

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“ENTREPISO PREFABRICADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE
EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE 11 PISOS MÁS 1
SÓTANO, URB. LOS RECAUDADORES, ATE, LIMA 2021”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título
profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Ricardo Ronald Jara Santa Maria

Asesor:

Dr. Ing. Omart Tello Malpartida
<https://orcid.org/0000-0002-5043-6510>

Lima - Perú

DEDICATORIA

A Dios por guiar mis pasos.
A mi padre, Ricardo, por prepararme para la vida.
A mi madre, Aurora, por tu amor y comprensión.
A mi amada esposa, Stephane, mi fiel compañera en esta etapa tan maravillosa.
A mis queridos hijos Samira, Dayana y Yamil por ser la felicidad de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios que me lo ha dado todo, una familia en quien confiar y mi carrera profesional.

Le doy gracias a mis padres Ricardo y Aurora por el amor y el apoyo brindado.
A Stephane por ser el AMOR DE MI VIDA y estar a mi lado en tiempos buenos y malos.

A Samira, Dayana y Yamil por ser el motor que impulsa mi existir.
A la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE y a sus profesores por las enseñanzas proporcionadas en las aulas y fuera de ellas.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN EJECUTIVO.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	15
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	21
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	49
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS	60
ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Volumen de concreto en losas con sistema vigacero y pretensado	53
Tabla 2: Costo del concreto en losas con sistema vigacero y pretensado	53
Tabla 3: Cantidad de acero en kilogramos	54
Tabla 4: Cuadro comparativo de los costos de acero entre los sistemas vigacero y pretensado	55
Tabla 5: Costo unitario de colocación de viguetas vigacero	55
Tabla 6: Costo unitario de colocación de viguetas pretensadas	56
Tabla 7: Cuadro comparativo de la mano de obra entre el sistema vigacero y el pretensado.....	56
Tabla 8: Cronograma de losa aligerada con viguetas pretensadas	57
Tabla 9: Cronograma de losa aligerada con viguetas vigacero	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Residencial Salamanca 7	11
Figura 2. Residencial Salamanca 8	11
Figura 3. Residencial Salamanca 10	11
Figura 4. Residencial Salamanca 11.....	12
Figura 5. Residencial Salamanca 12.....	12
Figura 6. Residencial Salamanca 13.....	13
Figura 7. Residencial Salamanca 14.....	13
Figura 8. Organigrama de la empresa.....	14
Figura 9. Componentes del sistema vigacero	18
Figura 10. Detalle isométrico de la vigueta	19
Figura 11. Características de la vigueta	19
Figura 12. Casetón de poliestireno expandido	20
Figura 13. Características de los casetones de EPS	20
Figura 14. Vista en Google Maps de la ubicación del proyecto	23
Figura 15. Plano de Ubicación	24
Figura 16. Plano de Arquitectura: Planta sótano	25
Figura 17. Plano de Arquitectura: Planta 1° Nivel	26
Figura 18. Plano de Arquitectura: Planta 2° - 9° Nivel.....	27
Figura 19. Plano de Arquitectura: Planta 10° Nivel (dúplex).....	28
Figura 20. Plano de Arquitectura: Planta 11° Nivel (dúplex).....	29
Figura 21. Plano de Arquitectura: Elevación	30
Figura 22. Plano de Arquitectura: Elevación 3d.....	31

Figura 23. Excavación de terreno con excavadora.....	34
Figura 24. Maquinaria para perforar e inyectar concreto	34
Figura 25. Colocación de lechada de cemento	35
Figura 26. Enmallado con acero de muro de contención	35
Figura 27. Encofrado de muro con sistema tipo pachamanca	36
Figura 28. Tensado de cables.....	36
Figura 29. Colocación de malla y vaciado de zapatas	37
Figura 30. Excavación de zapatas y zona de cuarto de bombas y cisterna.....	37
Figura 31. Vaciado de Solado y enmallado de base de cuarto de bombas y cisterna.....	38
Figura 32. Vaciado de concreto a zapatas	38
Figura 33. Encofrado de muros de cuarto de bombas y cisterna.....	39
Figura 34. Vaciado de concreto en losa del cuarto de bombas y cisterna.....	39
Figura 35. Estructuras: Plano de encofrado sótano	41
Figura 36. Estructuras: Plano de encofrado 1° piso	42
Figura 37. Estructuras: Plano de encofrado 2° - 7° piso (típico).....	43
Figura 38. Sectorización de losa para encofrado y vaciado de concreto	44
Figura 39. Vaciado de concreto en losa del sótano 1° sector.....	45
Figura 40. Vaciado de concreto en losa del sótano 2° sector	45
Figura 41. Colocación de viguetas de acero y poliestireno en la losa del 1° nivel.....	46
Figura 42. Encofrado con soleras de madera y puntales metálicos de losa del 1° nivel	46
Figura 43. Colocación de aditivo a las viguetas de acero	47
Figura 44. Colocación de malla Rf.....	48
Figura 45. Tarrajeo final.....	48
Figura 46. Cuadro comparativo del peso unitario de losa utilizando las viguetas	49

Figura 47. Colocación de viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla	49
Figura 48 Peso de la vigueta vigacero con poliestireno expandido	50
Figura 49. Detalle de viga VT-7 con el sistema pretensado	51
Figura 50. Detalle de viga VT-7 con el sistema vigacero	51
Figura 51. Detalle de viga VT-12 con el sistema pretensado.....	52
Figura 52. Detalle de viga VT-12 con el sistema vigacero.....	52
Figura 53. Detalle de espaciamiento de viguetas	53

RESUMEN EJECUTIVO

La experiencia profesional se realizó en el proceso constructivo del edificio Residencial de Monterrico 14 que consta de 11 pisos + 1 sótano en el distrito de Ate, para este proyecto se utilizó un sistema nuevo en los entrepisos, que estuvo conformado por viguetas de acero y casetones de poliestireno de relleno. En la zona de cimentación se utilizó muros pantallas anclados, realizando el encofrado de estos con el material propio del terreno y con una excavadora, de esa forma el tiempo de la ejecución del casco gris se redujo.

Para mejorar el proceso constructivo en edificaciones, en la experiencia profesional se planteó la utilización de este nuevo sistema de entrepisos denominado vigacero se trabajó con la empresa Arcotecho, la cual proporcionó los materiales y también realizó una capacitación al personal de la empresa.

Finalmente se determinó que el sistema de entrepisos vigacero influyó de manera positiva en la construcción del edificio multifamiliar Residencial de Monterrico 14, alcanzando una disminución de costos de S/ 56 805.15 y una disminución del plazo de ejecución de 2 meses y medio.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción de la Empresa:

CONSTRUCTORA LINCONS INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C. es una empresa constructora de capitales peruanos que cuenta con profesionales de más de 10 años de experiencia en el rubro de la construcción de edificios multifamiliares. Contribuyendo con el progreso del país en la ciudad de Lima, debido a su crecimiento poblacional, la necesidad de adquirir una propiedad es sumamente importante para la mayoría de los peruanos, es por eso que ante la gran demanda que hay en estos tiempos, se puede ver gran cantidad de edificios en todas las zonas de nuestra capital que están conformados por departamento de 1 dormitorio hasta 3 dormitorios que son los más comunes, las cuales van a depender de la ubicación en donde se ejecute la obra, las necesidades que tengan las personas y el área del terreno.

1.2 Año de fundación:

La Constructora fue fundada en julio del 2016.

1.3 Visión y Misión:

Misión: Los servicios que brinda la empresa son de ingeniería y construcción basándose del talento humano y la experiencia, sumado a la calidad, innovación y a una mejora continua en los procesos constructivos que permite que la empresa sea más eficiente dentro de las metas planteadas para así convertirse en socios estratégicos de sus clientes.

Visión: Ser reconocida por los trabajos de construcción y por las innovaciones al momento de ejecutar las obras, utilizando los materiales e insumos más adecuados que optimicen el desarrollo de los proyectos.

1.4 Tipos de servicios que brinda:

Teniendo experiencia en distintas especialidades ofrece los servicios de construcción de edificaciones multifamiliares. tanto en la parte estructural como los acabados internos

como son enchapes, pintura, granito, vidrios, estructuras metálicas, trabajos en madera y derivados.

1.5 Principales obras que ha realizado:

La empresa ha realizado varias edificaciones multifamiliares de las cuales las más importante son las que ha hecho en el distrito de Ate:

- Residencial Salamanca 7 de Monterrico ubicada en la calle las Fucsias 128 en el distrito de Ate, como se muestra en la Figura 1.
- Residencial Salamanca 8 de Monterrico ubicada en el cruce de las calles Azafranes con Tallanes en el distrito de Ate, como se muestra en la Figura 2.
- Residencial Salamanca 10 de Monterrico ubicada en la calle los Azafranes 170 en el distrito de Ate, como se muestra en la Figura 3.

Figura 2

Residencial Salamanca 7



Figura 3

Residencial Salamanca 8

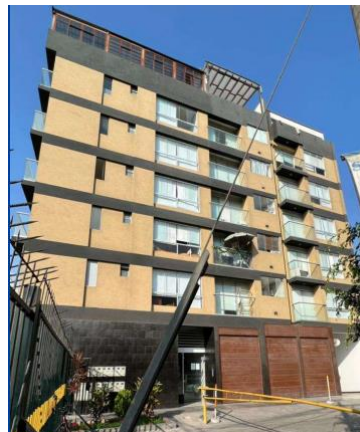


Figura 1

Residencial Salamanca 10



- Residencial Salamanca 11 de Monterrico ubicada en la calle las Campanillas 196 en el distrito de Ate, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Residencial Salamanca 11



- Residencial Salamanca 12 de Monterrico ubicada en la calle los Olmos 219 en el distrito de Ate, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Residencial Salamanca 12



- Residencial Salamanca 13 de Monterrico ubicada en la avenida Paracas 556 en el distrito de Ate, como se muestra en la Figura 6.

Figura 6

Residencial Salamanca 13



- Residencial Salamanca 14 de Monterrico ubicada en la calle los Olmos 175 en el distrito de Ate, como se muestra en la Figura 7.

Figura 7

Residencial Salamanca 14

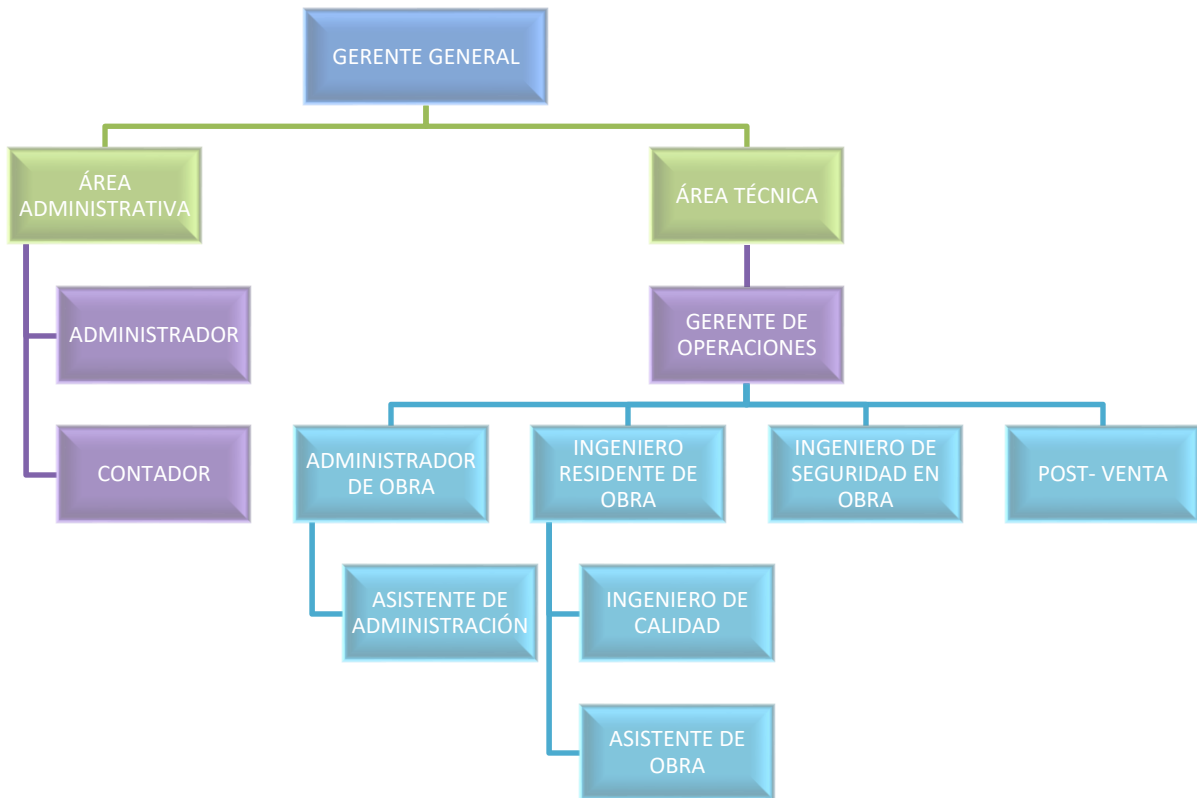


1.6 Organización de la empresa:

La empresa está conformada por el Gerente General, Administrador de la empresa, Contador, Gerente de Operaciones y el área de post venta y cada obra tiene un Administrador de Obra, Residente de Obra, Ingeniero de Calidad, Asistente del Residente de Obra, Supervisor de Seguridad y el Personal Obrero el cual estaba conformado por 92 trabajadores, como se muestra en la Figura 8.

Figura 8

Organigrama de la empresa



1.7 Participación: La participación en la empresa fue en el área técnica planificando mejoras continuas para optimizar el proceso constructivo utilizando el sistema “vigacero” en las losas y colocando muros pantallas en el sótano. La cual redució el cronograma proyectado adelantando el tiempo de entrega del edificio.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

La construcción se realizó con un sistema dual de placas y columnas, para la unión de estos elementos estructurales el proyecto fue diseñado con vigas peraltadas y losas que fueron realizadas con el sistema viga acero las cuales están conformadas por viguetas de acero tipo “U” y casetones de poliestireno formando así un diafragma rígido de menor peso. El sótano estuvo conformado por placas y muros de contención las cuales están conectadas con zapatas aisladas en la cimentación, éstas también estuvieron unidas a través de una viga de cimentación en algunos casos.

Gestión de obras: “El control de gestión de obras corresponde a la sistematización a través de procedimientos estructurados de la gestión de un determinado proyecto de construcción”. (Duran Querol, 2011, p. 33).

Planificación: “Incluye seleccionar proyectos y objetivos y decidir sobre las acciones necesarias para lograrlos; requiere toma de decisiones, es decir elegir una acción de entre varias alternativas.” (Koontz, Weihrich & Cannice, 2008, p.106).

“Seleccionar los objetivos para el sistema de operaciones de la organización y las políticas, programas y procedimientos para alcanzar tales objetivos.” (D’Alessio, 2004, p11).

“En el proyecto y la construcción se manejan muchos factores, uno de los cuales es el tiempo, que influye tanto en la eficiencia como en la rentabilidad. Por tanto, es esencial determinar la organización y la coordinación de todos los integrantes de los equipos del proyecto y de la construcción para que sus aportaciones se ajusten práctica y económicamente a los plazos correcto”. (Tunstall, 2009, p. 195).

Dirección y Coordinación: “Mandar es dirigir el personal de la organización para que ejecute lo que ha planificado y programado. La coordinación y control, le darán eficiencia al proceso. En esta definición, “mandar” y “dirigir” son sinónimos”. (Duran Querol, 2011, p. 20).

Control: Se debe realizar un control físicamente en obra, el seguimiento del avance de las partidas en obra va relacionado a la capacidad económica que tiene la empresa. “La

productividad deberá ser medida y evaluada por la cantidad, calidad, costos y tiempo de la producción de bienes y servicios, para ver si está conforme con lo planeado y programado” (D’Alessio, 2004, p13).

“Se define como control a las evaluaciones de labor realizada y de los recursos empleados, con el propósito, de tomar las medidas correctivas que se estime necesarias para que las metas se cumplan”. (Duran Querol, 2011, p. 24).

Calidad: De acuerdo a Render & Heizer (2014) “hay dos formas en que la calidad mejora la rentabilidad, mediante ganancia en las ventas, mejorando la respuesta, precios flexibles y mejora de la reputación” y la otra forma es “mediante la reducción de costos, incrementando la productividad, menores costos por trabajo repetido y desperdicio y menores costos de garantía”. Es por eso que, aplicando este concepto de calidad en obra, optimizaremos varios procesos.

“La calidad de cada parte del proyecto debe ser definida previa a su adquisición y construcción. Esta definición puede hacerse exigiendo el cumplimiento de una norma o especificando las características de producto a producir y los procedimientos a emplear, el control comprobará los procedimientos y la calidad final”. (Duran Querol, 2011, p. 27).

Seguridad durante la construcción: “Actualmente la construcción es uno de los principales motores de la economía.

Es una industria a partir de la cual se desarrollan diferentes actividades (directas o indirectas) que coadyuvan a la generación de muchos puestos de trabajo.

Sin embargo, la diversidad de labores que se realizan en la construcción de una edificación ocasiona muchas veces accidentes y enfermedades en los trabajadores y hasta en los visitantes de obra”. (Reglamento nacional de edificaciones, 2014, p. 21).

Sistema Estructural Dual: “Consiste en un pórtico tridimensional acoplado con muros estructurales, ambos de alta ductilidad y resistencia. Los pórticos deben soportar al menos el 25% de las cargas horizontales. El pórtico acoplado con los muros estructurales debe soportar la totalidad de las cargas laterales”. (Rochel Awad, 2012, p. 104).

Muro de corte o placa: “Muro estructural diseñado para resistir combinaciones de fuerzas cortante, momentos y fuerzas axiales inducidas por cargas laterales”.(Reglamento nacional de edificaciones, 2014, p. 416).

Columnas: “Elemento con una relación entre altura y menor dimensión lateral menor que tres, usado principalmente para resistir carga axial de compresión”. (Reglamento nacional de edificaciones, 2014, pág. 415).

Muro estructural: “Elemento estructural, generalmente vertical empleado para encerrar o separar ambientes, resistir cargas axiales de gravedad y resistir cargas perpendiculares a su plano proveniente de empujes laterales de suelos o líquidos”. (Reglamento nacional de edificaciones, 2014, p. 416).

Cimentaciones superficiales: “Son aquellas en las cuales la relación, Profundidad/ ancho (D_f/B) es menor o igual a cinco (5), siendo D_f la profundidad de la cimentación y B el ancho o diámetro de la misma.

Son cimentaciones superficiales las zapatas aisladas, conectadas y combinadas; las cimentaciones continuas (cimientos corridos) y las plateas de cimentación”. (Reglamento nacional de edificaciones, 2014, pág. 318)

Losa: “Elemento estructural de espesor reducido respecto de sus otras dimensiones usado como techo o piso, generalmente horizontal y armado en una o dos direcciones según el tipo de apoyo existente en su contorno. Usado también como diafragma rígido para mantener la unidad de la estructura frente a cargas horizontales de sismo”. (Reglamento nacional de edificaciones, 2014, p. 416).

Sistema Vigacero:

Vigacero es un sistema de techo aligerado conformadas por casetones de poliestireno expandido EPS de alta densidad y viguetas prefabricadas de acero que están hechas mediante un proceso de conformado en frío y se fabrican de diferentes tipos de acero.

- Acero al carbono laminado en caliente, calidades: AISI/SAE 1015, ASTM A1011 Grado 37.

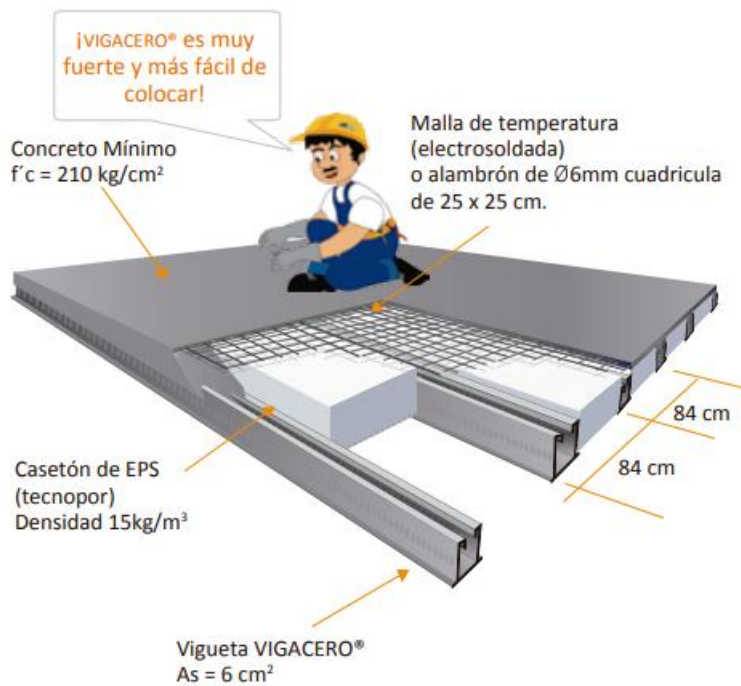
- Acero pre- galvanizado de alta resistencia ASTM A653 grado estructural SS.
- Acero Cold Rolled de alta resistencia ASTM A 1008.

De estos 3 se utilizó el acero pre-galvanizado ASTM A653 (Carbajal & Quium ,2014, p.1).

En la Figura 9 se detalla los componentes del sistema son:

Figura 9

Componentes del sistema vigacero



Nota. Tomada del Manual técnico vigacero.

Vigueta Vigacero. Los detalles y las características se muestran en las Figuras 10 y 11.

Figura 10

Detalle isométrico de la vigueta



Nota. Tomada del Manual técnico vigacero.

Figura 11

Características de la vigueta

CARACTERISTICAS DE LA VIGUETA	
Dimensiones	h = 9 cm*
	b = 13 cm* b1 = 2.5 cm*
Peso	4.80 kg/ml*
Espesor	1.5 mm*
Normas	- ASTM A 1011 - ASTM A 1008 - ASTM A 653
Fy	min 2530 kg/cm ²
Luz Libre Máxima	8.00 m
Luz máxima sin puntales	3.0 m

*Valores Nominales

Nota. Tomada del Manual técnico vigacero.

Casetón de poliestireno expandido. Los tipos y características se muestran en las Figuras 12 y 13.

Figura 12

Casetón de poliestireno expandido.



Nota. Tomada del Manual técnico vigacero.

Figura 13

Características de los casetones de EPS.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CASETONES DE EPS	
DIMENSIONES	Largo: 1.00 ó 2.00 m Ancho: 75 ó 60 cm Espesor: de 9, 12, 15, 20 a 30 cm
PESO MAXIMO POR UNIDAD	1.0 kg / casetón estándar e=9 cm 1.7 kg / casetón estándar e=15 cm
DENSIDAD	15 kg/m ³
COLOR	Blanco
ACABADO	Lisos, ranurados o pre-tarrajeado
COMPORTAMIENTO FISICO QUIMICO (*)	Material incombustible, que contiene agente ignífugo (no propaga llama), auto extinguable.

Nota. Tomada del Manual técnico vigacero.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1 Presentación:

La experiencia laboral fue en la construcción de una edificación de 11 pisos más 1 sótano en la urbanización los recaudadores en el distrito de Ate – Lima, denominado Residencial Salamanca 14 de Monterrico (R14).

El área del terreno es de 679.09 m². en la cual se construyó un edificio multifamiliar de 67 departamentos.

Los objetivos de la experiencia profesional son:

Objetivo General: Determinar cómo influye el sistema de entrepiso prefabricado en la construcción del edificio multifamiliar Residencial de Monterrico 14.

Objetivo Específico 1: Evaluar de qué manera el sistema de entrepiso prefabricado influye en el **costo de la construcción** del edificio multifamiliar Residencial de Monterrico 14.

Objetivo Específico 2: Calcular en qué medida el sistema de entrepiso prefabricado influye en el **plazo de ejecución** del edificio multifamiliar Residencial de Monterrico 14.

3.2 Descripción del Proyecto:

Esta obra se está ejecutando en Calle Los Olmos 175 Urbanización Recaudadores en el distrito de Ate – Lima, desde setiembre del 2021 hasta la actualidad, con la empresa “CONSTRUCTORA LINCONS INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.”.

La Obra se adjudicó en modalidad de suma alzada ya que la constructora da un monto considerando todos los trabajos necesarios para la obra y para esto se basa de los planos, memorias y presupuestos.

La construcción de esta edificación está proyectada para 18 meses, de los cuales hemos intervenido en la parte más crítica del proceso constructivo que es la ejecución del casco del edificio, utilizando materiales y técnicas que nos ahorren tiempo y dinero para poder entregarlo en 13 meses (finales de octubre 2022).

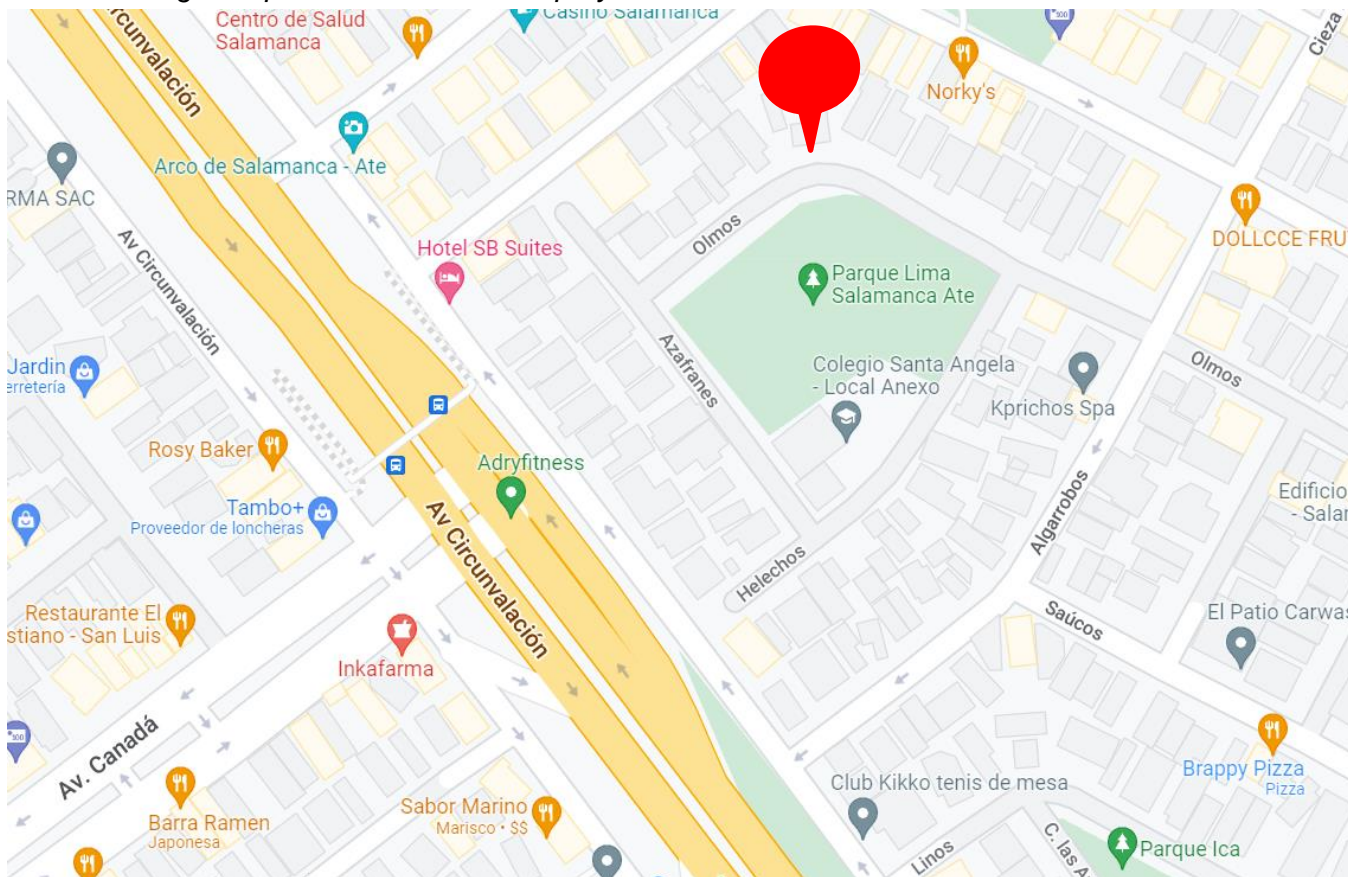
La constructora viene realizando desde 2016 construcciones de edificios multifamiliares en el distrito de Ate, de los cuales participe en 4 de ellos desde el 2020 hasta la actualidad, Residencial de Salamanca R11, R12, R13 y R14.

La ubicación geográfica, los planos de ubicación, los planos de arquitectónicos de planta, elevación y 3d, se muestran en las Figuras 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22.

3.2.1 Ubicación geográfica:

Figura 14

Vista en Google Maps de la ubicación del proyecto.



Nota. Adaptada de Google Maps.

3.2.2. Planos:

Figura 15

Plano de Ubicación.

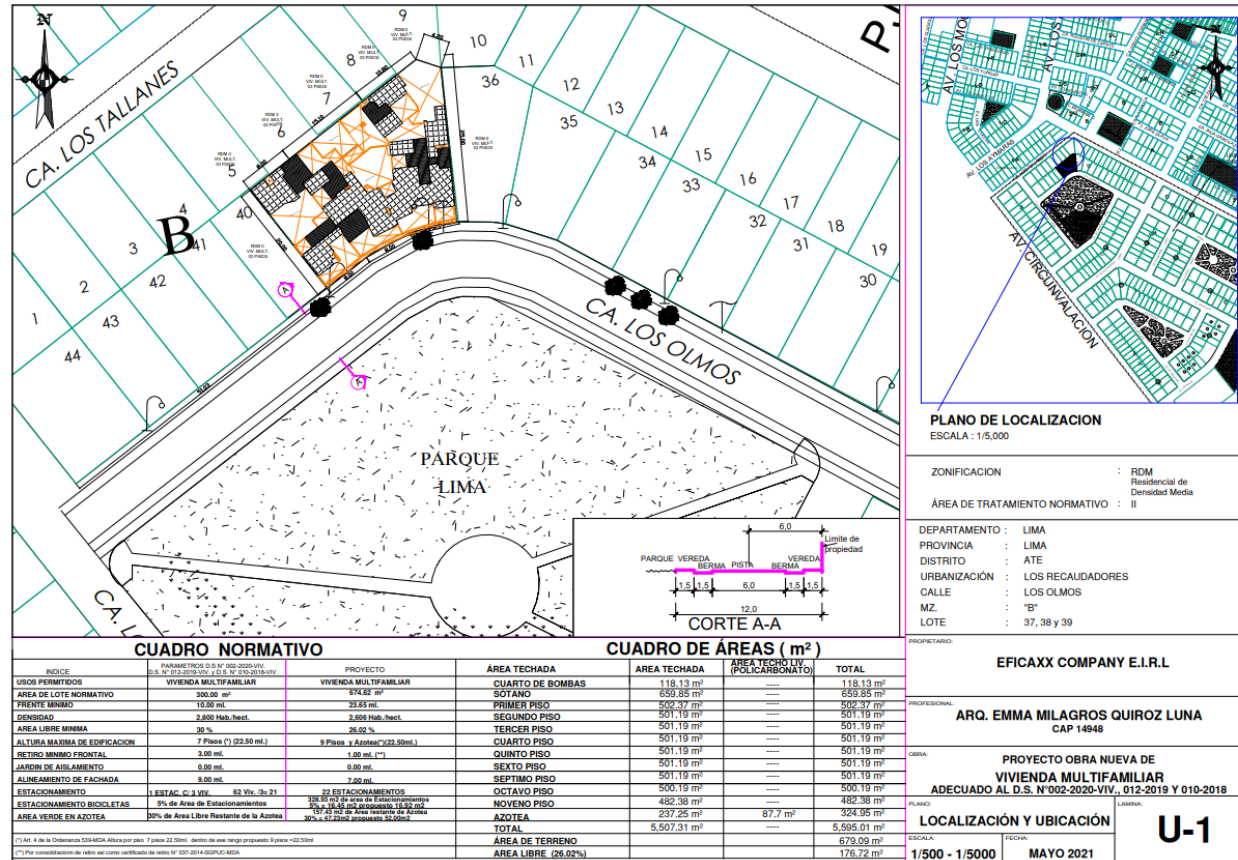


Figura 16

Plano de Arquitectura: Planta sótano



Figura 17

Plano de Arquitectura: Planta 1° Nivel.



Figura 18

Plano de Arquitectura: Planta 2° - 9° Nivel.



Figura 19

Plano de Arquitectura: Planta 10° Nivel (dúplex).



Figura 20

Plano de Arquitectura: Planta 11° Nivel (dúplex).



Figura 21

Plano de Arquitectura: Elevación.

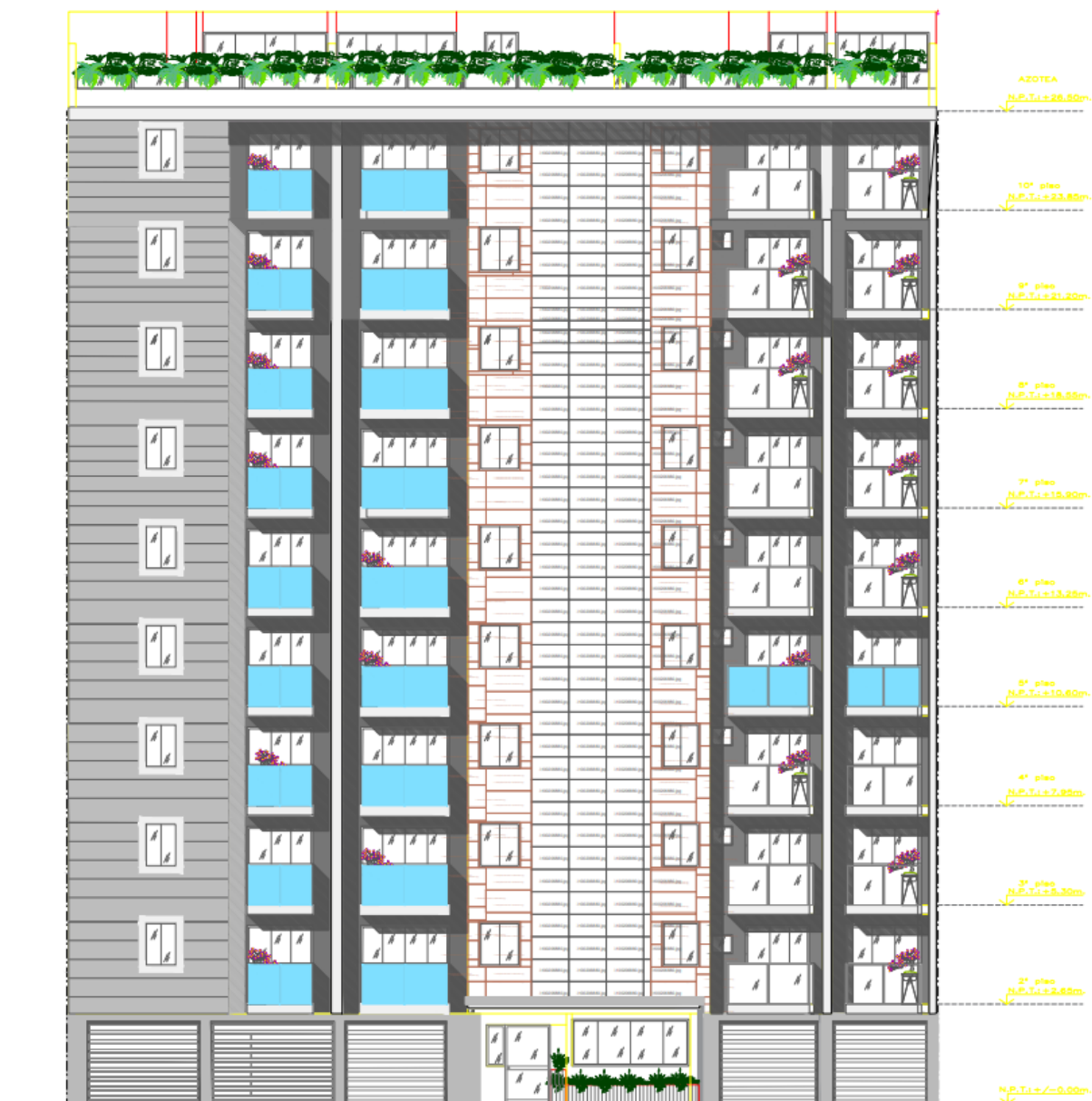


Figura 22

Plano de Arquitectura: *Elevación 3d*



3.3 Proceso Constructivo:

3.3.1 Excavación y Ejecución de cimentación, muros perimetrales, cisternas y cuarto de bombas:

Este trabajo se empezó en el mes de setiembre del 2021, y se realizó con una excavadora. La zona por donde se empezó a excavar fueron los muros de contención y las placas perimetrales, cerrando el cerco alrededor del terreno se excavó la zona de la cisterna y el cuarto de bombas ya que se ubica en la parte más profunda a una altura de -6.35m., seguida de las zapatas de las placas y columnas internas.

En las zonas colindantes con los vecinos se tuvo mayor cuidado al momento de retirar el material y se trabajó por partes y con banquetas para evitar el deslizamiento del terreno.

El proyecto indicaba colocar calzaduras hacia los vecinos, se cambió el sistema a muro pantalla anclado, aunque la edificación solo tuviera 1 sótano, eso permitiría realizar los muros de contención y las placas en menor tiempo y con la seguridad de no interferir debajo de las propiedades colindantes.

El proceso constructivo fue de la siguiente manera; perforar e inyectar los anclajes postensados, luego se excava las banquetas de tierra que se habían dejado inicialmente hasta una profundidad de 2.40m. y con un ancho de 3.00m a 3.50m, después se realizó el trabajo de perfilado manualmente para emparejar el terreno de forma vertical y se colocó en las paredes agua con cemento para evitar el desprendimiento del material, una vez seco y verificando la estabilidad de las paredes, se vació un solado en la base para que el acero de los muros de contención o las placas puedan ser colocados.

Terminando con el enmallado en ese sector se pasó a encofrar con paneles y soleras de madera, utilizando así el sistema encofrado enterrado, que también es conocida en obra como encofrado pachamanca, en este sistema se utiliza el material del terreno para apuntalar los elementos de madera con la ayuda de la excavadora.

Luego de vaciado de concreto en los muros, se desencofran y después que el concreto obtenga su resistencia adecuada (4 a 7 días, para que el bulbo alcance su

resistencia) se procede a tensar los cables con una gata hidráulica colocándole un cabezal. Una vez hecho ese proceso se comienza a ejecutar la parte inferior que incluye parte de los muros y las zapatas colocando el acero que indican los planos del proyecto.

Se verifica que al realizar este proceso es más rápido que la colocación de calzaduras, para estabilizar el terreno colindante, ya que, en vez de hacerlo manualmente, se realiza el trabajo con una excavadora.

Para la ejecución de la cisterna y cuarto de bombas el vaciado de concreto de la base y los muros se realizó uniformemente en una sola acción, evitando así la utilización del wáter stock, haciendo una estructura monolítica previniendo futuras fisuras y filtraciones.

El proceso de excavación, vaciado de concreto en placas, muros, zapatas y ejecución del cuarto de bombas y cisterna se realizó en dos meses.

Los procesos de excavación, enmallado, encofrado y vaciado de concreto de los muros pantallas, cimentación, cisterna y cuarto de bombas se muestran a continuación en las Figuras 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 y 34.

Figura 23

Excavación de terreno con excavadora



Nota. Se deja banquetas en todo el perímetro para evitar el deslizamiento del terreno.

Figura 24

Maquinaria para perforar e inyectar concreto.



Figura 25

Colocación de lechada de cemento



Nota. Se agrega lechada de cemento para la estabilización del terreno en vertical.

Figura 26

Enmallado con acero de muro de contención



Figura 27

Encofrado de muro con sistema tipo pachamanca.



Figura 28

Tensado de cables



Nota. Luego de vaciado el muro y posterior desencofrado, se procede a tensionar los cables mediante gata hidráulica.

Figura 29

Colocación de malla y vaciado de zapatas



Nota. Después de haber tensionado los cables, se realiza el enmallado de la parte inferior.

Figura 30

Excavación de zapatas y zona de cuarto de bombas y cisterna



Figura 31

Vaciado de Solado y enmallado de base de cuarto de bombas y cisterna



Figura 32

Vaciado de concreto a zapatas



Figura 33

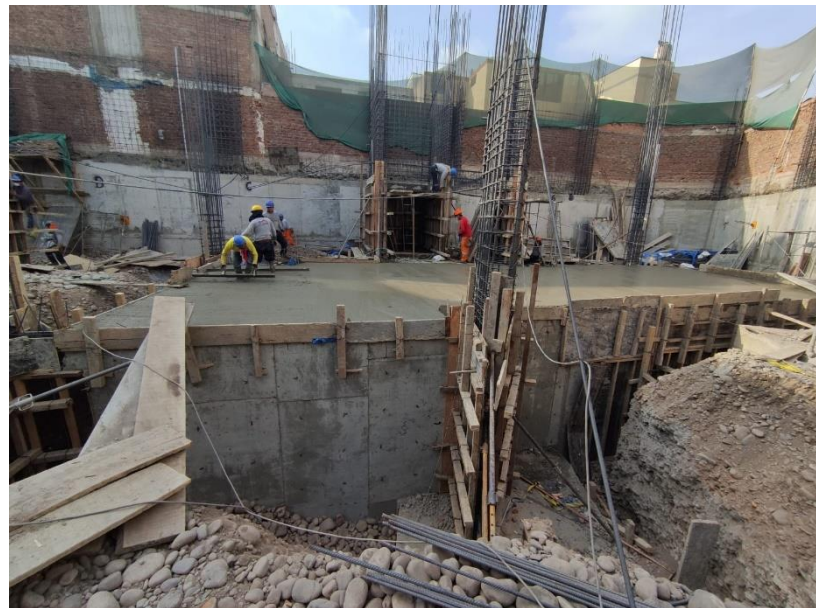
Encofrado de muros de cuarto de bombas y cisterna



Nota. El vaciado se realizó en una sola acción.

Figura 34

Vaciado de concreto en losa del cuarto de bombas y cisterna



3.3.2 Construcción de entrepisos con sistema vigacero:

Este sistema de losa aligerada es nuevo para la empresa, la constructora siempre había trabajado con viguetas de concreto prefabricado y bovedillas de arcilla. Al inicio de los trabajos se solicitó a la empresa Arcotecho que, de una clase de inducción a todo el personal de la empresa, ya que nunca habían trabajado con este sistema y les parecía muy riesgoso.

Cuando se realizó el primer techo, todo el personal trabajó a paso lento con mucho cuidado caminando despacio, es por eso que el vaciado de la losa se hizo 2 días después de lo programado. Ya en los techos superiores el personal adquirió más confianza y comenzó a trabajar con su ritmo habitual. Es parte de la curva de aprendizaje.

Se pudo apreciar que el izaje de estos materiales se hacía únicamente con un winche y era mucho más rápido, debido al peso que estos presentan.

El encofrado de las losas se hizo con dos o tres soleras apuntaladas con puntales metálicos. De esta manera con este sistema el encofrado también se realizó en menor tiempo.

El vaciado de esta losa se hizo en dos sectores para aprovechar el encofrado al máximo y poder también habilitar las placas y columnas del proyecto.

De esa forma se pudo optimizar los vaciados de los entrepisos que fue de 1 piso por semana. Con excepciones de la losa del sótano y las losas de los dúplex.

El tiempo de ejecución de los entrepisos fue de 3 meses y medio.

Los planos estructurales de los encofrados y el proceso constructivo de estos, así como la sectorización que se realizó, se observan en las Figuras 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41 y 42.

Figura 35

Estructuras: Plano de encofrado sótano

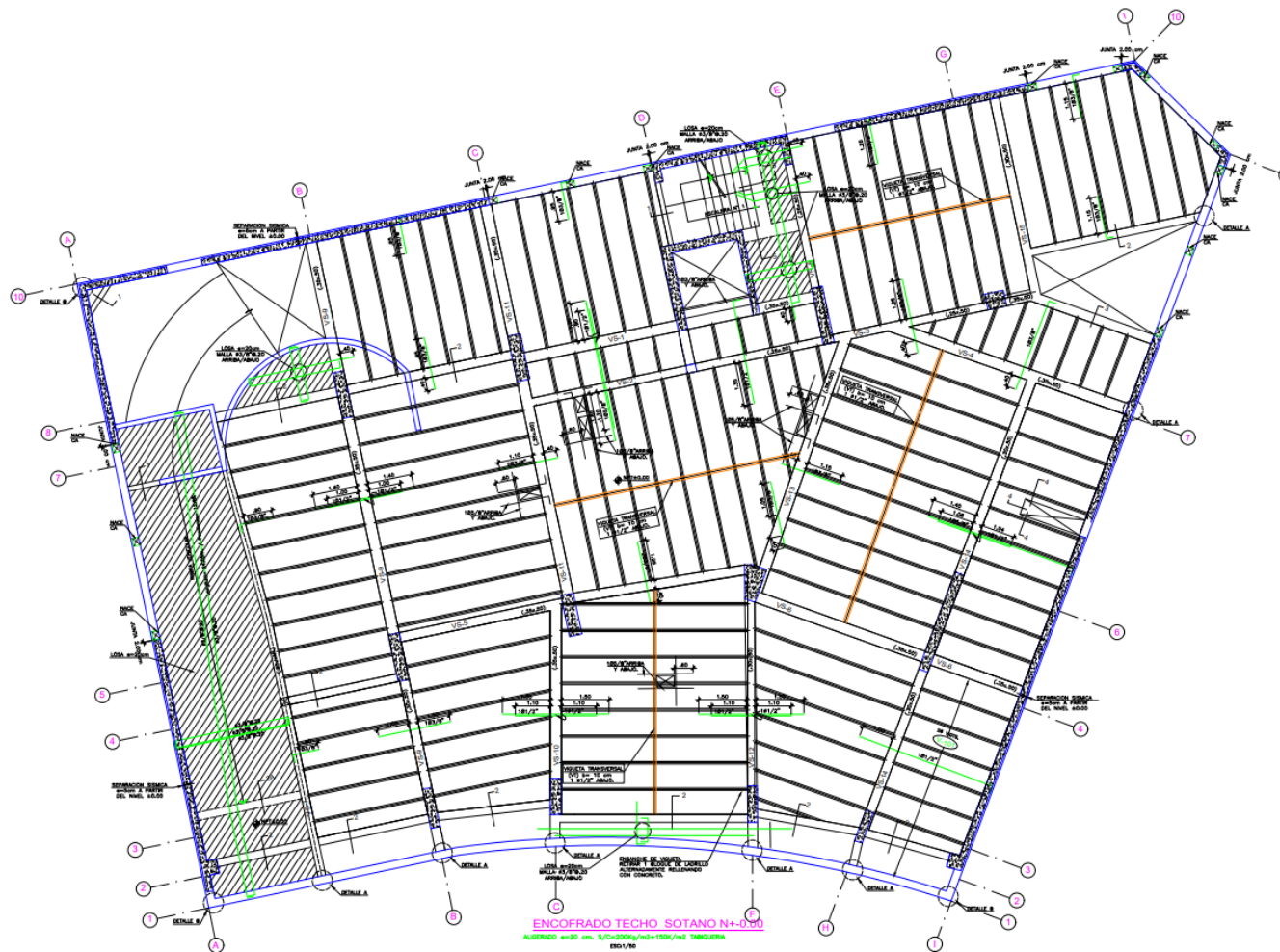


Figura 36

Estructuras: Plano de encofrado 1° piso



Figura 37

Estructuras: Plano de encofrado 2° - 7° piso (típico)

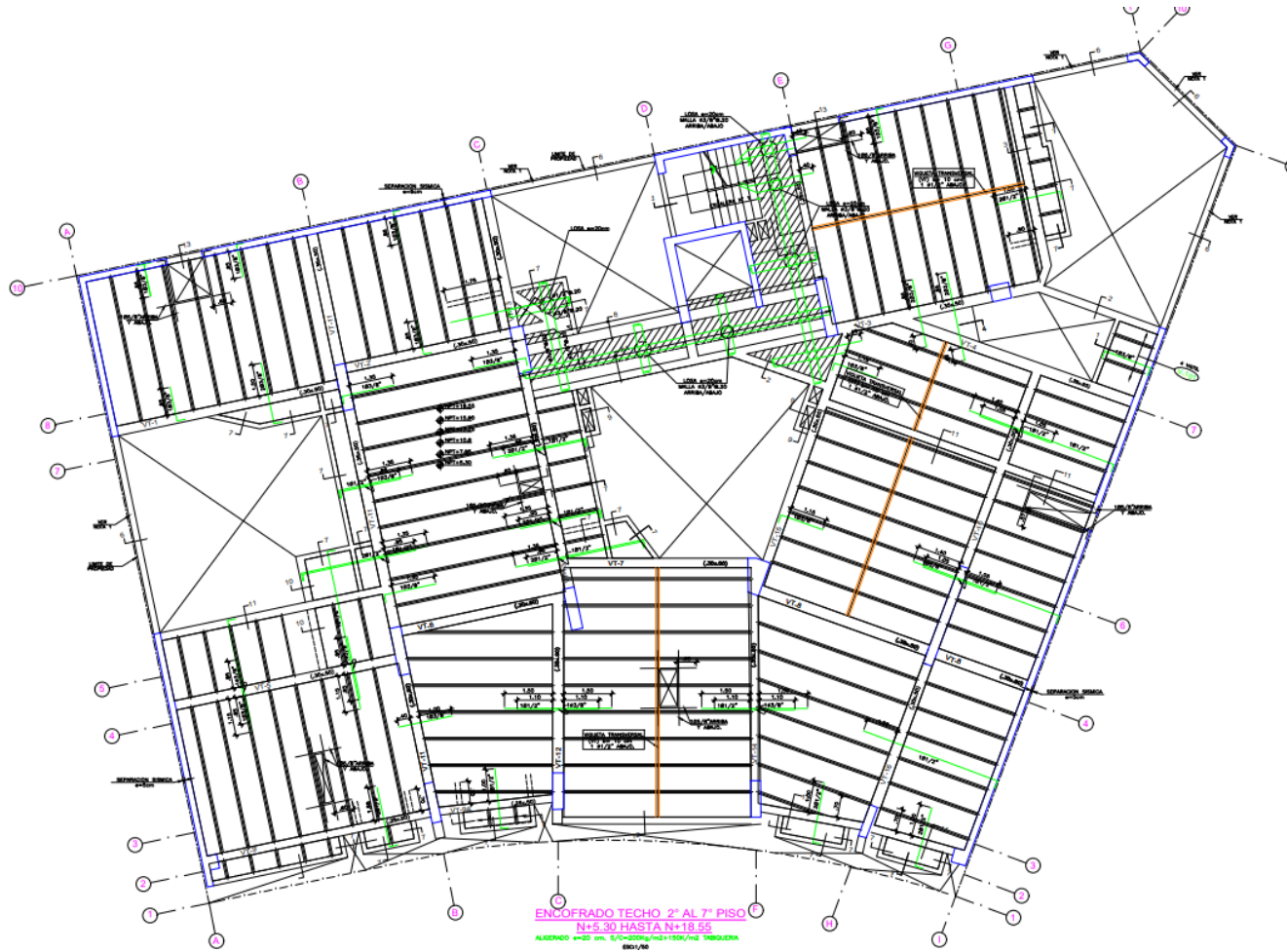


Figura 38

Sectorización de losa para encofrado y vaciado de concreto

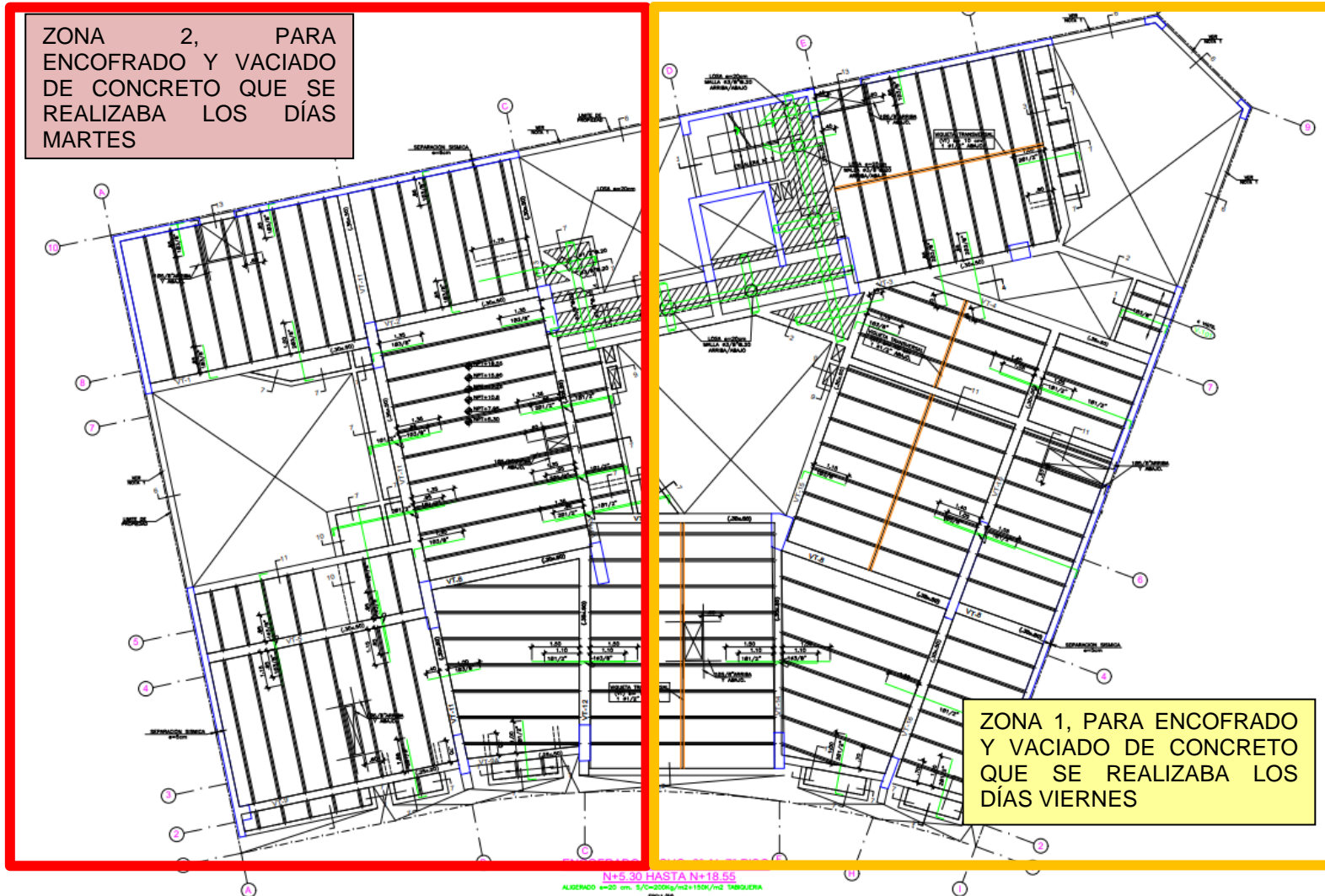


Figura 39

Vaciado de concreto en losa del sótano 1° sector



Figura 40

Vaciado de concreto en losa del sótano 2° sector



Figura 41

Colocación de viguetas de acero y poliestireno en la losa del 1° nivel



Figura 42

Encofrado con soleras de madera y puntales metálicos de losa del 1° nivel



3.3.3 Acabados Internos, tarrajeo de cielo raso.

Para el tarrajeo del cielo raso se utilizó el material elaborado por FORTE CEM que es un producto elaborado a base de sulfato de calcio más otros aditivos que permiten obtener una buena adherencia y evitar tener fisuras.

Antes de la colocación de ladrillos se hace el tarrajeo del cielo raso, para esto se coloca un aditivo a las viguetas de acero para evitar la corrosión, luego con el material de FORTE CEM se coloca una malla especial para así evitar fisuramiento, luego se coloca una segunda mano de empastado y el material queda listo para ser nivelado.

Este procedimiento se observa en las Figuras 43, 44 y 45.

Figura 43

Colocación de aditivo a las viguetas de acero



Nota. La colocación de este aditivo evita la corrosión de las viguetas. Adaptada del Manual técnico de vigacero.

Figura 44

Colocación de malla Rf



Nota. Esta malla se coloca para evitar la fisuración y es resistente al fuego. Tomada del Manual técnico de vigacero.

Figura 45

Tarraieo final.



Nota. Tomada del Manual técnico de vigacero.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Diferencia en el peso: Anteriormente la empresa constructora había trabajado los entrepisos con las viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla de otro proveedor.

En las Figuras 46 y 47 se muestra los pesos unitarios y la colocación de las viguetas pretensadas. Y en las Figura 48 el peso de la losa con el sistema vigacero.

Figura 46

Cuadro comparativo del peso unitario de losa utilizando las viguetas

CUADRO COMPARATIVO - PESO UNITARIO DE LOSA POR M ²					
ESPOSOR DE LOSA (CM)	SISTEMA TRADICIONAL LADRILLO ARCILLA A 40 CM	SISTEMA CON VIGUETAS PRETENSADAS UNICON			
		BOVEDILLA POLIESTIRENO A 50 CM	MIX (BANDEJA CONCRETO + BLOQUE DE POLIESTIRENO) A 50 CM	BOVEDILLA ARCILLA A 50 CM	BOVEDILLA CONCRETO A 50 CM
17	270 Kg	190 Kg	260 Kg	265 Kg	----
20	300 Kg	210 Kg	278 Kg	280 Kg	315 Kg
25	350 kg	250 kg	306 kg	335 kg	360 Kg
30	400 Kg	300 Kg	336 Kg	400 Kg	----

Nota. Adaptado de la ficha técnica viguetas pretensadas.

Figura 47

Colocación de viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla



Figura 48

Peso de la vigueta vigacero con poliestireno expandido

Peso de viguetas con albañilería de Poliestireno expandido											
			viguetas	Casetón de Poliestireno expandido (EPS)				Concreto en Obra		PESO PARCIAL	
	Espesor de losa H	Espacio entre eje	Peso	Casetón	Largo	Vol	Peso Unid (aprox.)	Vol	Peso		
	cm	m	Kg/m	und	m	m ³	Kg	m ³	Kg		Kg/m ²
VIGUETAS PREFABRICADA DE CONCRETO (Sistema Tralicho)	17	0.6	12.2	1	1.0	0.059	0.59	0.06	139.20	152.0	
	20	0.5	12.71	1	1.0	0.060	0.60	0.08	187.20	200.5	
	25	0.5	13.25	1	1.0	0.081	0.81	0.09	220.80	234.9	
	30	0.5	14.25	1	1.0	0.102	1.02	0.11	259.20	274.5	
VIGUETAS PRETENSADAS DE CONCRETO (Sistema Pretensado)	17	0.6	17.28	1	1.0	0.059	0.59	0.06	138.0	180.0	
	20	0.5	19.5	1	1.0	0.060	0.60	0.07	165.6	210.0	
	25	0.5	19.5	1	1.0	0.081	0.81	0.09	211.2	250.0	
	30	0.5	19.5	1	1.0	0.102	1.02	0.11	264.0	300.0	
VIGUETAS PREFABRICADAS VIGACERO®	13	0.84	4.8	1	1.0	0.068	1.01	0.047	113.3	119.1	
	16	0.84	4.8	1	1.0	0.090	1.35	0.058	139.2	145.4	
	20	0.84	4.8	1	1.0	0.113	1.69	0.062	148.8	155.3	
	CASETÓN DE EPS DENSIDAD 15 Kg/m ³	25	0.84	4.8	1	1.0	0.150	2.25	0.066	158.4	165.5
	30	0.74	4.8	1	1.0	0.163	2.44	0.070	168.0	175.3	
SISTEMA CONVENCIONAL DE ENTREPIOS	17	0.4	76.8	1	0.2	0.011	6.50	0.08	192.0	275.3	
	20	0.4	84	1	0.2	0.014	7.40	0.09	216.0	307.4	
	25	0.4	96	1	0.2	0.018	7.40	0.10	240.0	343.4	
	30	0.4	108	1	0.2	0.018	12.00	0.11	271.2	391.2	

Nota. Tomado del Manual técnico de vigacero.

Observando las 2 tablas podemos apreciar que el peso por m2 en una losa de altura de 20 cm. es:

- Sistema pretensado: 280 kg/m2.
- Sistema vigacero: 155.3 kg/m2.

La diferencia de estos 2 sistemas es de 124 kg/m2.

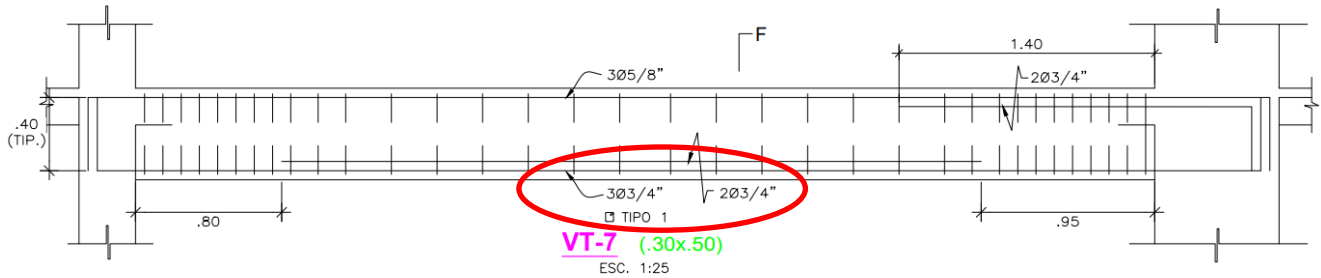
Esta diferencia de peso va a influir en el diseño del acero que estaba inicialmente proyectado, ya que se le solicitó al ingeniero estructural recalcular nuevamente las vigas con el sistema vigacero. Lo que arrojó fue una diferencia en la cantidad de acero colocada en este elemento.

También el peso influye en el momento del acarreo, se va a realizar el traslado de las viguetas de acero y el poliestireno con menor personal y más rápido.

4.2 Diferencia en los materiales: En las Figuras 49, 50, 51 y 52 se observan la diferencia de acero entre estos 2 sistemas.

Figura 49

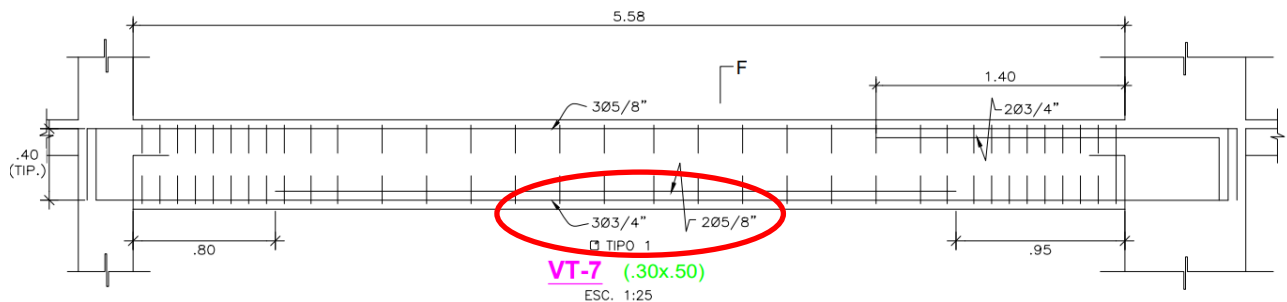
Detalle de viga VT-7 con el sistema pretensado



Nota. Planos iniciales utilizando la losa aligerada con el sistema pretensado.

Figura 50

Detalle de viga VT-7 con el sistema vigacero

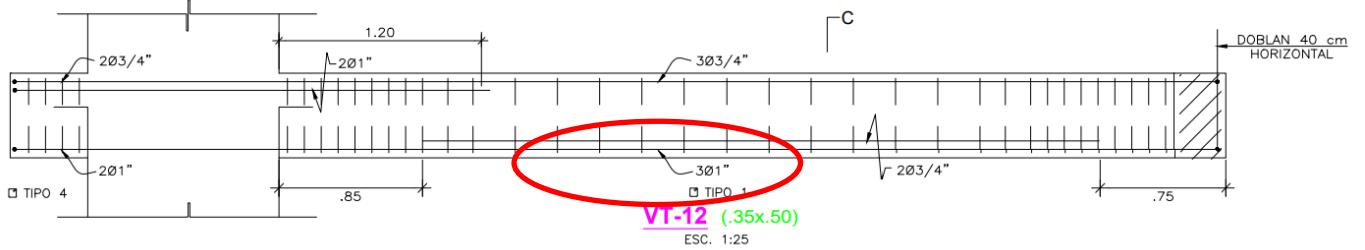


Nota. Planos cambiados utilizando la losa aligerada con el sistema vigacero.

Se puede apreciar que la sección del acero inferior ha disminuido de 2 Ø3/4” a 2 Ø5/8”.
Entonces debido a la disminución del acero el costo de los materiales también va a disminuir.

Figura 51

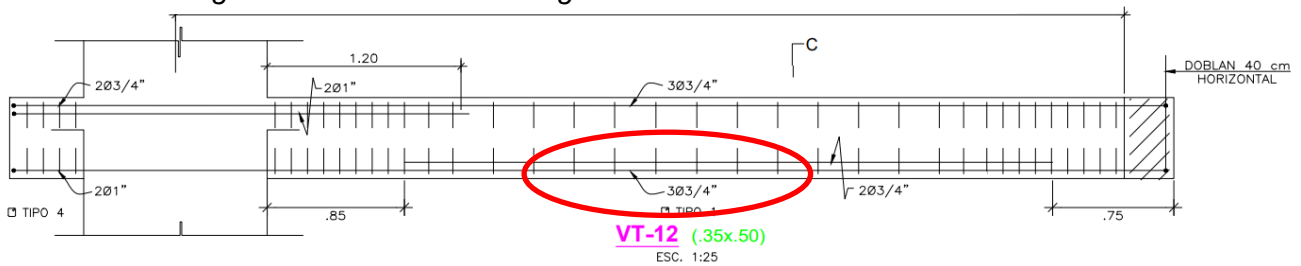
Detalle de viga VT-12 con el sistema pretensado



Nota. Planos iniciales utilizando la losa aligerada con el sistema pretensado.

Figura 52

Detalle de viga VT-12 con el sistema vigacero



Nota. Planos cambiados utilizando la losa aligerada con el sistema vigacero.

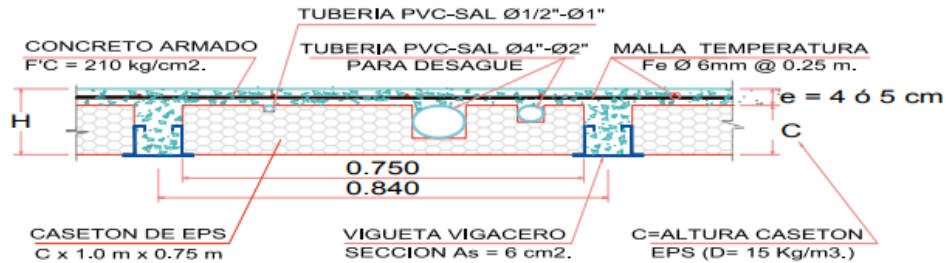
Se puede apreciar que la sección del acero inferior ha disminuido de 3 Ø1” a 3 Ø3/4”.
Entonces debido a la disminución del acero el costo de los materiales también va a disminuir.

Otro de los materiales que también disminuye es el concreto ya que las viguetas de
acero tienen una separación de 0.84cm.

En la Figura 53 se detalla el espaciamiento de viguetas.

Figura 53

Detalle de espaciamiento de viguetas



Nota. Tomados del Manual técnico de vigacero.

4.3 Evaluación económica

4.3.1 Sistema Vigacero

4.3.1.1 Volumen de concreto

En las Tablas 1 y 2 se presenta el volumen del concreto y el costo.

Tabla 1

Volumen de concreto en losas con sistema vigacero y pretensado.

Descripción	Área Total de losas (m ²)	Concreto (m ³ /m ²)	Total de Volumen de concreto (m ³)
Losa aligerada vigacero	3687.97	0.062	228.65
Losa aligerada pretensada	3687.97	0.080	295.04

Tabla 2

Costo del concreto en losas con sistema vigacero y pretensado.

Descripción	Total de Volumen de concreto (m ³)	Costo del concreto por m ³ (S/)	Costo Total del Volumen de concreto (S/)
Losa aligerada vigacero	228.65	S/ 255.00	S/ 58,306.81
Losa aligerada pretensada	295.04	S/ 255.00	S/ 75,234.59

4.3.1.2 Cantidad de Acero

En las Tablas 3 y 4 se presenta la cantidad de acero y el costo.

Tabla 3

Cantidad de acero en kilogramos

TIPO DE VIGA	SISTEMA PRETENSADO					SISTEMA VIGACERO				
	LONGITUD (ml)					LONGITUD (ml)				
	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"
VT-04				24.75				24.75		
VT-05					23.73				23.73	
VT-06				18.81				18.81		
VT-07				7.64				7.64		
VT-09				10.84				10.84		
VT-10				14.3				14.3		
VT-12					12.03				12.03	
VT-13					17.68				17.68	
VT-14					23.13				23.13	
viguetas	361.47	461.1	81.6			218.92	278.18	51		
Longitud Total x diámetro (ml.)	361.47	461.10	81.60	76.34	76.57	218.92	278.18	127.34	76.57	0.00
Peso x metro lineal (kg.)	0.56	0.99	1.55	2.24	3.97	0.56	0.99	1.55	2.24	3.97
Peso total x diámetro (kg.)	202.42	456.49	126.48	171.00	303.98	122.60	275.40	197.38	171.52	0.00
Peso total de acero x piso (kg.)	1260.38					766.89				
Numero total de pisos	11					11				
Peso de acero en vigas (kg.)	13864.14					8435.76				
5% de desperdicio	5%					5%				
Peso total de acero en vigas y viguetas(kg.)	14557.35					8857.55				

Tabla 4

Cuadro comparativo de los costos de acero entre los sistemas vigacero y pretensado

DESCRIPCIÓN	SISTEMA PRETENSADO	SISTEMA VIGACERO
Peso total de acero en vigas y viguetas(kg.)	14557.35	8857.55
Peso total de acero en vigas y viguetas(toneladas)	14.56	8.86
Costo por tonelada (en dolares) \$	\$1,020.00	\$1,020.00
Total	\$14,848.50	\$9,034.70

4.3.1.3 Mano de Obra

En las Tablas 5, 6 y 7 se observa el costo unitario de los 2 sistemas y el cuadro comparativo.

Tabla 5

Costo unitario de colocación de viguetas vigacero.

Partida	Colocación de viguetas metálicas				Costo Unitario	4.27
Rendimiento	200	und/día				
Jornal	8	h				
Descripción	und.	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Total
Mano de Obra						4.14
Capataz	hh	0.1	0.004	29.16	0.12	
Operario	hh	2	0.080	24.3	1.94	
Peón	hh	3	0.120	17.34	2.08	
Equipo y Herramientas						0.12
herramientas manuales	%MO		0.03	4.14	0.12	

Tabla 6

Costo unitario de colocación de viguetas pretensadas.

Partida	Colocación de viguetas pretensadas				Costo Unitario	12.82
Rendimiento	100	und/dia				
Jornal	8	h				
Descripción	und.	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Total
Mano de Obra						12.44
Capataz	hh	0.1	0.008	29.16	0.23	
Operario	hh	2	0.160	24.3	3.89	
Peón	hh	6	0.480	17.34	8.32	
Equipo y Herramientas						0.37
herramientas manuales	%MO		0.03	12.44	0.37	

Tabla 7

Cuadro comparativo de la mano de obra entre el sistema vigacero y el pretensado.

Descripción	Und.	Metrado	Costo Unitario	Total
Colocación de viguetas metálicas	Und.	1001	S/ 4.27	S/ 4,269.95
Colocación de viguetas pretensadas	Und.	1639	S/ 12.82	S/ 21,008.40

Tabla 9

Cronograma de losa aligerada con viguetas vigacero.

Partida	SETIEMBRE		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				
	S 01	S 02	S 03	S 04	S 05	S 06	S 07	S 08	S 09	S 10	S 11	S 12	S 13	S 14	S 15	S 16	S 17	S 18	S 19	S 20	S 21	S 22	S 23
R-14	S 01	S 02	S 03	S 04	S 05	S 06	S 07	S 08	S 09	S 10	S 11	S 12	S 13	S 14	S 15	S 16	S 17	S 18	S 19	S 20	S 21	S 22	S 23
ESTRUCTURAS																							
CONCRETO ARMADO																							
CISTERNA																							
COLUMNAS																							
PLACAS																							
VIGAS																							
LOSAS																							
ESCALERAS																							
SOTANO																							
COLUMNAS																							
PLACAS																							
VIGAS																							
LOSAS																							
ESCALERAS																							
PRIMER PISO																							
COLUMNAS																							
PLACAS																							
VIGAS																							
LOSAS																							
ESCALERAS																							
SEGUNDO PISO																							
COLUMNAS																							
PLACAS																							
VIGAS																							
LOSAS																							
ESCALERAS																							
TERCER PISO																							
COLUMNAS																							
PLACAS																							
VIGAS																							
LOSAS																							
ESCALERAS																							
CUARTO PISO																							
COLUMNAS																							
PLACAS																							
VIGAS																							
LOSAS																							
ESCALERAS																							
QUINTO PISO																							
COLUMNAS																							
PLACAS																							
VIGAS																							
LOSAS																							
ESCALERAS																							
SEXTO PISO																							
COLUMNAS																							
PLACAS																							
VIGAS																							
LOSAS																							
ESCALERAS																							
SEPTIMO PISO																							
COLUMNAS																							
PLACAS																							
VIGAS																							
LOSAS																							
ESCALERAS																							
OCTAVO PISO																							
COLUMNAS																							
PLACAS																							
VIGAS																							
LOSAS																							
ESCALERAS																							
NOVENO PISO																							
COLUMNAS																							
PLACAS																							
VIGAS																							
LOSAS																							
ESCALERAS																							
DÉCIMO PISO																							
COLUMNAS																							
PLACAS																							
VIGAS																							
LOSAS																							
ESCALERAS																							
AZOTEA																							
COLUMNAS																							
PLACAS																							
VIGAS																							
LOSAS																							
ESCALERAS																							

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se evaluó en la experiencia profesional que el sistema de entrepiso prefabricado vigacero influye de manera positiva en el costo de construcción, dado que según la Tabla N°2 el costo del concreto disminuye en 22.50%, según la Tabla N°4 el costo del acero disminuye en 39.15% y el costo de la mano de obra según la Tabla N°7 disminuyó en 79.67%.
- Se calculó en la experiencia profesional que el sistema de entrepiso prefabricado vigacero influye de manera positiva en el en el **plazo de ejecución** del edificio multifamiliar Residencial de Monterrico 14, dado que según la Tabla N°8, Cronograma de losa aligerada con viguetas pretensadas, se observa que la finalización del casco es el 14 de mayo y en la Tabla N°9, Cronograma de losa aligerada con viguetas vigacero, la finalización es el 26 de febrero. La cual nos da un ahorro de 75 días.
- Se determinó que el sistema de entrepiso vigacero influyó de manera positiva en la construcción del edificio multifamiliar Residencial de Monterrico 14, alcanzando una disminución de costos de S/ 56 805.15 y una disminución del plazo de ejecución de 2 meses y medio.

Recomendaciones

- Evaluar el tarrajeo con otro material cementante o un agregado similar al yeso.
- Calcular el tiempo que se demora y realizar el cuadro comparativo del tarrajeo convencional y tarrajeo alternativo.
- Evaluar el costo con el tarrajeo alternativo y hacer el cuadro comparativo.

REFERENCIAS

Arcotecho. (2018). *Manual técnico Vigacero*. Obtenido de <http://vigacero.pe/>

Carbajal, E., & Quiun Wong, D. R. (2014). *Ficha técnica para diseño con vigacero [versión PDF]*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/426081361/Ficha-Tecnica-Del-Sistema-Vigacero>.

D' Alessio, F. (2004). *Administración y dirección de la producción*. Naucalpan: Pearson.

Duran Querol, R. (2011). *Gestión y dirección de empresas constructoras*. Lima: Instituto de la construcción y gerencia.

Koontz, H., Weihrich, H., & Cannice, M. (2008). *Administración una perspectiva global y empresarial*. México: McGraw-Hill.

Reglamento nacional de edificaciones. (2014).

Render, B., & Heizer, J. (2014). *Principios de administración de operaciones*. Naucalpan: Pearson.

Rochel Awad, R. (2012). *Análisis y diseño sísmico de edificios*. Medellín: EAFIT.

Tunstall, G. (2009). *La gestión del proceso de edificación*. Barcelona: Reverté.

Vigacero. (2018). *Manual técnico vigacero*. Obtenido de <https://vigacero.pe/>

ANEXOS

Anexo N°1. Ficha técnica para diseño con vigacero.

FICHA TECNICA PARA DISEÑO CON VIGACERO®

Vigueta prefabricada de acero VIGACERO®

Las viguetas son fabricadas en nuestra planta ubicada en Lima, mediante un proceso de conformado en frío.



Material

La vigueta prefabricada de acero se puede fabricar de los diferentes tipos de acero:

- Acero al carbono laminado en caliente calidades: AISI/SAE 1015, ASTM A1011 Grado 37.
- Acero pre-galvanizado de alta resistencia ASTM A653 grado estructural SS.
- Acero Cold Rolled de alta resistencia ASTM A 1008.

Sin embargo para este proyecto se utilizó acero pre-galvanizado de alta resistencia ASTM A653 grado estructural SS.

Propiedades Mecánicas

ESPECIFICACIONES DE LA VIGUETA	ESPESOR 1.5 mm (Nominal)
MEDIDAS (mm) (+/- 8mm)	h = 90 b = 130

Fy = Esfuerzo fluencia = 36000 psi.

Fu = Esfuerzo tensión = 53000 psi.

PESO (Kg/m)	4.86
RENDIMIENTO (m ² /dia)	180 m ² /dia
LUZ MAXIMA ENTRE APOYOS (m)	8.00

Elongación en 2" = 20% min.

Ix = Momento de inercia alrededor del eje X

AREA (mm ²)	600
Fy (psi)	36000
Fy (Kg/cm ²)	2530
Ix (mm ⁴)	743674
Sxt (mm ³)	12965
Sxb (mm ³)	22784
\bar{y} (mm)	32.64

Sxt = Modulo elástico de la sección respecto a la fibra superior

Sxb = Modulo elástico de la sección respecto a la fibra inferior

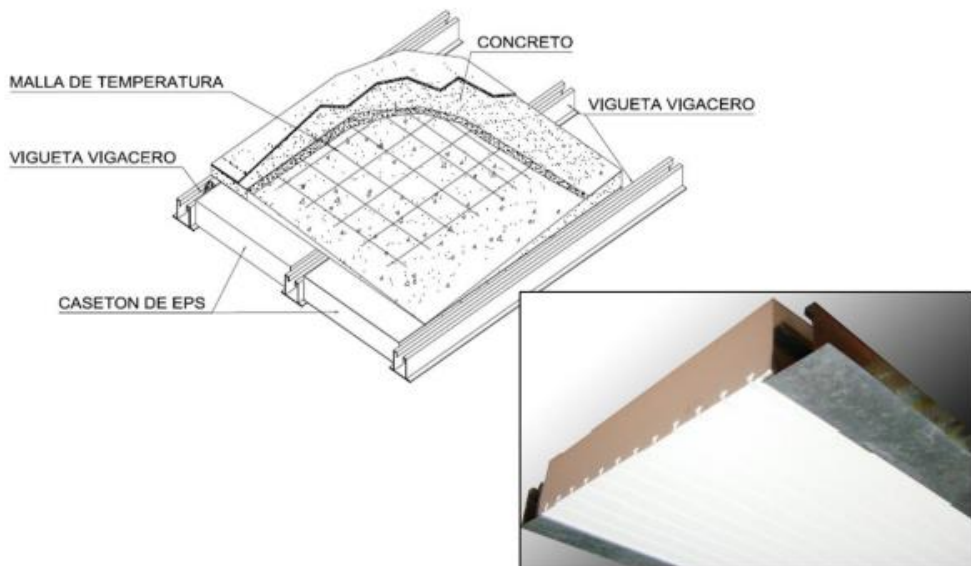
\bar{y} = Centro de masa de la vigueta, respecto a la fibra interior.

PROPIEDADES DE LA VIGUETA DE ACERO

AREA $600 \text{ mm}^2 = 6 \text{ cm}^2$
 CENTROIDE $32.64 \text{ mm} = 3.264 \text{ cm}$
 INERCIA CENTROIDAL $743674 \text{ mm}^4 = 74.3674 \text{ cm}^4$

CUADRO COMPARATIVO DE CONSUMO DE CONCRETO

ALTURA O ESPESOR DE LOSA ALIGERADA (cm)	VIGUETAS VIGACERO		LOSA ALIGERADA CONVENCIONAL @ 0.40m (m ³ /m ²)	% DE AHORRO CON VIGACERO
	VIGUETA SIMPLE (m ³ /m ²)	DOBLE VIGUETA (m ³ /m ²)		
16 cm @ 84 cm	0.047	0.060	0.08	28.47%
17 cm @ 84 cm	0.057	0.070		
20 cm @ 84 cm	0.060	0.077		
25 cm @ 84 cm	0.064	0.089		
30 cm @ 74 cm	0.066	0.095		
35 cm @ 69 cm	0.074	0.113		



PARA LA SECCION DE CONCRETO DE LA VIGUETA

CONCRETO	BASE (cm)	ALTURA (cm)	AREA (mm ²)	CENTROIDE (mm)	Ay (cm ³)	INERCIA PROPIA (cm ⁴)	a (Yi-cent) ² (cm ⁴)	SUMA (cm ⁴)
Concreto Losa	84	4	336	14	4704	448	1061.93	1509.93
Concreto alma	8	12	96	6	576	1152	3716.74	4868.74
			432		5280			6378.67 cm⁴

centroide concreto = 12.22 cm

PARA LA VIGUETA COMO ELEMENTO COMPUESTO

MATERIALES	AREA (cm ²)	CENTROIDE (mm)	Ay (cm ³)	INERCIA (cm ⁴)	a (Yi-cent) ² (cm ⁴)	SUMA (cm ⁴)
CONCRETO	4.32	12.22	5280	6378.67	527.71	6906.37
ACERO TRANSV	60.80	3,264	1,984,512	743,674	3749.50	4493.17
			54,784,512			11399.55 cm⁴

centroide = 11.117 cm

PESO POR METRO CUADRADO DE LAS LOSAS ALIGERADAS

	Espesor de losa H cm	Espacio entre eje de viguetas m	OBSERVACIONES	vigüeta		Casetón de Poliestireno expandido			
				Peso	Casetón	Largo	Vol	Peso	
				Kg/m	und	m	m ³	Kg	
VIGUETAS PREFABRICADAS VIGACERO® CON CASETON DE EPS DENSIDAD 15 Kg/m3	17	0.74	Para luces hasta 4 m de luz	4.86	1	1.0	0.078	1.17	
	20	0.84	Para luces hasta 5.0 m de luz	4.86	1	1.0	0.113	1.69	
	20	0.74		4.86	1	1.0	0.098	1.46	
	20	0.69		4.86	1	1.0	0.090	1.35	
	25	0.74	Para luces hasta 6.0 m de luz	4.86	1	1.0	0.140	2.10	
	25	0.69		4.86	1	1.0	0.120	1.80	
	30	0.74		4.86	1	1.0	0.163	2.44	
	30	0.69	Para luces hasta 7.0 m de luz	4.86	1	1.0	0.150	2.25	
	35	0.69		4.86	1	1.0	0.180	2.70	
	35	0.59	Para luces hasta 8.0 m de luz	4.86	1	1.0	0.150	2.25	

Espesor de losa H cm	Concreto en Obra					Peso	PESO PARCIAL	PESO TOTAL
	Vol losa sup m ³	Vol nerv m ³	peso de losa superior Kg	Peso Nervadura Kg	Vol Total m ³			
17	0.05	0.010	120.00	23.04	0.060	143.04	149.1	159.284
20	0.05	0.012	120.00	28.80	0.062	148.80	155.3	162.080
20	0.05	0.012	120.00	28.80	0.062	148.80	155.1	167.463
20	0.05	0.012	120.00	28.80	0.062	148.80	155.0	170.739
25	0.05	0.016	120.00	38.40	0.066	158.40	165.4	181.297
25	0.05	0.016	120.00	38.40	0.066	158.40	165.1	185.304
30	0.05	0.020	120.00	48.00	0.070	168.00	175.3	194.726
30	0.05	0.020	120.00	48.00	0.070	168.00	175.1	199.870
35	0.05	0.024	120.00	57.60	0.074	177.60	185.2	214.435
35	0.05	0.024	120.00	57.60	0.074	177.60	184.7	229.678

*Estos son los espesores más comerciales. Según el diseño podría variar la separación entre viguetas.

DISEÑO DE UNA LOSA ALIGERADA CON EL SISTEMA VIGACERO®

Se usa la tabla de Momentos admisibles cuando la losa es una losa continua, los momentos admisibles se comparan con el momento último de la losa compuesta y se determina el diseño de la vigueta prefabricada de acero

Si la losa aligerada es simplemente apoyada, puede usarse la tabla 2 que está en función de la luz entre vigas y la sobrecarga de la losa.

Para calcular los aceros negativos y los momentos admisibles se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Seleccionar el paño o los paños a calcular.
- Determinar las cargas que actuarán en la losa aligerada.

Peso propio (obtenido de Momentos admisibles).

Peso del piso terminado (100 Kg/m^2)

Sobrecarga

Cargas adicionales como muros de tabiquería, etc.

- Amplificar las cargas según el reglamento.
- Cálculo de la losa mediante método de coeficientes, método de Cross, programa de diseño computarizado para determinar momentos y cortantes últimos, como si se diseñara una losa convencional pero teniendo en cuenta que la distancia entre ejes de vigueta es de 84 cm.

Acero del Acero Negativo en la losa:

Donde:

$b_w = 8 \text{ cm}$

$D = \text{altura de losa} - 2 \text{ cm}$

$f'_c = \text{de la losa aligerada}$

$M_u \text{ positivo} \leq M_{adm} \text{ (tabla de Momentos admisibles)}$

CALCULO DEL CORTANTE ÚLTIMO EN LA LOSA ALIGERADA

$$\phi V_c = 0.85 \times 0.53 \times f'_c{}^{0.5} \times b_w \times d \times 1.10$$

Donde :

$b_w = 8 \text{ cm}$

$d = \text{altura de la losa} - 2.5 \text{ cm}$

LOSA ALIGERADA	ϕV_c	ϕV_c
f'_c losa in situ	210 Kg/cm ² (ton)	350 Kg/cm ² (ton)
16 cm	0.78	1.00
17 cm	0.83	1.08
20 cm	1.01	1.30
25 cm	1.29	1.67
30 cm	1.58	2.04

En caso $V_u > \phi V_c$, retirar alternadamente los casetones hasta que $V_u \leq \phi V_c$

TABLA DE MOMENTOS ADMISIBLES DE LAS VIGUETAS PREFABRICADAS DE ACERO - VIGACERO®

	ALTURA DE LA LOSA ALIGERADA (cm)	SEPARACION ENTRE EJES DE VIGUETAS (cm)	PESO PROPIO DE CASETON	MOMENTOS ADMISIBLES (Kg-m) = ϕM_n
			(Kg/m ²)	
VIGUETA SIMPLE	17 cm	84	1.24	1801
	20 cm	84	1.69	2217
	25 cm	84	2.25	2216
	20 cm	79	1.57	2428
	25 cm	79	2.10	2287
	30 cm	69	2.25	2477
	35 cm	69	2.70	2946

Para un aligerado simplemente apoyado

ESPEJOR 1.50mm NEGRO O GALVANIZADO CARGA ULTIMA (Kg/m ²) SEPARACION ENTRE VIGUETAS 0.84m						
ESPEJOR DE CONCRETO 4cm			ESPEJOR DE CONCRETO 5 cm			
LUZ (m)	H = 9 cm	H = 12 cm	H = 15 cm	H = 20 cm	H = 25 cm	H = 30 cm
3,00	1807	2522	3104			
3,10	1638	2362	2907			
3,20	1489	2217	2728			
3,30	1358	2085	2565			
3,40	1241	1964	2416			
3,50	1138	1853	2280			
3,60	1046	1752	2155			
3,70	963	1636	2040			
3,80	889	1510	1934			
3,90	823	1397	1836			
4,00	762	1295	1746	1579	1950	2322
4,10	708	1202	1662	1503	1856	2210
4,20	659	1118	1584	1432	1769	2106
4,30		1042	1511	1366	1688	2009
4,40		973	1443	1305	1612	1919
4,50		909	1379	1248	1541	1835
4,60		851	1320	1194	1475	1756
4,70		798	1243	1144	1413	1682
4,80		749	1167	1096	1354	1613
4,90		704	1097	1052	1300	1547
5,00		663	1033	1010	1248	1486
5,10			973	971	1200	1428
5,20			918	934	1154	1374
5,30			867	899	1111	1323
5,40			820	866	1070	1274
5,50			776	835	1032	1228
5,60				806	995	1185
5,70				778	961	1143
5,80				751	928	1104
5,90				726	896	1067
6,00				702	867	1032
6,10				679	839	998
6,20				657	812	966
6,30				636	786	936
6,40					762	907
6,50					739	879
6,60					716	853
6,70					695	828
6,80					675	803
6,90					655	780
7,00					637	756
7,10					619	737
7,20						717
7,30						697
7,40						678
7,50						660

LIMITACIONES:

Para luces superiores a 5.50 metros la distancia entre eje de viguetas se reducirá en 79 o 69 cm.

Para luces superiores a 6.50 m el diseño de la losa aligerada con el sistema Vigacero, lo realizara el ingeniero proyectista.

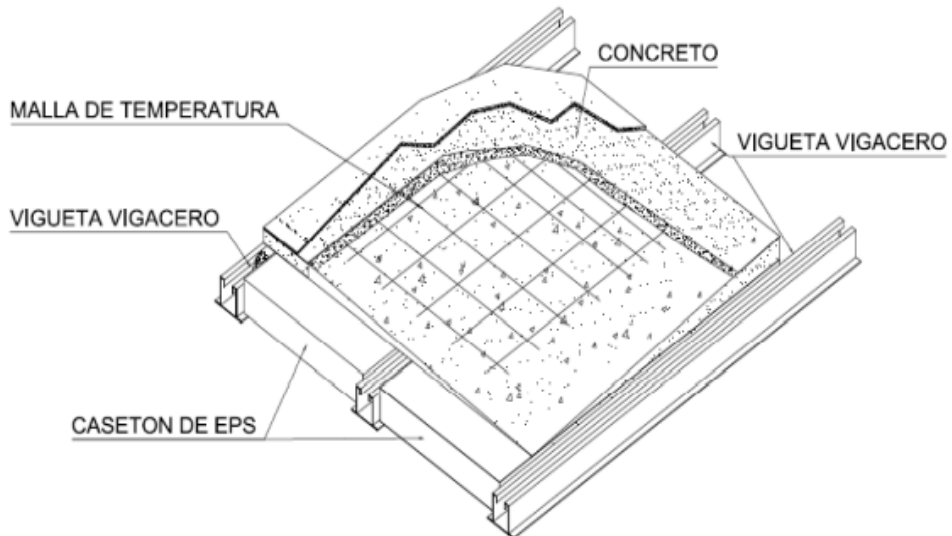
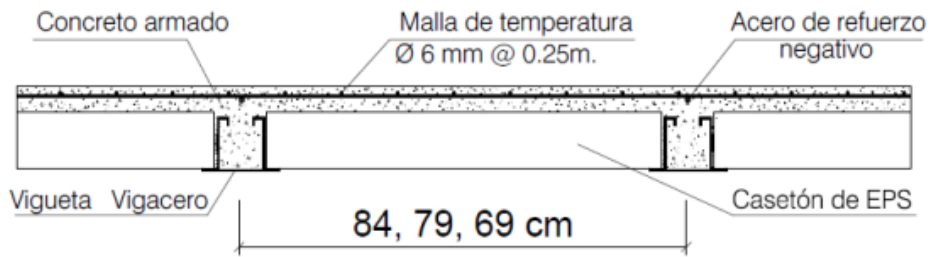
ALTURAS DE LOSAS ALIGERADAS CONSIDERANDO LAS LUCES A TRABAJAR

Entrepisos

Luces (m)	0 - 4.0	4.0 - 5.0	5.0 - 6.50	6.50 - 7.5	7.50 - 8.50
Altura de losa	17 @ 84 cm	20 @ 84 cm	25 @ 79 cm	30 @ 69 cm	35 @ 69 cm

Azoteas (S/C = 150Kg/m²)

Luces (m)	0 - 6.0	6.0 - 6.50	6.50 - 7.50	7.50 - 8.50
Altura de losa	17 @ 84 cm	20 @ 84 cm	25 @ 79 cm	30 @ 69 cm



CARACTERISTICAS DE LOS CASETONES DE EPS	
DIMENSIONES	Largo : 1.00 m , Ancho : 0.75 m , Espesor : entre 0.09, 0.12, 0.15, 0.20, ... m (*)
PESO POR UNIDAD	1.01 Kg (caseton de 0.09 m de espesor) 1.69 Kg (caseton de 0.15 m de espesor)
DENSIDAD	12 - 15 Kg/ m ³
COLOR	Blanco
COMPORTAMIENTO FISICO QUIMICO	Material autoextinguible e ignifugo, materia prima el poliestireno tipo F, inerte

(*) Esta condicion dependera de la luces que se puedan plantear por proyecto



VENTAJAS DEL SISTEMA VIGACERO FRENTE A OTROS TIPOS DE VIGUETAS

VENTAJAS ECONOMICAS

O	X	—
Cumple	no cumple	No aplica

DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS	ALIGERADO CON SISTEMA VIGACERO	ALIGERADO CON VIGUETAS PRETENSADAS	ALIGERADO CONVENCIONAL	PREFABRICADAS DE CONCRETO ARMADO	LOSAS MACIZA
Menos cantidad de encofrados menos puntales, nada de soleras	O	O	X	En menor cantidad	X
Paños con luces grandes con menor espesor de losa	O	O	X	O	O
Las cuadrillas pueden trabajar simultaneamente mejorando los rendimientos	O	X	—	O	X
Se reduce el tiempo de armado y desencofrado dado la inercia de la vigueta	O	O	X	En menor cantidad	X
Reduce la cantidad de concreto a utilizar en la losa aligerada entre el 10 al 15 % menos	O	En menor cantidad	X	X	X
Las viguetas son lo suficientemente resistente como para soportar la manipulacion y no tener mayores desperdicios	O	X	—	X	—
La fabricacion de las viguetas es rapida contando con una buena capacidad de distribucion	O	X	—	X	—
Ahorro de tiempo 50% de ahorro de tiempo	O	En menor cantidad	X	O	X

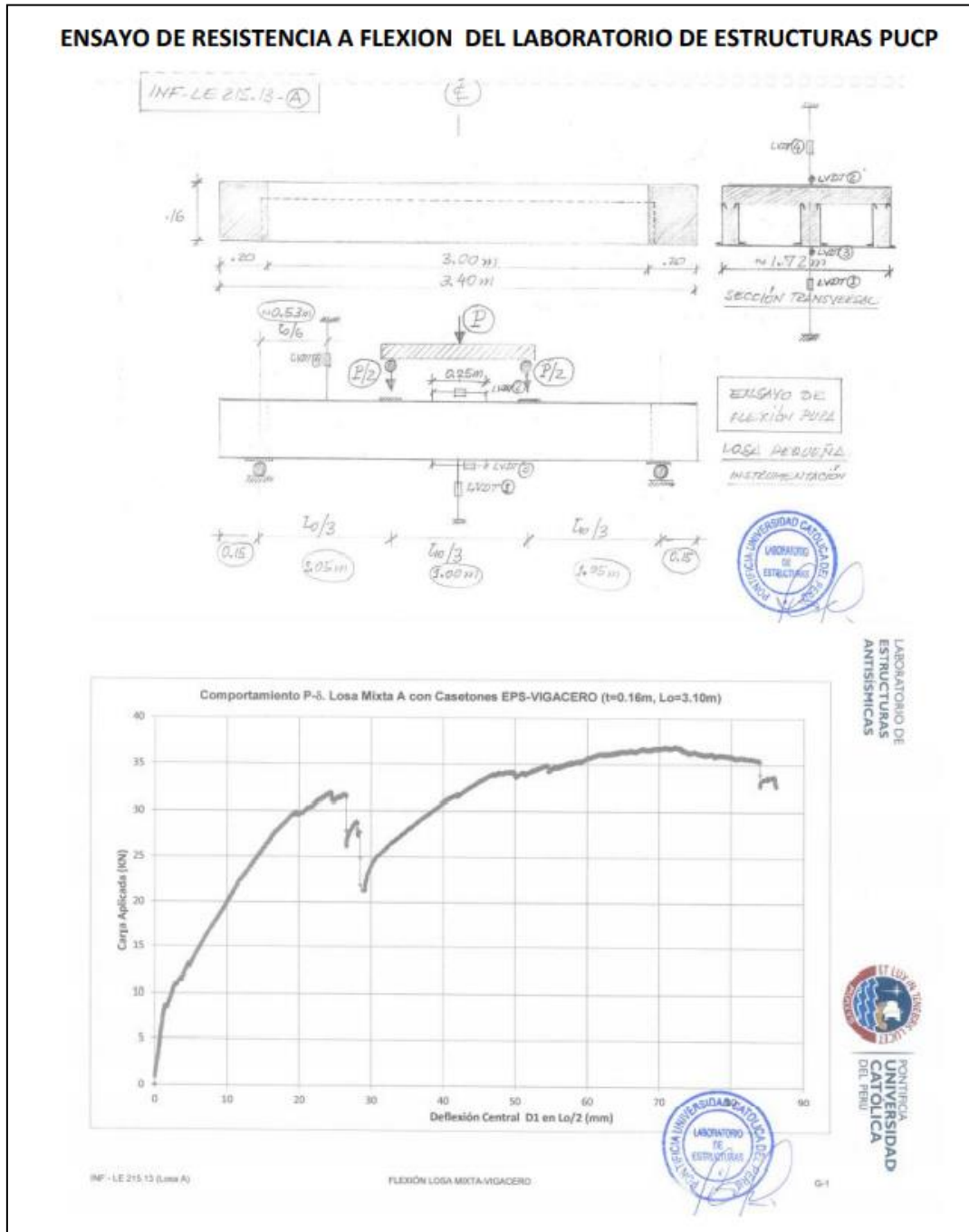
VENTAJAS TÉCNICAS Y FUNCIONALES

O	X	—
Cumple	no cumple	No aplica

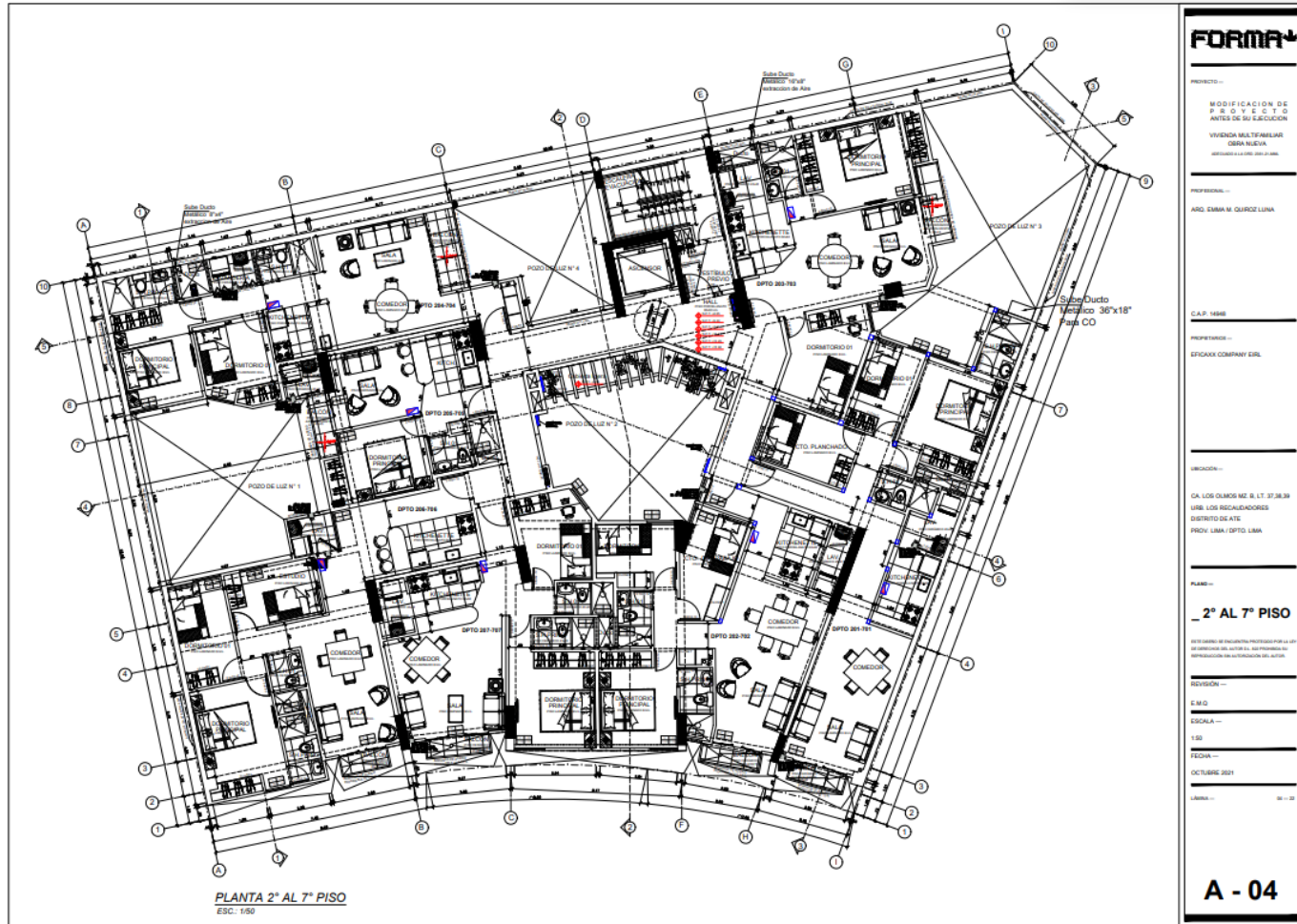
DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS	ALIGERADO CON SISTEMA VIGACERO	ALIGERADO CON VIGUETAS PRETENSADAS	ALIGERADO CONVENCIONAL	PREFABRICADAS DE CONCRETO ARMADO	LOSAS MACIZA
Se disminuyen las deflexiones que causan fisuras en la losa	O	O	X	X	X
Un mayor espesor de losa proporciona mayor acustica	O	O	O	O	X
Sistema certificado y avalado por el Ministerio de Vivienda	O	O	O	O	O
El trabajar con casetones de Eps de alta densidad proporciona mejor acustica en la losa	O	X	X	X	—
Por tener mayor separacion de viguetas, utiliza menos puntales esto reduce el tiempo de armado	O	X	X	X	X
Las instalacion eletricas y sanitarias son mas facil de instalar	O	O	X	O	—

COMPARACION DE RESISTENCIA CON OTROS SISTEMA DE VIGUETAS PREFABRICADAS

TIPOS DE VIGUETAS	VIGACERO	VIGUETA PRETENSADA	VIGUETA TRALICHO
ESPESOR DE LOSA (m)	0.16	0.17	0.17
ESPESOR DE CARPETA DE COMPRESION (cm)	4	5	5
ESPACIAMIENTO ENTRE EJES DE VIGUETAS (m)	cada 0.84 m	cada 0.60 m	cada 0.50 m
RESISTENCIA	1.265 ton	1.267 ton	0.90 ton



Anexo N°2. Plano de planta típica de arquitectura.



PLANTA 2° AL 7° PISO
ESC. 1:50

FORMA

PROYECTO: ...
 MODIFICACION DE
 P. R. O. Y. E. S. T. O
 ANTES DE SU EJECUCION
 VIVIENDA MULTIFAMILIAR
 IGUSA MEDINA
 UBICACION EN LA ZONA SAN JOSE

PROFESIONAL: ...
 ARG. EMMA M. QUIROZ LUNA

C.A.P. 1988

PROFESIONISTA: ...
 EFICAXX COMPANY SRL

UBICACION: ...
 CA. LOS OLIVOS MC. N. LT. 37.38.39
 URB. LOS RICARDOVORNOS
 DISTRITO DE ATE
 PROV. LIMA / DPTO. LIMA

PLANO: ...
_ 2° AL 7° PISO

REVISOR: ...

E.M.O.
 ESCALA: ...
 1:50
 FECHA: ...
 OCTUBRE 2021

LAMA: ...

A - 04

Anexo N°3. Plano de planta típica de estructuras.

