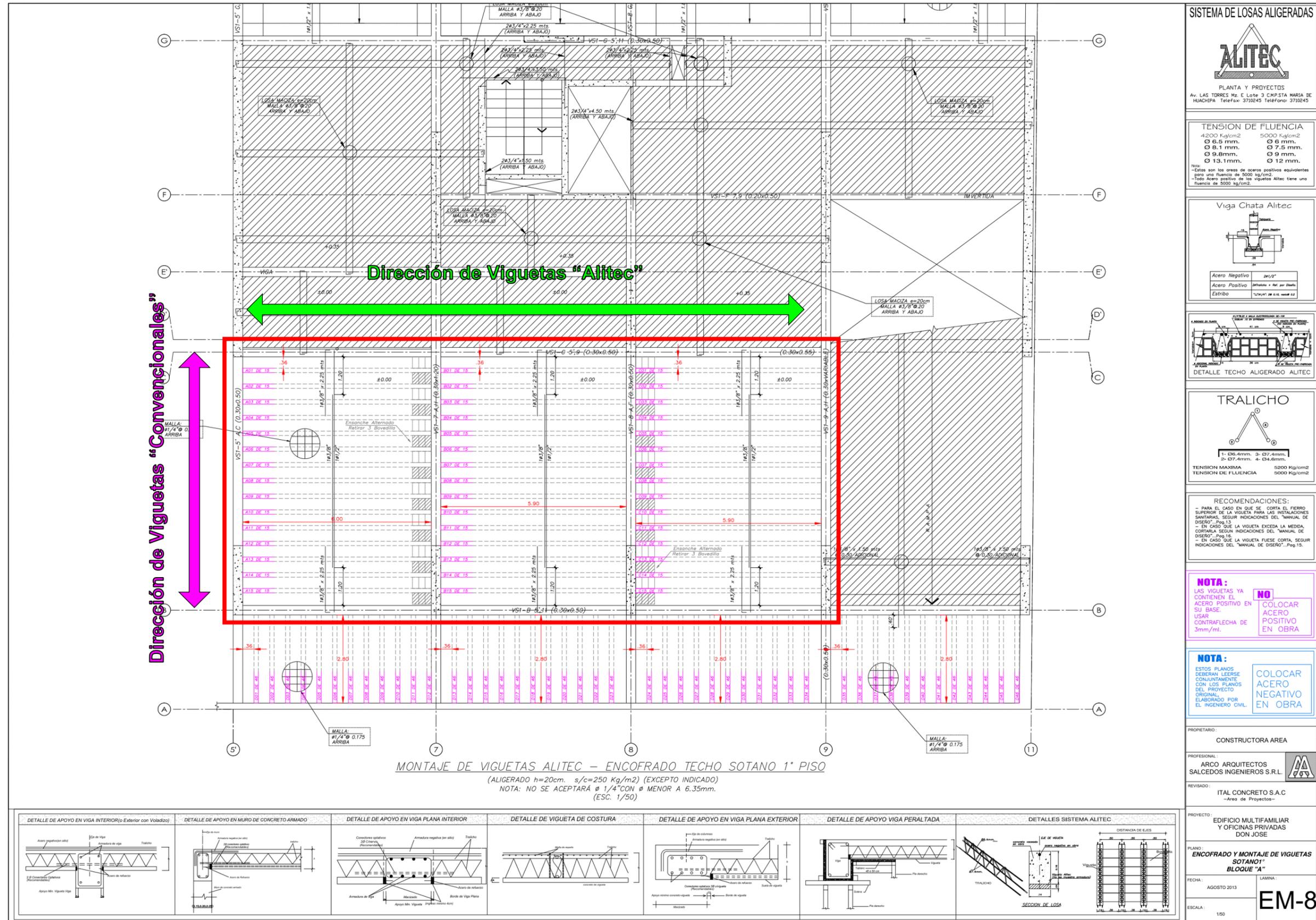
**ANEXO 06:**  
**Plano de Encofrado del Sótano 1**  
**Proyecto: “Edificio Multifamiliar y Oficinas Privadas**  
**Don José”**

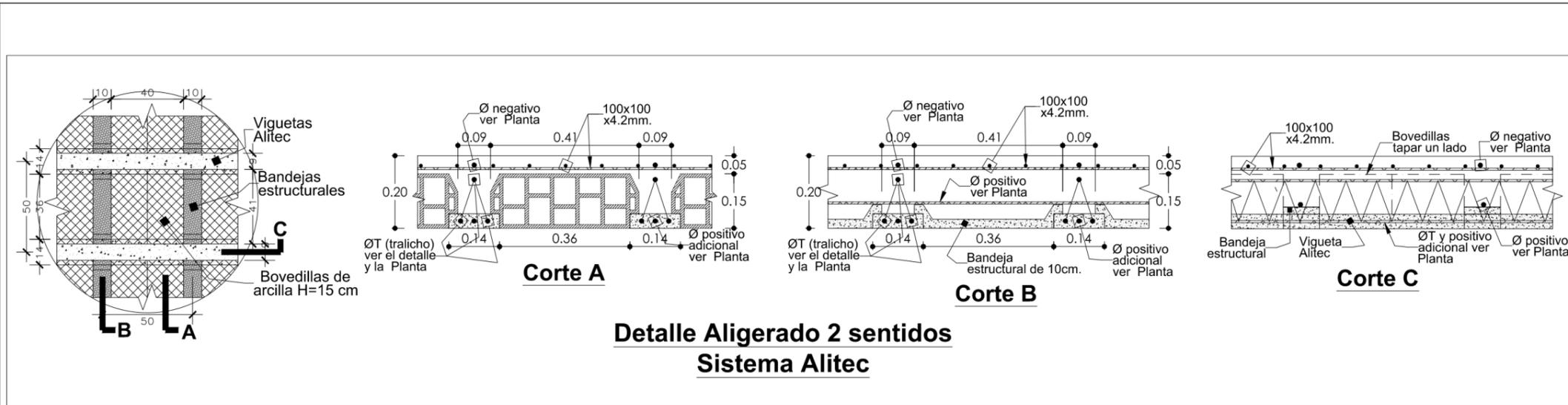


11-08-2012	REVISIÓN GENERAL
FECHA	OBSERVACIONES
	
<b>ARCO ARQUITECTOS</b> SALCEDOS INGENIEROS S.R.L.	
ING. JORGE HAAKER ING. CLAUDIA VILLANUEVA ING. CARLOS SALCEDO	
PROYECTO: EDIFICIO MULTIFAMILIAR Y OFICINAS PRIVADAS DON JOSE	
PLANO: ENCOFRADO TECHO SOTANO 1° PISO ZONA OFICINAS (A)	
PROPIETARIO(S):  AREA S.A.	
DIRECCIÓN: CALLE GRIMALDO DEL SOLAR N° 170 MIRAFLORES - LIMA	
DIBUJO: J. CÉSAR NAVARRO F.	
FECHA: SETIEMBRE - 2011	LÁMINA:  <b>E-39</b>
REVISIÓN:  ESCALA: 1/50	

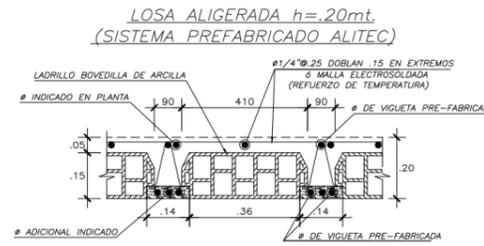
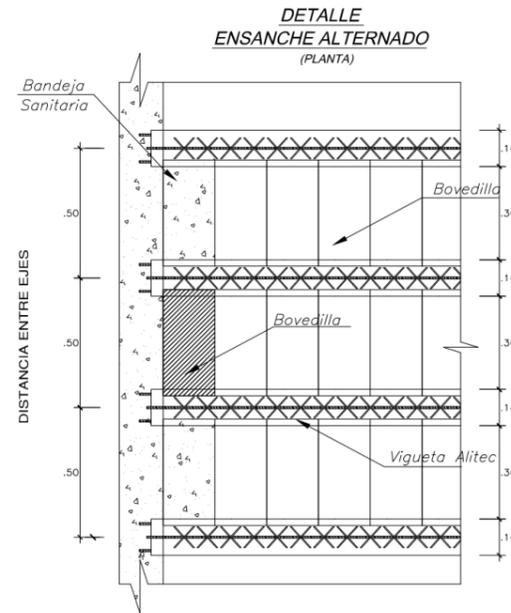
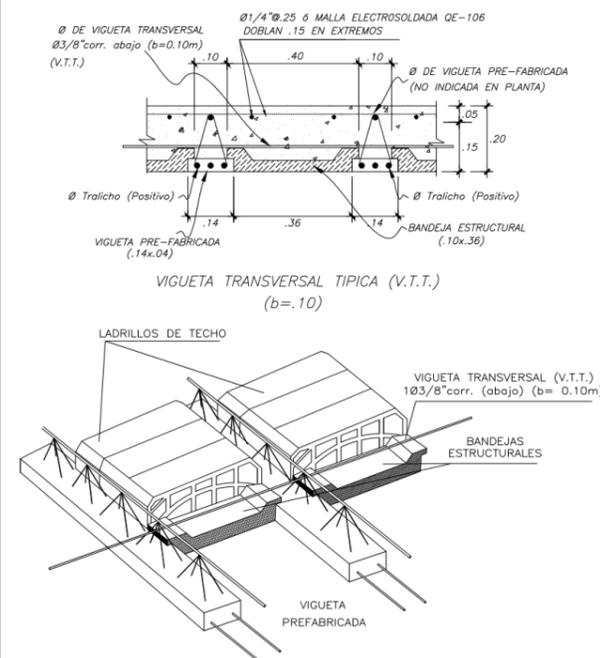
**ANEXO 07:**  
**Planos de Encofrado, Montaje y detalles Alitec del**  
**Sótano 1**  
**Proyecto: “Edificio Multifamiliar y Oficinas Privadas**  
**Don José”**



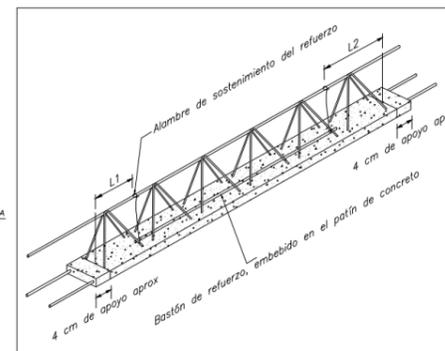




**DETALLE DE VIGUETA TRANSVERSAL**



**NOTAS SOBRE SISTEMA PREFABRICADO**  
(1) LOS FIERROS DE 7.5 mm. TIENEN  $f_y = 5000 \text{ Kg/cm}^2$   
(2) LAS VIGUETAS PREFABRICADAS REQUIEREN LINEAS DE PUNTALES DE ACUERDO A INSTRUCCIONES DEL FABRICANTE.



**NOTAS:**  
- Los alambres de sostenimiento indican el corte del acero de refuerzo de la vigueta prefabricada ALITEC.  
- Montar las viguetas prefabricadas ALITEC, teniendo en cuenta el corte de la varilla de refuerzo (L1 Y L2), según la disposición de los alambres, y según lo indicado en los planos de diseño.  
- Los Aceros de Refuerzo, ya están colocados dentro de la Vigueta ALITEC es por ello que ND deben de volver a colocarse.

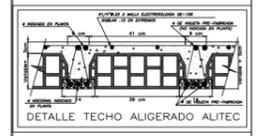
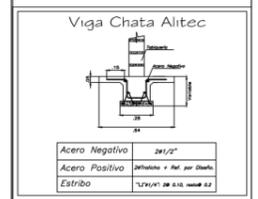
**SISTEMA DE LOSAS ALIGERADAS**



**TENSION DE FLUENCIA**

4200 Kg/cm <sup>2</sup>	5000 Kg/cm <sup>2</sup>
Ø 6.5 mm.	Ø 6 mm.
Ø 8.1 mm.	Ø 7.5 mm.
Ø 9.8 mm.	Ø 9 mm.
Ø 13.1 mm.	Ø 12 mm.

Nota: Estas son las áreas de acero positivas equivalentes para una fluencia de 5000 kg/cm<sup>2</sup>.  
- Todo Acero positivo de las viguetas Alitec tiene una fluencia de 5000 kg/cm<sup>2</sup>.



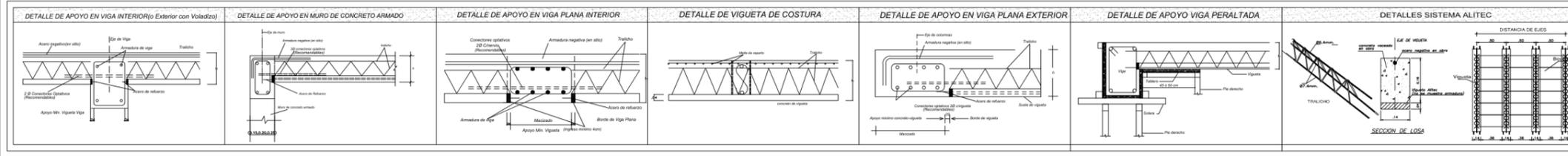
**RECOMENDACIONES:**  
- PARA EL CASO EN QUE SE CORTE EL PIERRO SUPERIOR DE LA VIGUETA PARA LAS INSTALACIONES SANITARIAS, SEGUIR INDICACIONES DEL "MANUAL DE DISEÑO" - Pág.13  
- EN CASO QUE LA VIGUETA EXCEDA LA MEDIDA, CORTARLA SEGUIR INDICACIONES DEL "MANUAL DE DISEÑO" - Pág.16  
- EN CASO QUE LA VIGUETA FUERE CORTA, SEGUIR INDICACIONES DEL "MANUAL DE DISEÑO" - Pág.15.

**NOTA:**  
LAS VIGUETAS YA CONTIENEN EL ACERO POSITIVO EN SU BASE.  
USAR CONTRAFLECHA DE 3mm/ml.

**NO COLOCAR ACERO POSITIVO EN OBRA**

**NOTA:**  
ESTOS PLANOS DEBERIAN LEERSE CONJUNTAMENTE CON LOS PLANOS DEL PROYECTO ORIGINAL, ELABORADO POR EL INGENIERO CIVIL.

**COLOCAR ACERO NEGATIVO EN OBRA**



PROPIETARIO: CONSTRUCTORA AREA

PROFESIONAL: ARCO ARQUITECTOS SALCEDOS INGENIEROS S.R.L.

REVISADO: ITAL CONCRETO S.A.C. -Área de Proyectos-

PROYECTO: EDIFICIO MULTIFAMILIAR Y OFICINAS PRIVADAS DON JOSE

PLANO: DETALLES DE MONTAJE DE LAS VIGUETAS ALITEC

FECHA: AGOSTO 2013

ESCALA: 1/50

**ED-8**

**ANEXO 08:**  
**Parte de Producción (PP) del Semisótano**  
**Proyecto: “Vivienda Multifamiliar Neptuno”**

PARTE DE PRODUCCION												
Pedido No.:	5642					Losa: H=0.20		H=0.25				
Cliente:	GRUPO TRAVELLI SAC					Area Unidirec:	223.63	0	m2			
Obra:	VIVIENDA MULTIFAMILIAR NEPTUNO					Area Bidirec:	0.00	0	m2			
Dirección:	JR. NEPTUNO N°568, CERCADO DE LIMA.					Area Solo Bov:	0	0	m2			
Ing. Residente :	---					Area Desc. Bov:	0	0	m2			
Teléfono:	965 746 936					mL de Vigueta:	0	0	mL			
Nivel:	SEMISÓTANO					Bovedilla:	2053	0	Und			
						Band Eléc. Centr :	18	0	Und			
						Band Eléc. Latel :	10	0	Und			
						Band Sanitarias:	140	0	Und			
						Band Estructurales:	32	0	Und			
DESIGNACION	Cant. Vig.	Long. Vig.	Long. Tralicho	REFUERZO						Long. Apoyo		
				DISTANCIA A EXTREMOS (TRALICHO)								
		0.08	0.08	Ø	L	Ø	L	Lado 1	Lado 2			
A 1	AL 2	2	3.03	3.11							2.95	
B 1	AL 8	8	5.93	6.01	12mm	5.93	7.5mm	4.23	0.85	0.85	5.85	
C 1	AL 12	12	3.81	3.89			7.5mm	2.81	0.50	0.50	3.73	
D 1	AL 12	12	4.06	4.14			7.5mm	2.46	0.80	0.80	3.98	
E 1	AL 12	12	3.81	3.89			7.5mm	2.81	0.50	0.50	3.73	
F 1	AL 10	10	5.93	6.01	9mm	5.93	9mm	4.53	0.70	0.70	5.85	
G 1	AL 10	10	5.93	6.01	9mm	5.93	9mm	4.53	0.70	0.70	5.85	
H 1	AL 3	3	1.70	1.78							1.62	
K 1	AL 22	22	3.68	3.76			7.5mm	1.88	0.90	0.90	3.60	
M 1	AL 1	1	1.59	1.67							1.51	
M 2	AL 2	1	1.73	1.81							1.65	
M 3	AL 3	1	1.87	1.95							1.79	
M 4	AL 4	1	2.02	2.10							1.94	
M 5	AL 5	1	2.16	2.24							2.08	
M 6	AL 6	1	2.30	2.38							2.22	
M 7	AL 7	1	2.45	2.53							2.37	
M 8	AL 8	1	2.59	2.67							2.51	
M 9	AL 9	1	2.81	2.89			7.5mm	1.21	0.80	0.80	2.73	
M 10	AL 11	2	3.00	3.08			7.5mm	1.40	0.80	0.80	2.92	
M 12	AL 12	1	3.14	3.22			7.5mm	1.54	0.80	0.80	3.06	
M 13	AL 13	1	3.29	3.37			7.5mm	1.69	0.80	0.80	3.21	
M 14	AL 15	2	3.47	3.55			7.5mm	1.87	0.80	0.80	3.39	
M 16	AL 16	1	3.61	3.69			7.5mm	2.01	0.80	0.80	3.53	
M 17	AL 17	1	3.76	3.84			7.5mm	2.16	0.80	0.80	3.68	
M 18	AL 18	1	3.90	3.98			7.5mm	2.30	0.80	0.80	3.82	
M 19	AL 19	1	4.04	4.12			7.5mm	2.44	0.80	0.80	3.96	
M 20	AL 20	1	4.19	4.27			9mm	2.29	0.95	0.95	4.11	
M 21	AL 21	1	4.33	4.41			9mm	2.43	0.95	0.95	4.25	
M 22	AL 22	1	4.47	4.55			9mm	2.57	0.95	0.95	4.39	
M 23	AL 23	1	4.62	4.70			9mm	2.72	0.95	0.95	4.54	
M 24	AL 24	1	4.76	4.84			9mm	2.86	0.95	0.95	4.68	
		115	474.89	484.09							232.845	
<b>ENVIO MIERCOLES 08/03/2013</b>												

**ANEXO 09:**  
**Tablas de Diseño para Losas Aligeradas de la**  
**Empresa ITALCONCRETO SAC**

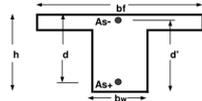
**SISTEMA DE LOSA ALITEC CON REFUERZO POSITIVO  $f_y=5000 \text{ Kg/cm}^2$**

**ALIGERADO  $h= 17 \text{ cm}$**

**TIPO BOVEDILLA= ARCILLA**

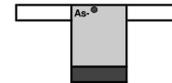
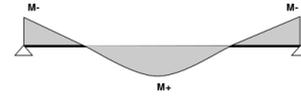
**Características de Sección**

$\beta_1$	0.85
$\beta_2$	0.53
$e_1$	0.90
$e_2$	0.85
$bf$	50 cm.
$bw$	9 cm.
$d$	15 cm.
$d'$	14.5 cm.
$f_c$	210 kg/cm <sup>2</sup>
$f_y$	4200 kg/cm <sup>2</sup>



**Cálculo de  $As(\text{min})$  y Asbalanceado**

Área de concreto en tracción			
Área de concreto en compresión			
As(min)- cm <sup>2</sup>			
ACI 10.5.1			
As min	Max:	0.44	0.36
0.75Asb	2.10		0.44



**Caract Acero de Tralicho**

$\phi$	7.40 mm
Área $\phi$	0.43 cm <sup>2</sup>
A tralicho (20)	0.86 cm <sup>2</sup>
$f_y$ Tralicho	5000 kg/cm <sup>2</sup>
$e_1Mn$ Tralicho	0.57 tonxm

**Caract Acero Positivo**

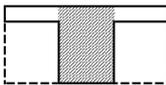
Diámetro	Área
mm	cm <sup>2</sup>
R1= 7.30	0.42
R2= 8.70	0.59
R3= 11.70	1.08
$f_y = 5000$	kg/cm <sup>2</sup>

As(min)+ cm <sup>2</sup>			
ACI 10.5.1			
As min	Min:	2.12	1.74
0.75Asb	9.39	1.74	1.74
		3.48	OK

\* Considerando la altura del área de concreto en compresión menor al espesor del ala

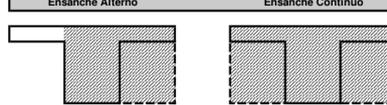
**Cálculo del  $eVc$**

**Aligerado sin ensanche**



$bw$	9 cm
$Vc$	1.10 Ton
$e_2Vc$	0.94 Ton

**Aligerado con Ensanche**



$bw$	29.5 cm
$Vc$	3.61 Ton
$e_2Vc$	3.07 Ton

$bw$	50 cm
$Vc$	6.13 Ton
$e_2Vc$	5.21 Ton

**Cálculo del Ascolocado y  $eMn$**

**Momento Negativo**

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ ) y $eMn$ (tonxm)							
		Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	Comb 6	Comb 7	Comb 8
$e$ Varilla	As- (cm <sup>2</sup> )	0.50	1.01	1.13	1.63	2.26	2.50	3.13	4.00
8mm	0.50	0.50							
12mm	1.13		1.01		0.50		0.50		
5/8"	2.00			1.13	1.13	2.26		1.13	
3/8"	0.71								
1/2"	1.29								
5/8"	2.00								4.00
$e_1Mn$		0.26	0.50	0.56	0.76	0.99	1.06	1.23	1.40
$a$ (cm)		1.31	2.63	2.96	4.27	5.91	6.54	8.19	10.46
Astotal-		8	2x8	12	8+12	2x12	8+5/8"	12+5/8"	2x5/8"

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ ) y $eMn$ (tonxm)							
		Comb 9	Comb 10	Comb 11	Comb 12	Comb 13	Comb 14	Comb 15	Comb 16
$e$ Varilla	As- (cm <sup>2</sup> )	0.71	1.29	1.42	2.00	2.58	2.71	3.29	4.00
8mm	0.71								
12mm	1.29								
5/8"	2.00								
3/8"	0.71			1.42	0.71		0.71		
1/2"	1.29				1.29			1.29	
5/8"	2.00				2.58		2.00	2.00	4.00
$e_1Mn$		0.36	0.62	0.68	0.90	1.09	1.12	1.27	1.40
$a$ (cm)		1.86	3.37	3.71	5.23	6.75	7.08	8.60	10.46
Astotal-		3/8"	1/2"	2x3/8"	3/8"+1/2"	2x1/2"	3/8"+5/8"	1/2"+5/8"	2x5/8"

**Momento Positivo**

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y=5000 \text{ kg/cm}^2$ ) y $eMn$ (tonxm)									
		Comb' 1	Comb' 2	Comb' 3	Comb' 4	Comb' 5	Comb' 6	Comb' 7	Comb' 8	Comb' 9	Comb' 10
$e$ Varilla	As+ (cm <sup>2</sup> )	0.86	1.28	1.45	1.70	1.87	1.94	2.05	2.35	2.53	3.01
Tralicho	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
7.5mm	0.42		0.42		0.84	0.42			0.42		
9.0mm	0.59			0.59		0.59		1.19		0.59	
12.0mm	1.08						1.08		1.08	1.08	2.15
$e_1Mn$		0.57	0.84	0.96	1.11	1.22	1.26	1.33	1.52	1.63	1.92
$a$ (cm)		0.48	0.72	0.81	0.95	1.05	1.08	1.15	1.32	1.42	1.69
Astotal+		T	T+7.5	T+9	T+2x7.5	T+7.5+9	T+12	T+2x9	T+7.5+12	T+9+12	T+2x12

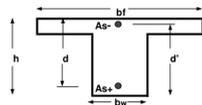
**SISTEMA DE LOSA ALITEC CON REFUERZO POSITIVO  $f_y=5000 \text{ Kg/cm}^2$**

**ALIGERADO  $h= 20 \text{ cm}$**

**TIPO BOVEDILLA= ARCILLA**

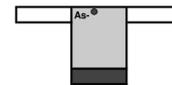
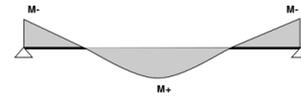
**Características de Sección**

$\beta_1$	0.85
$\beta_2$	0.53
$e_1$	0.90
$e_2$	0.85
$bf$	50 cm.
$bw$	9 cm.
$d$	18 cm.
$d'$	17.5 cm.
$f_c$	210 $\text{kg/cm}^2$
$f_y$	4200 $\text{kg/cm}^2$



**Cálculo de  $As(\text{min})$  y Asbalanceado**

Área de concreto en tracción			
Área de concreto en compresión			
As(min)- $\text{cm}^2$			
ACI 10.5.1			
As min	Max:	0.53	0.43
0.75Asb	2.53		0.53



**Caract Acero de Tralicho**

$\phi$	7.40 mm
Área $\phi$	0.43 $\text{cm}^2$
A tralicho (20)	0.86 $\text{cm}^2$
$f_y$ Tralicho	5000 $\text{kg/cm}^2$
$e_1Mn$ Tralicho	0.69 $\text{tonxm}$

**Caract Acero Positivo**

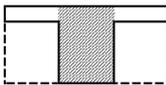
Diámetro	Área
mm	$\text{cm}^2$
R1=	7.30 0.42
R2=	8.70 0.59
R3=	11.70 1.08
$f_y =$	5000 $\text{kg/cm}^2$

As(min)+ $\text{cm}^2$			
ACI 10.5.1			
As min	Min:	2.54	2.09
0.75Asb	11.27	2.09	OK

\* Considerando la altura del área de concreto en compresión menor al espesor del ala

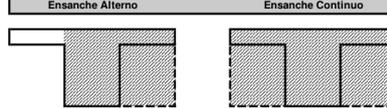
**Cálculo del  $eVc$**

**Aligerado sin ensanche**



$bw$	9 cm
$Vc$	1.33 Ton
$e_2Vc$	1.13 Ton

**Aligerado con Ensanche**



$bw$	29.5 cm
$Vc$	4.36 Ton
$e_2Vc$	3.71 Ton

$bw$	50 cm
$Vc$	7.39 Ton
$e_2Vc$	6.28 Ton

**Cálculo del Ascolocado y  $eMn$**

**Momento Negativo**

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ ) y $eMn$ (tonxm)							
		Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	Comb 6	Comb 7	Comb 8
e Varilla	As- ( $\text{cm}^2$ )	0.50	1.01	1.13	1.63	2.26	2.50	3.13	4.00
	8mm	0.50	0.50	1.01	1.13	0.50	0.50	1.13	4.00
	12mm	1.13		1.13	1.13	2.26	2.00	2.00	
3/8"	1/2"	0.71							
	1/2"	1.29							
	5/8"	2.00							
$e_1Mn$	0.32	0.62	0.68	0.95	1.24	1.35	1.59	1.86	
a (cm)	1.31	2.63	2.96	4.27	5.91	6.54	8.19	10.46	
Astotal-	8	2x8	12	8+12	2x12	8+5/8"	12+5/8"	2x5/8"	

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ ) y $eMn$ (tonxm)							
		Comb 9	Comb 10	Comb 11	Comb 12	Comb 13	Comb 14	Comb 15	Comb 16
0.71	1.29	1.42	2.00	2.58	2.71	3.29	4.00		
	0.71		0.71	2.58	0.71	1.29	4.00		
	1.29	1.42	1.29	2.58	2.00	1.29	4.00		
0.44	0.77	0.84	1.13	1.38	1.43	1.64	1.86		
1.86	3.37	3.71	5.23	6.75	7.08	8.60	10.46		
3/8"	1/2"	2x3/8"	3/8"+1/2"	2x1/2"	3/8"+5/8"	1/2"+5/8"	2x5/8"		

**Momento Positivo**

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y=5000 \text{ kg/cm}^2$ ) y $eMn$ (tonxm)									
		Comb' 1	Comb' 2	Comb' 3	Comb' 4	Comb' 5	Comb' 6	Comb' 7	Comb' 8	Comb' 9	Comb' 10
e Varilla	As+ ( $\text{cm}^2$ )	0.86	1.28	1.45	1.70	1.87	1.94	2.05	2.35	2.53	3.01
	Tralicho	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
	7.5mm	0.42	0.42	0.42	0.84	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
	9.0mm	0.59		0.59		0.59		1.19		0.59	
12.0mm	1.08					1.08		1.08	1.08	2.15	
$e_1Mn$	0.69	1.02	1.15	1.34	1.47	1.52	1.61	1.84	1.97	2.32	
a (cm)	0.48	0.72	0.81	0.95	1.05	1.08	1.15	1.32	1.42	1.69	
Astotal+	T	T+7.5	T+9	T+2x7.5	T+7.5+9	T+12	T+2x9	T+7.5+12	T+9+12	T+2x12	

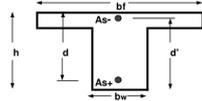
**SISTEMA DE LOSA ALITEC CON REFUERZO POSITIVO  $f_y=5000 \text{ Kg/cm}^2$**

**ALIGERADO  $h= 25 \text{ cm}$**

**TIPO BOVEDILLA= ARCILLA**

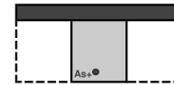
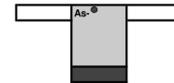
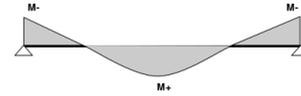
**Características de Sección**

$\beta_1$	0.85
$\beta_2$	0.53
$e_1$	0.90
$e_2$	0.85
$bf$	50 cm.
$bw$	9 cm.
$d$	23 cm.
$d'$	22.5 cm.
$f_c$	210 kg/cm <sup>2</sup>
$f_y$	4200 kg/cm <sup>2</sup>



**Cálculo de  $As(\text{min})$  y Asbalanceado**

Área de concreto en tracción			
Área de concreto en compresión			
As(min)- cm <sup>2</sup>			
ACI 10.5.1			
As min	Max:	0.68	0.56
0.75Asb	3.25		0.68



**Caract Acero de Tralicho**

$\phi$	7.40 mm
Área $\phi$	0.43 cm <sup>2</sup>
A tralicho (20)	0.86 cm <sup>2</sup>
$f_y$ Tralicho	5000 kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{1Mn}$ Tralicho	0.88 tonxm

**Caract Acero Positivo**

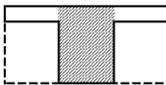
Diámetro	Área
mm	cm <sup>2</sup>
R1= 7.30	0.42
R2= 8.70	0.59
R3= 11.70	1.08
$f_y = 5000$	kg/cm <sup>2</sup>

As(min)+ cm <sup>2</sup>			
ACI 10.5.1			
As min	Min:	3.24	2.67
0.75Asb	14.40	5.33	2.67
			OK

\* Considerando la altura del área de concreto en compresión menor al espesor del ala

**Cálculo del  $eVc$**

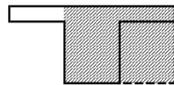
**Aligerado sin ensanche**



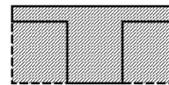
$bw$	9 cm
$Vc$	1.71 Ton
$e2Vc$	1.45 Ton

**Aligerado con Ensanche**

**Ensanche Alterno Ensanche Continuo**



$bw$	29.5 cm
$Vc$	5.61 Ton
$e2Vc$	4.77 Ton



$bw$	50 cm
$Vc$	9.50 Ton
$e2Vc$	8.08 Ton

**Cálculo del Ascolocado y  $\sigma_{Mn}$**

**Momento Negativo**

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ ) y $\sigma_{Mn}$ (tonxm)							
		Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	Comb 6	Comb 7	Comb 8
$e$ Varilla	8mm	0.50	0.50	1.01	1.13	1.63	2.26	2.50	3.13
	12mm	1.13			1.13				4.00
	5/8"	2.00				2.26		2.00	
$\sigma_{1Mn}$	3/8"	0.71							
	1/2"	1.29							
	5/8"	2.00							
$a$ (cm)	0.42	0.81	0.90	1.26	1.67	1.82	2.18	2.61	
$\sigma_{total}$	8	2x8	12	8+12	2x12	8+5/8"	12+5/8"	2x5/8"	

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ ) y $\sigma_{Mn}$ (tonxm)							
		Comb 9	Comb 10	Comb 11	Comb 12	Comb 13	Comb 14	Comb 15	Comb 16
$e$ Varilla	8mm	0.71	1.29	1.42	2.00	2.58	2.71	3.29	4.00
	12mm								
	5/8"								
$\sigma_{1Mn}$	3/8"	0.71	1.29	1.42	0.71	2.58	0.71	1.29	4.00
	1/2"				1.29		2.00		
	5/8"								
$a$ (cm)	0.58	1.01	1.11	1.50	1.87	1.94	2.26	2.61	
$\sigma_{total}$	3/8"	1/2"	2x3/8"	3/8"+1/2"	2x1/2"	3/8"+5/8"	1/2"+5/8"	2x5/8"	

**Momento Positivo**

		Combinaciones de Acero corrugado ( $f_y=5000 \text{ kg/cm}^2$ ) y $\sigma_{Mn}$ (tonxm)									
		Comb' 1	Comb' 2	Comb' 3	Comb' 4	Comb' 5	Comb' 6	Comb' 7	Comb' 8	Comb' 9	Comb' 10
$e$ Varilla	Tralicho	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
	7.5mm	0.42	0.42		0.84	0.42			0.42		
	9.0mm	0.59		0.59		0.59		1.19		0.59	
	12.0mm	1.08					1.08		1.08	1.08	2.15
$\sigma_{1Mn}$	0.88	1.30	1.48	1.72	1.89	1.96	2.07	2.37	2.54	3.00	
$a$ (cm)	0.48	0.72	0.81	0.95	1.05	1.08	1.15	1.32	1.42	1.69	
$\sigma_{total}$	T	T+7.5	T+9	T+2x7.5	T+7.5+9	T+12	T+2x9	T+7.5+12	T+9+12	T+2x12	

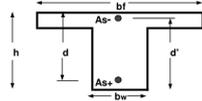
**SISTEMA DE LOSA ALITEC CON REFUERZO POSITIVO  $f_y=5000 \text{ Kg/cm}^2$**

**ALIGERADO  $h= 30 \text{ cm}$**

**TIPO BOVEDILLA= ARCILLA**

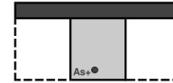
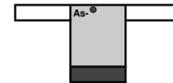
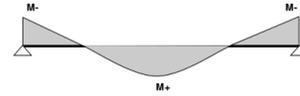
**Características de Sección**

$\beta_1$	0.85
$\beta_2$	0.53
$e_1$	0.90
$e_2$	0.85
$bf$	50 cm.
$bw$	9 cm.
$d$	28 cm.
$d'$	27.5 cm.
$f_c$	210 kg/cm <sup>2</sup>
$f_y$	4200 kg/cm <sup>2</sup>



**Cálculo de  $As(\text{min})$  y Asbalanceado**

Área de concreto en tracción			
Área de concreto en compresión			
<b><math>As(\text{min}) - \text{cm}^2</math></b>			
ACI 10.5.1			
$As \text{ min}$	Max:	0.83	0.68
$0.75Asb$		3.98	3.25
			<b>OK</b>



**Caract Acero de Tralicho**

$\phi$	7.40 mm
Área $\phi$	0.43 cm <sup>2</sup>
A tralicho (20)	0.86 cm <sup>2</sup>
$f_y$ Tralicho	5000 kg/cm <sup>2</sup>
$\phi 1Mn$ Tralicho	1.07 tonxm

**Caract Acero Positivo**

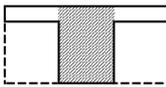
Diámetro	Área
mm	cm <sup>2</sup>
R1= 7.30	0.42
R2= 8.70	0.59
R3= 11.70	1.08
$f_y = 5000$	kg/cm <sup>2</sup>

<b><math>As(\text{min})+ \text{cm}^2</math></b>			
ACI 10.5.1			
$As \text{ min}$	Min:	3.95	3.25
$0.75Asb$		17.53	6.49
			<b>OK</b>

\* Considerando la altura del área de concreto en compresión menor al espesor del ala

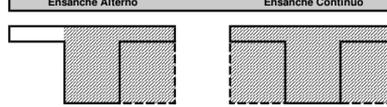
**Cálculo del  $eVc$**

**Aligerado sin ensanche**



$bw$	9 cm
$Vc$	2.09 Ton
$e2Vc$	1.78 Ton

**Aligerado con Ensanche**



$bw$	29.5 cm
$Vc$	6.85 Ton
$e2Vc$	5.83 Ton

$bw$	50 cm
$Vc$	11.62 Ton
$e2Vc$	9.87 Ton

**Cálculo del Ascolocado y  $\phi Mn$**

**Momento Negativo**

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ ) y $\phi Mn$ (tonxm)							
		Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	Comb 6	Comb 7	Comb 8
$e$ Varilla	8mm	0.50	0.50	1.01	1.13	1.63	2.26	2.50	3.13
	12mm	1.13			1.13				4.00
	5/8"	2.00							
$\phi 1Mn$	3/8"	0.71							
	1/2"	1.29							
	5/8"	2.00							
$a$ (cm)	1.31	2.63	2.96	4.27	5.91	6.54	8.19	10.46	
Astotal-	8	2x8	12	8+12	2x12	8+5/8"	12+5/8"	2x5/8"	

		Combinaciones de Acero Corrugado ( $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ ) y $\phi Mn$ (tonxm)							
		Comb 9	Comb 10	Comb 11	Comb 12	Comb 13	Comb 14	Comb 15	Comb 16
$e$ Varilla	8mm	0.71	1.29	1.42	2.00	2.58	2.71	3.29	4.00
	12mm								
	5/8"								
$\phi 1Mn$	3/8"	0.71			0.71	2.58	0.71		
	1/2"	1.29			1.29		2.00	1.29	
	5/8"	2.00			2.00		2.00	2.00	4.00
$a$ (cm)	1.86	3.37	3.71	5.23	6.75	7.08	8.60	10.46	
Astotal-	3/8"	1/2"	2x3/8"	3/8"+1/2"	2x1/2"	3/8"+5/8"	1/2"+5/8"	2x5/8"	

**Momento Positivo**

		Combinaciones de Acero corrugado ( $f_y=5000 \text{ kg/cm}^2$ ) y $\phi Mn$ (tonxm)									
		Comb' 1	Comb' 2	Comb' 3	Comb' 4	Comb' 5	Comb' 6	Comb' 7	Comb' 8	Comb' 9	Comb' 10
$e$ Varilla	Tralicho	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
	7.5mm	0.42		0.42		0.42		0.42		0.42	
	9.0mm	0.59			0.59			0.59		0.59	
	12.0mm	1.08					1.08		1.08	1.08	2.15
$\phi 1Mn$	1.07	1.59	1.81	2.10	2.32	2.39	2.53	2.90	3.11	3.68	
$a$ (cm)	0.48	0.72	0.81	0.95	1.05	1.08	1.15	1.32	1.42	1.69	
Astotal+	T	T+7.5	T+9	T+2x7.5	T+7.5+9	T+12	T+2x9	T+7.5+12	T+9+12	T+2x12	

**SISTEMA DE LOSA ALIGERADA ALITEC**  
**Metrado de Carga Muerta por Metro Lineal de Vigüeta**

Peso del Concreto Armado 2400 kg/m<sup>3</sup>  
Peso del Piso Terminado 100 kg/m<sup>2</sup>  
Peso del Poliestireno Expandido 10 kg/m<sup>3</sup>

H Losa cm	Ancho m	Vigüeta Peso Kg	Peso de Vigüeta Alitec con Albañilería de Arcilla										Carga Muerta/Vigüeta		
			Bloque Albañilería de Arcilla			Concreto en Obra			PARCIAL			Piso Term	TOTAL		
			Bovedilla Unid	Largo m	Área Trans mm <sup>2</sup>	Vol Unit m <sup>3</sup>	Peso Unid Kg	Parcial Kg	Vol mm <sup>3</sup>	Vol m <sup>3</sup>	Peso Kg	Peso Kg	Peso Kg	Kg/m	Ton/m
17	0.5	12.20	5	0.20	45950	0.009	6.25	31.25	37825	0.038	90.78	134.23	184.23	50	0.184
20	0.5	12.71	5	0.20	58250	0.012	7.50	37.5	36025	0.036	86.46	136.67	186.67	50	0.187
25	0.5	13.25	5	0.20	78750	0.016	10.75	53.75	40525	0.041	97.26	164.26	214.26	50	0.214
30	0.5	14.25	5	0.20	99278	0.020	10.94	54.68	47483	0.047	113.96	182.88	232.88	50	0.233

H Losa cm	Ancho m	Vigüeta Peso Kg	Peso de Vigüeta Alitec con Albañilería de Concreto Aligerado										Carga Muerta/Vigüeta		
			Bloque Albañilería de Concreto Vibrado			Concreto en Obra			PARCIAL			Piso Term	TOTAL		
			Bovedilla Unid	Largo m	Área Trans mm <sup>2</sup>	Vol Unit m <sup>3</sup>	Peso Unid Kg	Parcial Kg	Vol mm <sup>3</sup>	Vol m <sup>3</sup>	Peso Kg	Peso Kg	Peso Kg	Kg/m	Ton/m
17	0.5	12.20	5	0.20	45950	0.009	7.21	36.05	37825	0.038	90.78	139.03	189.03	50	0.189
20	0.5	12.71	5	0.20	58250	0.012	8.50	42.5	36025	0.036	86.46	141.67	191.67	50	0.192
25	0.5	13.25	5	0.20	78750	0.016	12.08	60.42	40525	0.041	97.26	170.93	220.93	50	0.221
30	0.5	14.25	5	0.20	99278	0.020	15.40	76.99	47483	0.047	113.96	205.20	255.20	50	0.255

H Losa cm	Ancho m	Vigüeta Peso Kg	Peso de Vigüeta Alitec con Albañilería de Poliestireno Expandido										Carga Muerta/Vigüeta		
			Bloque Albañilería de Poliestireno Expandido			Concreto en Obra			PARCIAL			Piso Term	TOTAL		
			Bovedilla Unid	Largo m	Área Trans mm <sup>2</sup>	Vol Unit m <sup>3</sup>	Peso Unid Kg	Parcial Kg	Vol mm <sup>3</sup>	Vol m <sup>3</sup>	Peso Kg	Peso Kg	Peso Kg	Kg/m	Ton/m
17	0.5	12.20	1	1.00	45950	0.046	0.46	0.46	37825	0.038	90.78	103.44	153.44	50	0.153
20	0.5	12.71	1	1.00	58250	0.058	0.58	0.58	36025	0.036	86.46	99.75	149.75	50	0.150
25	0.5	13.25	1	1.00	78750	0.079	0.79	0.79	40525	0.041	97.26	111.30	161.30	50	0.161
30	0.5	14.25	1	1.00	99278	0.099	0.99	0.99	47483	0.047	113.96	129.20	179.20	50	0.179

**ANEXO 10:**  
**Fichas Técnicas del Ladrillo para el Sistema**  
**Convencional y para el Sistema Prefabricado Alitec**



## FICHA TÉCNICA

Actualizado el 01 de Marzo 2017

DEFINICIÓN DEL PRODUCTO				
		<b>HUECO 15 RAYA</b>		
<b>USO:</b>		<i>Ladrillo para techos y entrepisos aligerados.</i>		
<b>MATERIAS PRIMAS:</b> <i>Mezcla de arcillas.</i>		<b>Unidad</b>	<b>Especificación Interna</b>	<b>Requisitos Normados:</b> NTP. 399.613 NTP. 331.040 RNE. 070
PROPIEDADES FÍSICAS:				
PESO: Mínimo - Máximo		Kg	7.260 - 7.800	-
DIMENSIONES:	Largo	cm	30.0	2% 29.4 Mín. 30.6 Máx.
	Ancho	cm	30.0	2% 29.4 Mín. 30.6 Máx.
	Alto	cm	15.0	2% 14.7 Mín. 15.3 Máx.
ABSORCIÓN DE AGUA		%	< 22.0	Máx. 22.0
ÁREA DE VACÍOS		%	71 - 75	-
ALABEO		mm	< 4.0	Máx. 4.0
DENSIDAD		g/cm <sup>3</sup>	1.90 - 2.00	-
EFLORESCENCIA		-	No presenta	No presenta
RENDIMIENTO		Und/m <sup>2</sup>	9	9
PROPIEDADES MECÁNICAS:				
RESISTENCIA A LA FLEXO-TRACCIÓN		Kg/cm <sup>2</sup>	> 2.0	Mín. 2.0

Nota:

Ladrillo utilizado para la construcción de losas en techos transitables, que requieren gran aislación térmica y acústica, con una mayor área de agarre para el tarrajeo gracias a su acanalado diseño.



Oficina: República de Panamá 3563 5to. Piso - of. 501, Telf.: (0511) 422-2468 / Fax: (0511) 440-2675

Planta: Panamericana Norte, Altura Km. 30.5 - Carabaylo, Telf.: (0511) 660-2808 / (0511) 660-2805 Fax: (0511) 660-2805 anexo 22

[www.ladillospiramide.com](http://www.ladillospiramide.com)



## FICHA TÉCNICA

Actualizado el 01 de Marzo 2017

DEFINICIÓN DEL PRODUCTO										
		<p align="center"><b>Bovedilla Pirámide 15 (Fontanella)</b></p>								
<b>USO:</b>		<i>Ladrillo para techos y entrepisos aligerados.</i>								
<b>MATERIAS PRIMAS:</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Unidad</th> <th>Especificación Interna</th> <th>Requisitos Normados:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Mezcla de arcillas.</i></td> <td></td> <td>NTP. 399.613 NTP. 331.040 RNE. 070</td> </tr> </tbody> </table>			Unidad	Especificación Interna	Requisitos Normados:	<i>Mezcla de arcillas.</i>		NTP. 399.613 NTP. 331.040 RNE. 070
Unidad	Especificación Interna	Requisitos Normados:								
<i>Mezcla de arcillas.</i>		NTP. 399.613 NTP. 331.040 RNE. 070								
PROPIEDADES FÍSICAS:										
PESO: Mínimo - Máximo		Kg	6.980 - 7.500	-						
DIMENSIONES:										
	Largo	cm	20.0	2% Mín. Máx.						
	Ancho	cm	36.0 - 40.6	2% Mín. Máx.						
	Alto	cm	15.0	2% Mín. Máx.						
ABSORCIÓN DE AGUA		%	< 22.0	Máx. 22.0						
ALABEO		mm	< 4.0	Máx. 4.0						
DENSIDAD		g/cm <sup>3</sup>	1.90 - 2.00	-						
EFLORESCENCIA		-	No presenta	No presenta						
RENDIMIENTO		Und/m <sup>2</sup>	9	9						
PROPIEDADES MECÁNICAS:										
RESISTENCIA A LA FLEXO-TRACCIÓN		Kg/cm <sup>2</sup>	> 2.0	Mín. 2.0						

Nota:

Ladrillo utilizado para la construcción de losas en techos transitables, que requieren gran aislación térmica y acústica.



Oficina: República de Panamá 3563 5to. Piso - of. 501, Telf.: (0511) 422-2468 / Fax: (0511) 440-2675

Planta: Panamericana Norte, Altura Km. 30.5 - Carabaylo, Telf.: (0511) 660-2808 / (0511) 660-2805 Fax: (0511) 660-2805 anexo 22

[www.ladrillospiramide.com](http://www.ladrillospiramide.com)

**ANEXO 11:**  
**Norma E-060**  
**Capítulo 8**  
**Análisis y Diseño Consideraciones Generales**

## CAPÍTULO 8 ANÁLISIS Y DISEÑO — CONSIDERACIONES GENERALES

### 8.1 MÉTODOS DE DISEÑO

**8.1.1** Para el diseño de estructuras de concreto armado se utilizará el Diseño por Resistencia. Deberá proporcionarse a todas las secciones de los elementos estructurales Resistencias de Diseño ( $\phi R_n$ ) adecuadas, de acuerdo con las disposiciones de esta Norma, utilizando los factores de carga (amplificación) y los factores de reducción de resistencia,  $\phi$ , especificados en el Capítulo 9.

Se comprobará que la respuesta de las elementos estructurales en condiciones de servicio (deflexiones, agrietamiento, vibraciones, fatiga, etc.) queden limitadas a valores tales que el funcionamiento sea satisfactorio.

### 8.2 CARGAS

**8.2.1** Las estructuras deberán diseñarse para resistir todas las cargas que puedan obrar sobre ella durante su vida útil.

**8.2.2** Las cargas serán las estipuladas en la Norma Técnica de Edificación E.020 Cargas, con las reducciones de sobrecarga que en ella se permiten, y las acciones sísmicas serán las prescritas en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.

**8.2.3** Deberá prestarse especial atención a los efectos ocasionados por el preesforzado, las cargas de montaje y construcción, cargas de puentes grúa, vibración, impacto, retracción, variaciones de temperatura, flujo plástico, expansión de concretos de retracción compensada y asentamientos diferenciales de los apoyos.

### 8.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS

**8.3.1** Todos los elementos estructurales deberán diseñarse para resistir los efectos máximos producidos por las cargas amplificadas, determinados por medio del análisis estructural, suponiendo una respuesta lineal elástica de la estructura, excepto cuando se modifiquen los momentos flectores de acuerdo con 8.4. Se permite simplificar el diseño usando las suposiciones indicadas en 8.6 a 8.9.

**8.3.2** Excepto para elementos de concreto preesforzado, se pueden emplear métodos aproximados de análisis estructural para edificaciones con luces, alturas de entresijos y tipos de construcción convencional.

**8.3.3** En pórticos arriostrados lateralmente, para calcular los momentos debidos a cargas de gravedad en las vigas y columnas construidas monolíticamente con la estructura, se podrán considerar empotrados los extremos lejanos de las columnas de ambos entresijos.

**8.3.4** Como alternativa a los métodos de análisis estructural, se permite utilizar para el análisis por cargas de gravedad de vigas continuas, losas armadas en una dirección y vigas de pórticos de poca altura, los siguientes momentos y fuerzas cortantes aproximados, siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- (a) Haya dos o más tramos.
- (b) Las luces de los tramos sean aproximadamente iguales, sin que la mayor de dos luces adyacentes exceda en más de 20% a la menor.
- (c) Las cargas sean uniformemente distribuidas y no existan cargas concentradas. Las cargas uniformemente distribuidas en cada uno de los tramos deben tener la misma magnitud.
- (d) La carga viva en servicio no sea mayor a tres veces la carga muerta en servicio.
- (e) Los elementos sean prismáticos de sección constante.
- (f) Si se trata de la viga de un pórtico de poca altura, este debe estar arriostrado lateralmente para las cargas verticales.

- Momento positivo
  - (a) Tramos extremos
    - El extremo discontinuo no está restringido ..... (1/11)  $wu \ell_n^2$
    - El extremo discontinuo es monolítico con el apoyo ..... (1/14)  $wu \ell_n^2$
  - (b) Tramos interiores ..... (1/16)  $wu \ell_n^2$
- Momento negativo en la cara exterior del primer apoyo interior
  - (a) Dos tramos: ..... (1/9)  $wu \ell_n^2$
  - (b) Más de dos tramos: ..... (1/10)  $wu \ell_n^2$
- Momento negativo en las demás caras de apoyos interiores..... (1/11)  $wu \ell_n^2$
- Momento negativo en la cara de todos los apoyos para losas con luces que no excedan de 3 m y vigas en las cuales el cociente entre la suma de las rigideces de las columnas y la rigidez de la viga exceda de 8 en cada extremo del tramo: ..... (1/12)  $wu \ell_n^2$
- Momento negativo en la cara interior de los apoyos exteriores para los elementos construidos monolíticamente con sus apoyos:
  - Cuando el apoyo es una viga de borde: ..... (1/24)  $wu \ell_n^2$
  - Cuando el apoyo es una columna: ..... (1/16)  $wu \ell_n^2$
- Fuerza Cortante
  - Cara exterior del primer apoyo interior: .....  $1,5 (1/2) wu \ell_n^2$
  - Caras de todos los demás apoyos: ..... (1/2)  $wu \ell_n^2$

El valor de  $\ell_n$  es la luz libre del tramo. Para el cálculo de los momentos negativos en las caras de los apoyos interiores,  $\ell_n$  se tomará como el promedio de las luces libres adyacentes.

#### 8.4 REDISTRIBUCIÓN DE MOMENTOS EN ELEMENTOS CONTINUOS SOMETIDOS A FLEXIÓN

8.4.1 Excepto cuando se empleen métodos aproximados para el cálculo de los momentos flectores, se permite disminuir los momentos amplificados ( $M_u$ ) - calculados asumiendo comportamiento lineal elástico de la estructura - en las secciones de máximo momento negativo o máximo momento positivo en cualquier vano de un elemento continuo sometido a flexión, para cualquier distribución de carga supuesta, en no más de:

$$1000 \epsilon_t \quad (\text{en porcentaje}) \quad (8-1)$$

$\epsilon_t$  es la deformación unitaria neta de tracción en el acero más alejado del borde comprimido de la sección, cuando esta alcanza su resistencia nominal ( $M_n$ ). La deformación neta excluye las deformaciones unitarias causadas por: el preesfuerzo efectivo, el flujo plástico, la retracción de fraguado y la variación de temperatura.

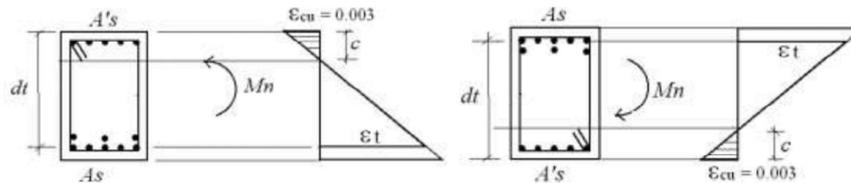
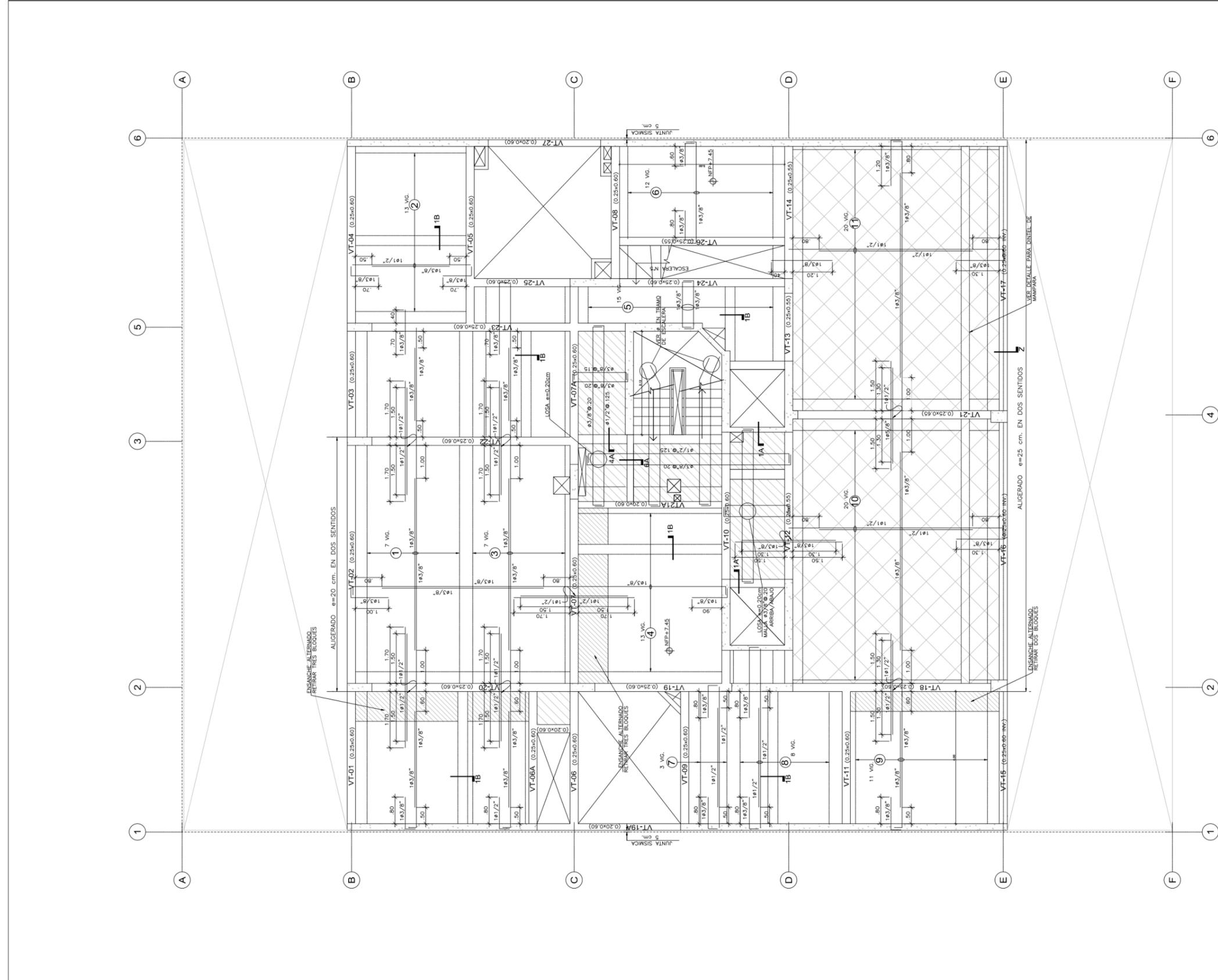


Fig. 8.4.1 Deformación del acero  $\epsilon_t$  para flexión positiva y negativa en una sección rectangular.

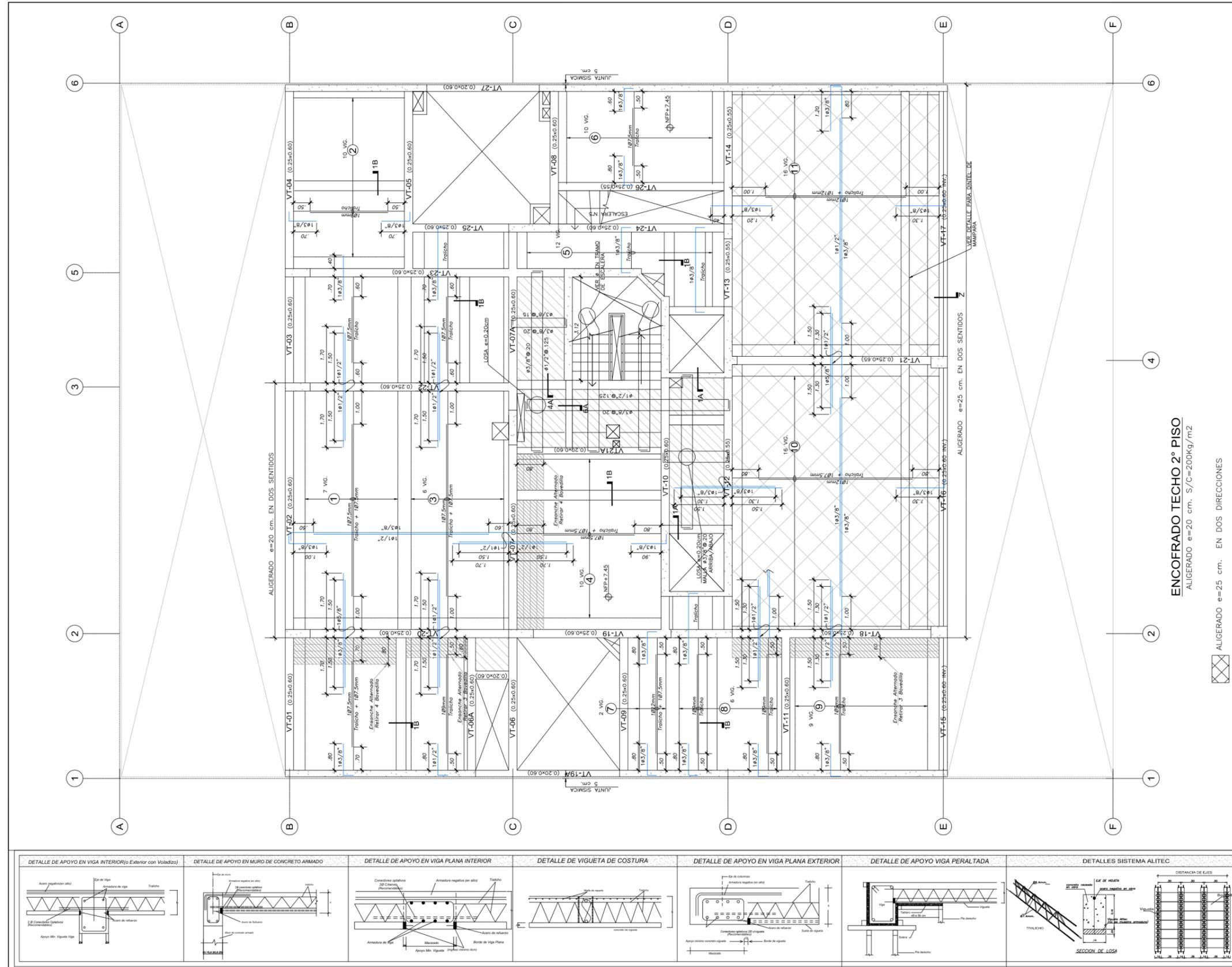
**ANEXO 12:**  
**Plano de Encofrado del 2° Piso**  
**Convencional y Alitec**  
**Proyecto: “Vivienda Multifamiliar Tudela y Valera”**



**ENCOFRADO TECHO 2° PISO**  
ALIGERADO e=20 cm. S/C=200Kg/m<sup>2</sup>

⊠ ALIGERADO e=25 cm. EN DOS DIRECCIONES

		<b>R. RIOS J. INGENIEROS</b>	
		OBRA: VIVIENDA MULTIFAMILIAR TUDELA Y VARELA N°: 2241-13	LAMINA E 10 de 24
PROY: INMOBILIARIA INDIANAPOLIS S.A.C.		REVISION:	
PLAN: ENCOFRADO TECHO 2° PISO		FECHA:	
REVISION:		MARZO-2014	
DISEÑADOR: J.Luis Vega P.		ESCALA: 1/100	



**SISTEMA DE LOSAS ALIGERADAS**

**ALITEC**  
PLANTA Y PROYECTOS  
Av. LAS TORRES Mz. E Lote 3 CMP STA MARIA DE HUACHIPA - Telef: 3710245 Teléfono: 3710245

**TENSION DE FLECUENCIA**

4200 Kg/cm <sup>2</sup>	5000 Kg/cm <sup>2</sup>
Ø 6.5 mm.	Ø 6 mm.
Ø 8.1 mm.	Ø 7.5 mm.
Ø 9.9 mm.	Ø 9 mm.
Ø 13.1 mm.	Ø 12 mm.

*Nota:*  
- Estas son las áreas de acero positiva equivalente para una flecuencia de 5000 kg/cm<sup>2</sup>  
- Todo Acero positivo de las viguetas Alitec tiene una flecuencia de 5000 kg/cm<sup>2</sup>

**Viga Chata Alitec**

Acero Negativo 2Ø1/2"  
Acero Positivo 2Ø1/2" + Ref. por Diseño  
Estribo 7.7x7x7.7 Ø 6.5 mm esp. 50

**DETALLE TECHO ALIGERADO ALITEC**

**TRALICHO**

1- Ø8.4mm. 3- Ø7.4mm.  
3- Ø7.4mm. 4- Ø4.6mm.

TENSION MAXIMA 5000 Kg/cm<sup>2</sup>  
TENSION DE FLECUENCIA 5000 Kg/cm<sup>2</sup>

**RECOMENDACIONES:**  
- PARA EL CASO EN QUE SE CORTA EL FIERRO SUPERIOR DE LA VIGUETA PARA LAS INSTALACIONES SANITARIAS, SEGUIR INDICACIONES DEL "MANUAL DE DISEÑO" Pág.15  
- EN CASO QUE LA VIGUETA EXCEDE LA MEDIDA, CORTARLA SEGUN INDICACIONES DEL "MANUAL DE DISEÑO" Pág.15  
- EN CASO QUE LA VIGUETA FUERE CORTA, SEGUIR INDICACIONES DEL "MANUAL DE DISEÑO" Pág.15

**NOTA:**  
LAS VIGUETAS YA CONTIENEN EL ACERO POSITIVO EN SU BASE. USAR CONTRAFLECHA DE 3mm/ml.

**NO COLOCAR ACERO POSITIVO EN OBRA**

**NOTA:**  
ESTOS PLANOS DEBERAN LEERSE CONJUNTAMENTE CON LOS PLANOS DEL PROYECTO ORIGINAL, ELABORADO POR EL INGENIERO CIVIL.

**COLOCAR ACERO NEGATIVO EN OBRA**

PROPIETARIO:  
INMOBILIARIA INDIANAPOLIS S.A.C.

PROFESIONAL:  
**R. RIOS J. INGENIEROS**

REVISADO:  
ITAL CONCRETO S.A.C  
-Área de Proyectos-

PROYECTO:  
VIVIENDA MULTIFAMILIAR  
TUDELA Y VARELA

PLANO:  
ENCOFRADO Y MONTAJE DE VIGUETAS  
2º PISO

FECHA:  
JUNIO 2014

LAMINA:  
**E-10**

ESCALA:  
1/50