

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



**EVALUACION ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACION USANDO EL
SISTEMA CONSTRUCTIVO NO CONVENCIONAL "SISTEMA
CONSTRUCTIVO LLAXTA"**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JHONATAN DAVID FERNANDEZ RODRIGUEZ

Lima- Perú

2014

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado muy especialmente a las dos más preciadas personas que de una forma u otra son y serán los pilares más importantes dentro de mi vida y formación, como lo son mi adorada MADRE y querido PADRE.

Y a toda mi familia por estar siempre conmigo.

FERNANDEZ

ÍNDICE

RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	7
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I – GENERALIDADES	12
1.1 ALCANCES DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA.....	12
1.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA	13
1.2.1 Materiales:	13
1.2.2 Elementos del sistema constructivo Llaxta:	14
1.2.3 Uniones de los elementos del sistema constructivo Llaxta:.....	17
1.2.4 Detalles de instalaciones en muro:.....	19
1.3 ESTADO DEL ARTE.....	20
1.4 TECNOLOGÍAS USADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SUS ELEMENTOS	21
1.5 INDUSTRIALIZACIÓN PARA EL USO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA	24
1.6 RESUMEN DEL CAPÍTULO I.....	29
CAPÍTULO II: OBJETIVOS	30
2.1 OBJETIVO PRINCIPAL:	30
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	30
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	31
3.1 ACTIVIDADES QUE COMPRENDE LA METODOLOGÍA.....	31
3.1.1 Recopilar Información	31
3.1.2 Descripción de la edificación	31
3.1.3 Especificaciones técnicas de los materiales	31
3.1.4 Tipología estructural y criterio de evaluación estructural.....	31
3.1.5 Resumen y combinaciones de cargas	31
3.1.6 Características y consideraciones sísmicas.....	32
3.1.7 Análisis sismorresistente de la estructura.....	32
3.1.8 Memoria de cálculo.....	33
3.1.9 Interpretación y comparación de resultados de ensayos de laboratorio	33
3.2 RESUMEN DEL CAPÍTULO III.....	34

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.....	35
4.1 APLICAR LA METODOLOGÍA A UNA EDIFICACIÓN DE 2 NIVELES QUE USA EL SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA.....	35
4.1.1 Descripción de la edificación.....	35
4.1.2 Características de los materiales.....	38
4.1.3 Tipología estructural y criterio de evaluación estructural.....	38
4.1.4 Resumen y combinaciones de cargas.....	39
4.1.5 Características y consideraciones sísmicas.....	40
4.1.6 Análisis sismo-resistente de la estructura.....	44
4.1.7 Memoria de cálculo.....	52
4.1.8 Interpretación y comparación de resultados de ensayos de laboratorio:	61
4.2 RESUMEN DEL CAPÍTULO IV	65
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
5.1 CONCLUSIONES	67
5.2 RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	70

RESUMEN

El presente Informe de Suficiencia muestra una metodología para la evaluación estructural de una edificación que utiliza un sistema constructivo no convencional. Además se hace la aplicación de la metodología en la evaluación estructural de una edificación que utiliza el sistema constructivo no convencional "Sistema Constructivo Llaxta". Se hace también la interpretación y comparación de resultados de ensayos de laboratorio.

El trabajo está constituido de 5 capítulos: el capítulo I, contiene los alcances, descripción, tecnologías e industrialización que presenta el sistema constructivo Llaxta; el capítulo II, menciona el objetivo principal y objetivos específicos; el capítulo III, explica y describe las siguientes nueve actividades que constituye la metodología, "Recopilación de Información", "Descripción de la edificación", "Especificaciones técnicas de los materiales", "Tipología estructural y criterio de evaluación estructural", "Resumen y combinaciones de cargas", "Características y consideraciones sísmicas", "Análisis sismorresistente de la estructura", "Memoria de cálculo" e "Interpretación y comparación de resultados de ensayos de laboratorio"; en el capítulo IV se hace la aplicación de la metodología evaluando una edificación que usa el sistema constructivo Llaxta, en cuanto a la interpretación y comparación de resultados de los ensayos, por cuestiones de capacidad de laboratorio no se pudo construir un módulo de ensayo de las dimensiones que presenta la edificación a evaluar (3mx6m), por lo que se construyó un módulo de 2 niveles de menor dimensión (2mx2.4m); en el capítulo V, se mencionan las conclusiones y recomendaciones. Finalmente se presenta la bibliografía y Anexos.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 4.01	Pesos de carga muerta en cada nivel (Ton)	46
Cuadro N° 4.02	Cuadro de periodos y participación de masa	46
Cuadro N° 4.03	Cuadro de máximas distorsiones en el eje X	49
Cuadro N° 4.04	Cuadro de máximas distorsiones en el eje Y	50
Cuadro N° 4.05	Cuadro de máximas de distorsiones corregidas	50
Cuadro N° 4.06	Cuadro de cortantes dinámicos en el eje X e Y	52
Cuadro N° 4.07	Cuadro de esfuerzos cortantes en el muro con 0.27g, 0.95g y 1.27g	61
Cuadro N° 4.08	Cuadro de esfuerzos cortantes del laboratorio	62
Cuadro N° 4.09	Cuadro comparativo de los esfuerzos cortantes del laboratorio y de análisis	62

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.01	:	Viviendas Llaxta de un nivel	12
Figura N° 1.02	:	Viviendas Llaxta de dos niveles	13
Figura N° 1.03	:	Detalle esquina en planta	15
Figura N° 1.04	:	Detalle de losa nervada	15
Figura N° 1.05	:	Detalle losa – muro	16
Figura N° 1.06	:	Placa de unión y anclajes	17
Figura N° 1.07	:	Placa unión de módulos	17
Figura N° 1.08	:	Vista – 1	18
Figura N° 1.09	:	Vista – 2	18
Figura N° 1.10	:	Detalle de paso de línea eléctrica en pared	19
Figura N° 1.11	:	Detalle de caja tomacorriente en pared	19
Figura N° 1.12	:	Ducto en la parte inferior del módulo	21
Figura N° 1.13	:	Bombeo a presión de concreto al módulo	22
Figura N° 1.14	:	Vista de módulos “Llaxta”	22
Figura N° 1.15	:	Desencofrado del módulo “Llaxta”	22
Figura N° 1.16	:	Esfuerzo normal o vertical	23
Figura N° 1.17	:	Esfuerzo y desplazamiento horizontal	23
Figura N° 1.18	:	Rotación alrededor de cualquier eje	23
Figura N° 1.19	:	Colocación de refuerzos de acero	25
Figura N° 1.20	:	Colocación de ductos de agua y luz	25
Figura N° 1.21	:	Cerrado de encofrados de acero	25
Figura N° 1.22	:	Preparación automática del concreto	26
Figura N° 1.23	:	Bombeo de concreto	26
Figura N° 1.24	:	Fraguado del concreto	27
Figura N° 1.25	:	Desencofrado	27

Figura N° 1.26	:	Curado del concreto	27
Figura N° 1.27	:	Traslado y acoplado final	28
Figura N° 1.28	:	Vivienda terminada y en proceso	28
Figura N° 4.01	:	Vista en planta del primer nivel de la edificación	35
Figura N° 4.02	:	Vista en planta del segundo nivel y cobertura de la edificación	36
Figura N° 4.03	:	Vista lateral izquierda y derecha de la edificación	36
Figura N° 4.04	:	Vista frontal y posterior de la edificación	37
Figura N° 4.05	:	Modelo matemático – Vista lateral derecha	44
Figura N° 4.06	:	Modelo matemático – Vista lateral izquierda	45
Figura N° 4.07	:	Modelo matemático – Vista frontal	45
Figura N° 4.08	:	Modo de vibración 1	47
Figura N° 4.09	:	Modo de vibración 2	47
Figura N° 4.10	:	Espectros de respuesta (R=4)	49
Figura N° 4.11	:	Diagrama de Fuerza Cortante en el muro	52
Figura N° 4.12	:	Diagrama de momentos flectores – Vigueta de losa	53
Figura N° 4.13	:	Diagrama de fuerzas cortantes – Vigueta de losa	56
Figura N° 4.14	:	Reacciones en el punto N° 15 - Carga muerta y Sismo 1.2g (Ton)	57
Figura N° 4.15	:	Vistas en planta y elevación del ángulo soldado (3/16)	58
Figura N° 4.16	:	Reacciones en el punto N° 19 - Carga muerta y viva	60
Figura N° 4.17	:	Reacciones en el punto N° 19 – Sismo 0.30g (R=4)	60
Figura N° 4.18	:	Módulo de 2.00mx2.40m	61
Figura N° 4.19	:	Gráfico comparativo de esfuerzos cortantes de laboratorio y de análisis en Etabs	62
Figura N° 4.20	:	Reacciones en el punto N° 1165 del módulo de ensayo - Carga muerta y carga por sismo 1.27g (Ton)	63

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

As	:	Área de acero de refuerzo
Ab	:	Área bruta
Ae	:	Área efectiva
Δ_i	:	Desplazamiento relativo del entrepiso "i"
$\uparrow \Delta T$:	Desplazamiento Vertical
$\downarrow V$:	Esfuerzo Vertical o normal
C	:	Coefficiente de amplificación sísmica
cm	:	Centímetros
mm	:	Milímetro
Eqx	:	Distorsión corregida en el eje X
Eqy	:	Distorsión corregida en el eje Y
Fa	:	Fuerza actuante
f'c	:	Resistencia a la compresión del concreto
fy	:	Esfuerzo de fluencia del refuerzo
Fu	:	Esfuerzo a la rotura
Fw	:	Resistencia del metal de la soldadura
g	:	Aceleración de la gravedad
$\rightarrow H$:	Esfuerzo Horizontal
h_{ei}	:	Altura del entrepiso "i"
Kg	:	Kilogramo
KPa	:	Kilo Pascal

L	:	Longitud de soldadura
M	:	Momento
m	:	Metros
P	:	Peso total de la edificación
ph	:	cuantía del muro de ductilidad limitada
R	:	Coefficiente de reducción de solicitaciones sísmicas
Rn_{perno}	:	Resistencia nominal cortante del perno
Rn_{soldadura}	:	Resistencia nominal de soldadura
Rn_{ángulo}	:	Resistencia nominal a la rotura de ángulo.
r	:	Respuesta máxima elástica esperada
ri	:	Respuestas elásticas correspondientes al modo "i"
S	:	Factor de suelo
s	:	Segundos
S_a	:	Aceleración espectral
T	:	Periodo fundamental de la estructura para el análisis estático o periodo de un modo en el análisis dinámico
Ton	:	Toneladas
T_x	:	Periodo de vibración en el eje X
T_y	:	Periodo de vibración en el eje Y
Ton	:	Toneladas
T_p	:	Periodo que define la plataforma del espectro para cada tipo de suelo

u \leftrightarrow	:	Desplazamiento Horizontal
U	:	Factor de uso e importancia
V	:	Fuerza cortante en la base de la estructura
V_{cs}	:	Resistencia nominal a cortante del muro de ductilidad limitada
V_c	:	Resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto
V_s	:	Resistencia nominal a cortante proporcionada por el acero
V_e	:	Esfuerzo cortante actuante en muro
V_d	:	Cortante dinámica
V_i	:	Fuerza cortante en el entrepiso "i"
V_n	:	Resistencia nominal a cortante
W	:	Cuantía mecánica
w	:	Tamaño de soldadura
Z	:	Factor de zona
δ	:	Distorsión
ρ	:	Cuantía

INTRODUCCIÓN

La tecnología e industrialización tiene avances significativos en la construcción de viviendas, estas nuevas tecnologías que emplean nuevos materiales y/o procesos constructivos pueden generar viviendas económicas, viviendas construidas en un tiempo menor que las elaboradas con sistemas constructivos convencionales, sin embargo en el caso de los materiales podrían ser tóxicos, podrían reaccionar de forma desfavorable con fuego u otro elemento. Las viviendas construidas con procesos constructivos innovadores podrían tener un mal comportamiento ante un evento sísmico moderado o severo. Por tales razones el uso de nuevas tecnologías sin autorización de las entidades pertinentes, que empleen nuevos materiales y/o nuevos procesos constructivos y que no estén reglamentados por normas nacionales, para la construcción de viviendas, ya sea por personas naturales/jurídicas, obligó al Gobierno Peruano a promulgar el Decreto Supremo N°010-71-VI que decreta lo siguiente:

Las personas naturales/jurídicas que posean o representen 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 territorio peruano la aprobación y autorización de la misma.

Los propietarios que soliciten autorización municipal para ejecutar obras de construcción en la que se utilice Sistemas de Prefabricación y los de Construcción No Convencional, deberán presentar a los Concejos Municipales entre los documentos técnicos necesarios, la constancia de aprobación y autorización del sistema a ser aplicado, sin cuyo requisito los Concejos Municipales no otorgarán las respectivas Licencias de Construcción.

Para obtener la mencionada aprobación y autorización de uso, las personas naturales/jurídicas que poseen o representen un sistema constructivo no convencional deberán presentar un documento o expediente técnico que debe ser preparado ajustándose a los requisitos que se indican en el Reglamento para la Aprobación de Utilización de Sistemas Constructivos No Convencionales al Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción-SENCICO para su evaluación global. Si los resultados de la evaluación son favorables, el mencionado documento o expediente técnico será remitido por el SENCICO al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento para su aprobación obteniéndose así la autorización de uso.

La evaluación global contempla varias verificaciones, siendo una de las más importantes la evaluación estructural, ya que si no se realiza de forma adecuada se podría aprobar y/o autorizar el uso de sistemas en la construcción de viviendas que se comporten mal ante un evento sísmico pudiendo llegar a colapsar y como consecuencia causar la muerte de muchas personas.

En atención a lo expuesto el presente informe tiene como finalidad desarrollar una metodología de evaluación estructural, donde se evaluará una edificación que usa el sistema constructivo no convencional "Sistema constructivo Llaxta" y que permita conocer los resultados de la mencionada evaluación.

CAPÍTULO I – GENERALIDADES

1.1 ALCANCES DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA

El sistema constructivo no convencional Llaxta es un sistema compuesto de módulos prefabricados y que pueden formar viviendas hasta de 2 pisos.

Está orientado a su uso en la construcción de viviendas económicas y modulares, cuyo tamaño típico en planta es de 3 m x 6 m, las dimensiones pueden ser variadas pero están limitadas a las luces que puedan soportar una losa económica. Otra limitante del tamaño tiene que ver con el peso que pueda soportar una grúa portátil montada sobre un camión o tráiler, ya que los módulos pueden ser fabricados en una planta al pie de obra, luego son trasladados y ensamblados con conectores metálicos en su ubicación o disposición final.

El modelo de vivienda "Llaxta" es individual y no pareada, tal como se muestra en las figuras N° 1.01 y N° 1.02.



Figura N° 1.01.- Viviendas Llaxta de un nivel



Figura N° 1.02.- Viviendas Llaxta de dos niveles

1.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA

El sistema constructivo LLAXTA consiste en módulos prefabricados de concreto armado que se conectan entre sí por medio de anclajes metálicos para formar unidades de vivienda unifamiliar de uno y dos niveles. Los módulos incluyen pisos y muros vaciados conjuntamente incluyendo las instalaciones sanitarias y eléctricas embebidas en los muros y pisos o techos.

1.2.1 Materiales:

En cuanto a los materiales estructurales que lo constituyen, los principales son: el concreto prefabricado y el acero de refuerzo cuyas características o propiedades son las siguientes:

➤ Concreto:

Es un concreto fluido (grout) con piedra de 3/8" de tamaño máximo y con un aditivo superplastificante para garantizar su fluidez.

Resistente al fuego, totalmente inorgánico, y que no contiene materias combustibles.

Posee excelentes características de aislamiento térmico que garantiza un ambiente confortable en el interior de la construcción sin requerir de aislamiento adicional en condiciones climáticas normales (Lima por ejemplo). Sin embargo en climas con temperaturas extremas se podría requerir de protección adicional.

Posee características de aislamiento acústico que reducen la transmisión del sonido. El modelo de casa "Llaxta" es individual y no pareada con lo que no hay transmisión de sonido entre viviendas vecinas.

Es durable y no se degrada bajo las condiciones climáticas. Poseen características de durabilidad superiores a las de otros materiales de construcción frente a la humedad, a ciclos de congelación o deshielo, ataques químicos y ambientes salinos.

La resistencia a la compresión del concreto es: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

➤ Acero de refuerzo:

El esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo pueden ser barras corrugadas de $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ o del tipo malla electrosoldada de alta resistencia es: $f_y = 5,000 \text{ kg/cm}^2$.

Otros elementos de acero:

Los ángulos metálicos con un esfuerzo de fluencia $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ y con esfuerzo a la rotura F_u de 4080 kg/cm^2 .

Los pernos de alta resistencia con un esfuerzo a la rotura de $F_u = 8440 \text{ kg/cm}^2$

1.2.2 Elementos del sistema constructivo Llaxta:

➤ Elementos verticales.

Son muros de concreto armado de 8 cm de espesor, la armadura puede ser de varillas corrugadas o mallas electrosoldadas, en ambos casos el sistema se aproxima a muros de ductilidad limitada (Anexo 2 de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente), un esquema es el que se muestra en la Figura N° 1.03.

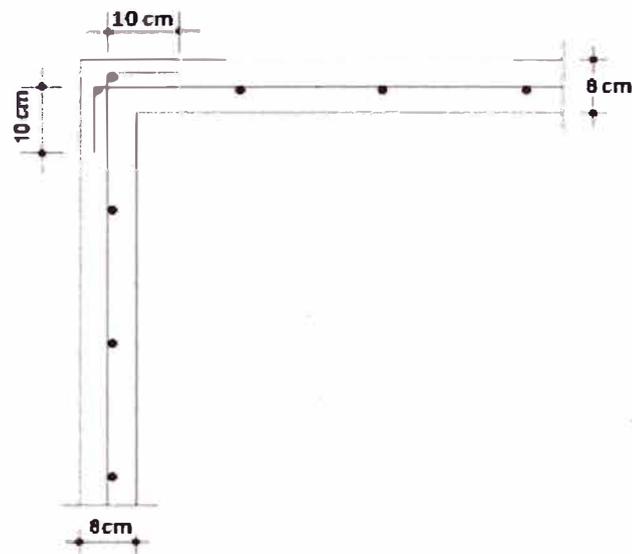


Figura N° 1.03.- Detalle esquina en planta

➤ Elementos horizontales (pisos y techos).

Son losas nervadas de concreto armado con losa de 5 cm y nervadura de 15 cm los cuales se vacían monóticamente con los muros superiores a la losa. El piso del primer piso se vacía junto con los muros del primer piso en un solo elemento, el piso del segundo piso también en igual forma con los muros del segundo piso y finalmente el techo. El detalle de losa nervada y unión de losa con muro se muestran en la Figura N° 1.04 y la Figura N° 1.05 respectivamente.

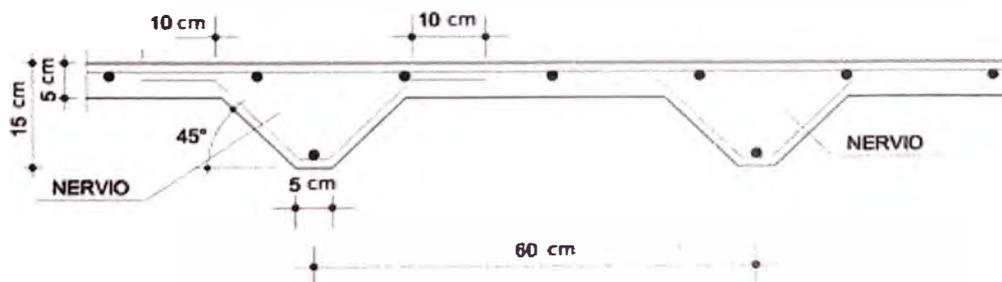


Figura N° 1.04.- Detalle de losa nervada

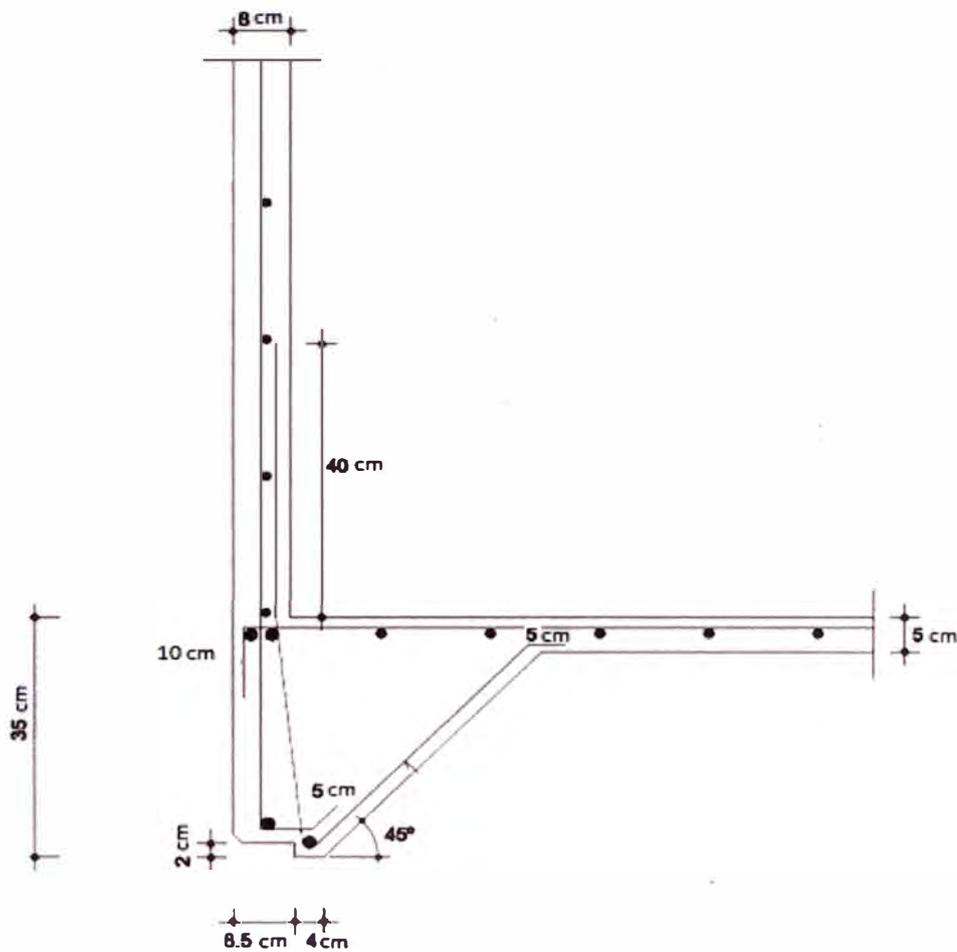


Figura N° 1.05.- Detalle losa - muro

➤ Otros elementos estructurales.

La escalera y otros elementos se fabrican independientes de la estructura del módulo pero se conectan a él y pueden ser de concreto o de otros materiales.

1.2.3 Uniones de los elementos del sistema constructivo Llaxta:

Las uniones entre la cimentación, módulo del primer piso, segundo piso y techo se efectúan a través de planchas metálicas y ángulos que se unen con pernos de alta resistencia. Un detalle de unión entre módulos se muestra en las siguientes figuras:



Figura N° 1.06.- Placa de unión y anclajes

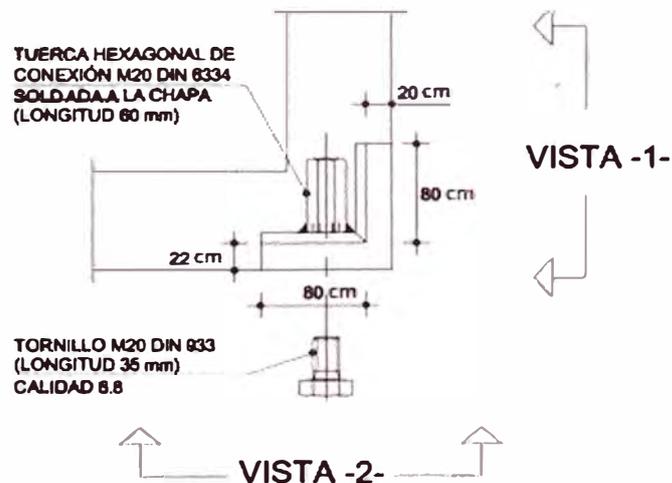


Figura N° 1.07.- Placa unión de módulos

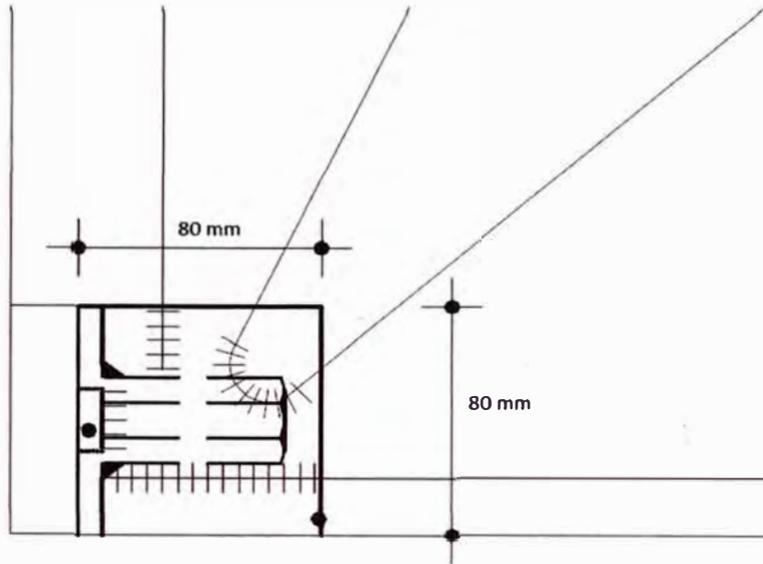


Figura N° 1.08.- Vista - 1

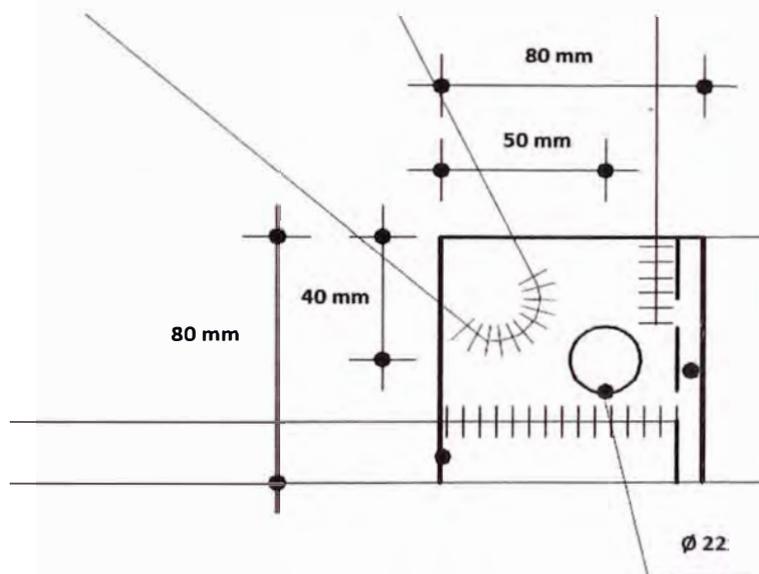


Figura N° 1.09.- Vista - 2

1.2.4 Detalles de instalaciones en muro:

Las zonas del muro donde se aloje las tuberías y/o elementos que correspondan a las instalaciones domésticas se pueden hacer de acuerdo a los siguientes detalles:

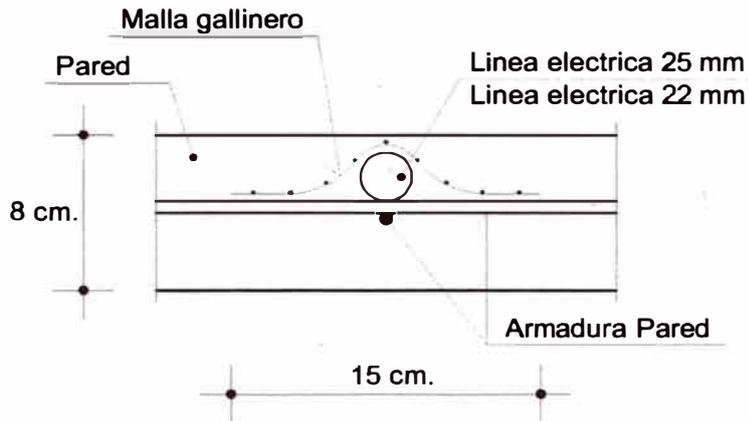


Figura N° 1.10.- Detalle de paso de línea eléctrica en pared

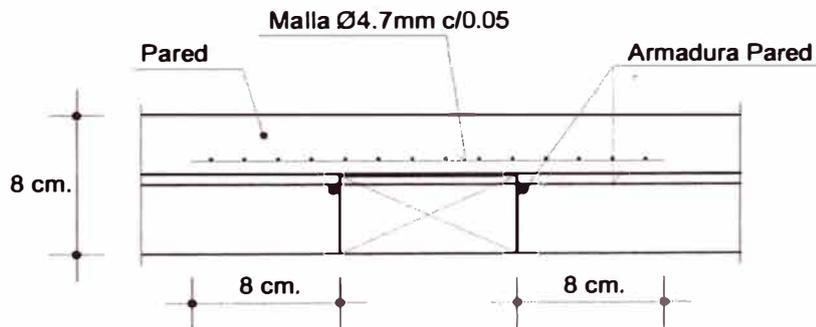


Figura N° 1.11.- Detalle de caja tomacorriente en pared

1.3 ESTADO DEL ARTE

El sistema constructivo “Llaxta” presenta como elementos estructurales principales a muros de concreto armado que no poseen columnas. Es por ello que las losas se apoyan directamente sobre muros o se soportan por sí mismos. El muro es portante de concreto armado, tiene un espesor de 8 cm y recibe las cargas verticales de gravedad (portante–resiste la loza y su propio peso) y resisten las fuerzas horizontales de sismo.

Entre sus principales características arquitectónicas se tiene que son edificaciones de poca altura, con pisos típicos con el fin de optimizar el proceso constructivo y todos los muros son portantes. Por otro lado, entre sus desventajas, se han registrado por parte de sus usuarios problemas térmicos y acústicos.

En el Perú a partir del año 2001 que se comenzó con la construcción de numerosos edificios de muros de 10 cm de espesor, motivado principalmente por los bajos costos del concreto, el acero y la mano de obra, con un considerable éxito. Esto trajo como resultado viviendas económicas aptas para cubrir parcialmente el déficit habitacional en el sector medio y medio-bajo. Desde entonces y hasta la actualidad se ha continuado con la construcción de numerosas edificaciones con muros de espesor de 10 cm de forma satisfactoria. Sin embargo actualmente se están haciendo investigaciones para construir edificaciones de hasta 5 pisos, con muros de 8 cm de espesor.

No obstante, es importante mencionar que en Colombia ya se construyen edificios con muros de 8 cm de espesor con resultados exitosos en la colocación, compactación y control de los defectos superficiales del concreto.

1.4 TECNOLOGÍAS USADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SUS ELEMENTOS

La característica principal del sistema constructivo Llaxta es que el concreto es autonivelante, por lo que cuando se forman los módulos conformados por pisos, muros y techo son vaciados conjuntamente incluyendo las instalaciones sanitarias y eléctricas, ya que el vaciado se hace con una bomba a presión que se coloca en la parte inferior del módulo y se llena de abajo hacia arriba con la finalidad de evitar cangrejas y segregación del concreto que usualmente se producen cuando se llena desde la parte superior de los muros. Los encofrados utilizados son elementos metálicos y son diseñados especialmente para el modelo de la vivienda a construir.

En las siguientes figuras se muestran detalles de lo mencionado en el párrafo anterior en la planta de encofrados:

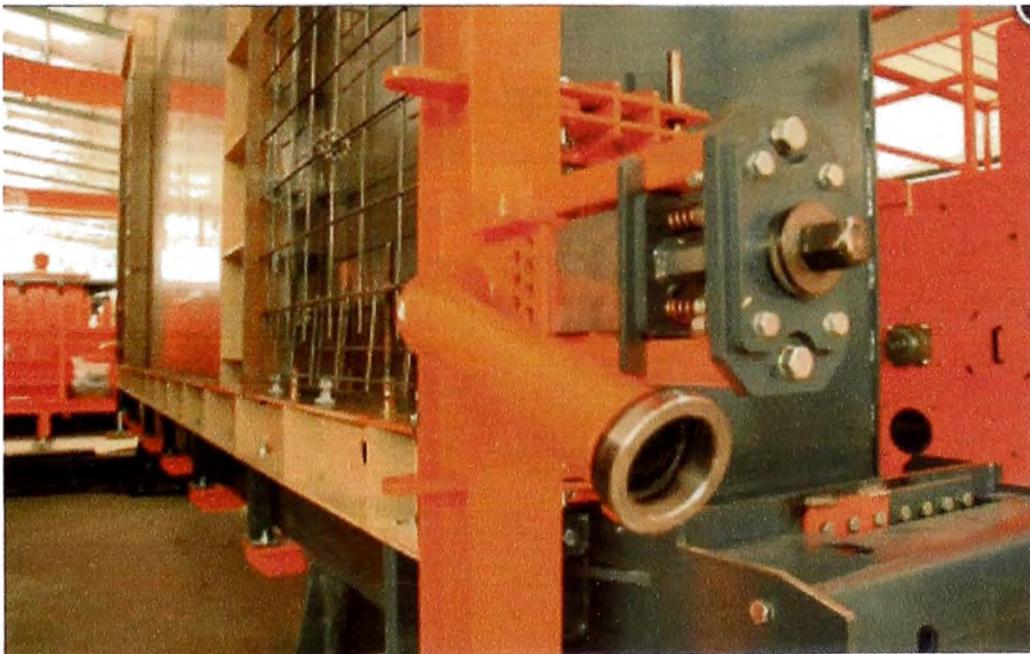


Figura N° 1.12.- Ducto en la parte inferior del módulo



Figura N° 1.13.- Bombeo a presión de concreto al módulo



Figura N° 1.14.- Vista de módulos "Llaxta"



Figura N° 1.15.- Desencofrado del módulo "Llaxta"

El Sistema constructivo “Llaxta” hace uso de cintas de neopreno en todo el contorno en la unión o junta entre el módulo del primer y segundo piso y entre el módulo del segundo piso y cobertura esto con la finalidad de uniformizar la transmisión de cargas verticales o esfuerzos normales (Ver Figura N° 1.16), también son capaces de soportar esfuerzos y/o desplazamientos horizontales o en el plano medio tangente (Ver Figura N° 1.17) y algún tipo de rotación alrededor de cualquier eje contenido en el plano medio del neopreno (Ver Figura N° 1.18).

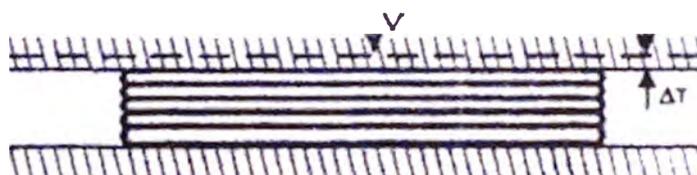


Figura N° 1.16.- Esfuerzo normal o vertical

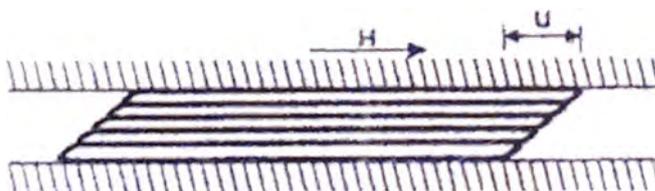


Figura N° 1.17.- Esfuerzo y desplazamiento horizontal

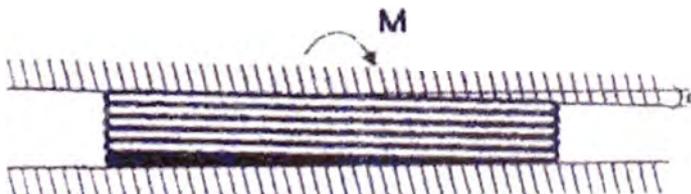


Figura N° 1.18.- Rotación alrededor de cualquier eje

1.5 INDUSTRIALIZACIÓN PARA EL USO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA

El sistema constructivo Llaxta permite reemplazar la mano de obra artesanal y/o subcontratistas por máquinas utilizadas por obreros especializados.

Ya que la fabricación se hace al pie de obra no hay etapa de almacenaje en el proceso constructivo pues luego del desencofrado los módulos son trasladados a su ubicación final.

Los tiempos de ejecución y costo de construcción de una vivienda utilizando el sistema constructivo Llaxta son menores comparados a lo que se hubiera hecho con un sistema convencional, ya que es un sistema altamente industrializado que permite ensamblar una vivienda de 60 m² en un tiempo estimado de 1 día. En lo que respecta a la economía se consigue un ahorro del 20 % en la estructura.

La producción de los módulos disminuye la dependencia del trabajador y minimiza el nivel de error humano. De igual manera, la producción en serie perfecciona y especializa la labor del trabajador.

El sistema constructivo "Llaxta" utiliza un método de construcción que le permite optimizar procesos y materiales consiguiendo reunir en un solo proyecto tres cualidades: seguridad, calidad y economía.

El método de construcción mencionado consiste en 10 pasos que se muestran a continuación:

➤ Paso N° 1: Preparación de refuerzos de acero

Se prepara una estructura de malla de acero que será el alma de la casa y que dará una mayor firmeza. Ver Figura N° 1.19



Figura N° 1.19.- Colocación de refuerzos de acero

- Paso N° 2: Colocar ductos de agua y luz

Una vez terminada la estructura de malla de acero se procede a instalar las conexiones de agua y luz. Ver Figura N° 1.20



Figura N° 1.20.- Colocación de ductos de agua y luz

- Paso N° 3: Colocar los encofrados de acero

Con la estructura de acero con todas las conexiones listas se procede a ponerle dentro del encofrado de acero el cual será cerrado en todos sus extremos de forma tal que la presión en cada punto es la misma. Ver Figura N° 1.21

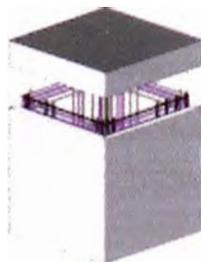


Figura N° 1.21.- Cerrado de encofrados de acero

➤ Paso N° 4: Preparación automática del Concreto.

El concreto se prepara al momento, y cuenta con una mayor calidad debido a una serie de aditivos. Llaxta cuenta con un laboratorio el cual mide la calidad del concreto antes de ser utilizado.



Figura N° 1.22.- Preparación automática del concreto

➤ Paso N° 5: Bombeo de concreto

Mediante una serie de bombas de alta tecnología se inyecta el concreto de abajo para arriba dentro de los encofrados, evitando burbujas e imperfecciones. Ver Figura N° 1.23

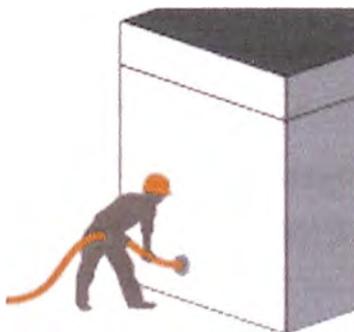


Figura N° 1.23.- Bombeo de concreto

➤ Paso N° 6: Fraguado o secado del concreto

El fraguado o secado del concreto dura entre 8-10 horas. Ver Figura N° 1.24

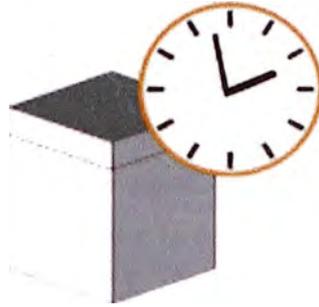


Figura N° 1.24.- Fraguado del concreto

➤ Paso N° 7: Desencofrado

Una vez fraguado el concreto se procede a abrir el encofrado liberando así la estructura la cual está lista para su traslado a la siguiente fase. Ver Figura N° 1.25

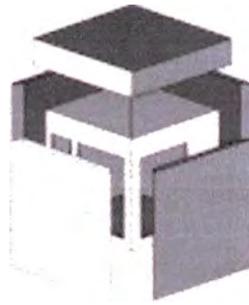


Figura N° 1.25.- Desencofrado

➤ Paso N° 8: Curado del concreto

Se traslada la estructura a un ambiente acondicionado para el secado casi total, por lo que estará algunas horas más haciendo la reacción química la cual hará que sea aún más resistente. Ver Figura N° 1.26

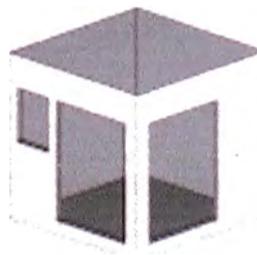


Figura N° 1.26.- Curado del concreto

➤ Paso N° 9: Acoplado final en el terreno

La estructura lista es levantada por una grúa de gran capacidad la cual la lleva hasta el lugar de acoplamiento. Este lugar tiene ya cimientos de concreto y anclajes especiales listos para soportar y asegurar la estructura. Ver Figura N° 1.27



Figura N° 1.27.- Traslado y acoplado final

➤ Paso N° 10: Instalación de acabados

Una vez que la casa está lista se procede a instalar todos los acabados, entre ellos los inodoros, lavatorios, ventanas, puertas, chapas, etc. Una vez terminados los trabajos la casa está lista para habitar. Ver Figura N° 1.28

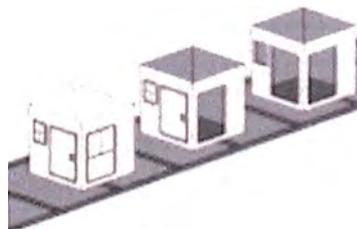


Figura N° 1.28.- Vivienda terminada y en proceso

1.6 RESUMEN DEL CAPÍTULO I

El sistema constructivo no convencional Llaxta es un sistema cuyos elementos principales son muros de concreto armado de 8 cm de espesor que a su vez componen módulos prefabricados que se conectan entre sí por medio de anclajes metálicos para formar unidades de vivienda unifamiliar de uno o dos niveles. Está orientado a su uso en la construcción de viviendas económicas y modulares, cuyo tamaño típico en planta es de 3 m x 6 m, las dimensiones pueden ser variadas pero están limitadas a las luces que puedan soportar una losa económica.

La tecnología principal que presenta el sistema constructivo Llaxta es que utiliza un concreto autonivelante, tecnología que consiste en bombear concreto plastificante desde la parte inferior hasta la parte superior de los módulos, esto con la finalidad de evitar cangrejas y segregación del concreto que usualmente se producen cuando se llena desde la parte superior. Además utiliza también cintas de neopreno en los contornos entre las uniones o juntas entre el módulo del primer y segundo piso y entre el módulo del segundo piso y cobertura esto con la finalidad de uniformizar la transmisión cargas verticales o esfuerzos normales, también son capaces de soportar esfuerzos y/o desplazamientos horizontales o en el plano medio tangente y algún tipo de rotación alrededor de cualquier eje contenido en el plano medio del neopreno.

El sistema constructivo Llaxta permite reemplazar la mano de obra artesanal y/o subcontratistas por máquinas utilizadas por obreros especializados. Los tiempos de ejecución y costo de construcción de una vivienda utilizando el sistema constructivo Llaxta son menores comparados a lo que se hubiera hecho con un sistema convencional, ya que es un sistema altamente industrializado que permite ensamblar una vivienda de 60 m² en un tiempo estimado de 1 día. En lo que respecta a la economía se consigue un ahorro del 20 % en la estructura.

CAPÍTULO II: OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL:

Establecer una metodología para la evaluación estructural de edificaciones a construir con sistemas constructivos no convencionales y aplicarla a la evaluación de una edificación que utiliza el sistema constructivo no convencional "Sistema Constructivo Llaxta".

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Constituir y definir las actividades para la evaluación estructural de edificaciones que utilizan en su construcción sistemas constructivos no convencionales.

Aplicar las mencionadas actividades para la evaluación estructural de una edificación de 2 niveles que utiliza el sistema constructivo no convencional "Sistema Constructivo LLAXTA".

Realizar la modelación y análisis con el programa ETABS al módulo ensayado de 2 niveles de 2.0mx2.4m.

Interpretar y comparar los resultados obtenidos del ensayo al módulo en laboratorio y de los resultados del análisis del módulo en un programa de análisis estructural.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

Para la evaluación estructural se desarrolla una cierta cantidad de actividades las cuales se puede resumir según lo siguiente.

3.1 ACTIVIDADES QUE COMPRENDE LA METODOLOGÍA

3.1.1 Recopilar Información

Recopilar información ya sea tanto del sistema constructivo no convencional como de la edificación que usa dicho sistema.

3.1.2 Descripción de la edificación

Realizar la descripción de la edificación diseñada con el sistema constructivo no convencional.

3.1.3 Especificaciones técnicas de los materiales

Se debe conocer las características físicas y mecánicas de los materiales.

3.1.4 Tipología estructural y criterio de evaluación estructural

Establecer la tipología estructural y el criterio de evaluación estructural según las características del sistema constructivo no convencional y de la edificación.

3.1.5 Resumen y combinaciones de cargas

Realizar el resumen de cargas de acuerdo a la norma E.020, este resumen debe contener como mínimo las cargas muertas y cargas vivas.

Las combinaciones de cargas usadas para encontrar la envolvente de esfuerzos sobre los elementos de la estructura serán las proporcionadas en el capítulo N° 9 "Requisitos de resistencia y de servicio" de la Norma E.060 Concreto armado del Reglamento Nacional de Edificaciones.

3.1.6 Características y consideraciones sísmicas

Identificar y colocar según las características de la edificación, las consideraciones sísmicas que se detallan en el siguiente marco teórico proporcionado por la Norma E.030 Diseño Sismorresistente:

- Zonificación (Z)
- Parámetros Del Suelo (S)
- Factor De Amplificación Sísmica (C)
- Categoría De Las Edificaciones (U)
- Sistemas Estructurales (R)
- Desplazamientos Laterales Permisibles
- Peso de la edificación
- Análisis Dinámico

3.1.7 Análisis sismorresistente de la estructura

Realizar el análisis sismo-resistente de la estructura, usando un software o programa de análisis como el ETABS ó SAP2000, dicho análisis sismo-resistente debe contener lo siguiente:

- Modelo estructural de la edificación con el programa ETABS o SAP2000
- Peso de la edificación
- Cuadro de periodos de la estructura
- Resumen de periodos predominantes
- Espectros de respuesta
- Cuadro de máximas distorsiones del programa
- Cuadro de máximas distorsiones corregidas
- Verificación de cortante mínimo en la base.

3.1.8 Memoria de cálculo

Realizar la memoria de cálculo la cual debe contener la verificación de los elementos estructurales principales que constituyen a la edificación.

3.1.9 Interpretación y comparación de resultados de ensayos de laboratorio

Las estructuras a construir para los ensayos deberían presentar en lo posible las dimensiones reales o las dimensiones con las que serían construidas las edificaciones o viviendas.

Sin embargo por cuestiones de capacidad de los laboratorios las estructuras a ensayar podrían ser de menor dimensión tanto en planta como en altura.

Los análisis y comparaciones serán de los elementos que se consideren importantes; de aquellos que aporten en gran medida a la rigidez y resistencia de la estructura.

En módulos que presenten elementos prefabricados las conexiones serán analizadas.

3.2 RESUMEN DEL CAPÍTULO III

El capítulo III enuncia y describe las actividades que comprende la metodología de evaluación estructural, las cuales se muestran a continuación:

Recopilar información

Descripción de la edificación

Especificaciones técnicas de los materiales

Tipología estructural y criterio de evaluación estructural

Resumen y combinaciones de cargas

Características y consideraciones sísmicas

Análisis sismorresistente de la estructura

Memoria de calculo

Interpretación y comparación de resultados de ensayos de laboratorio

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

4.1 APLICAR LA METODOLOGÍA A UNA EDIFICACIÓN DE 2 NIVELES QUE USA EL SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA

4.1.1 Descripción de la edificación

La edificación a evaluar consta de 2 niveles, que presentan una altura libre de muro de 2.4m, una cobertura de 1.1 m de altura y sus dimensiones en planta son de 3 m x 6 m, y está diseñada en base a módulos prefabricados de concreto armado que se conectan entre sí por medio de anclajes metálicos. Ver las siguientes figuras:



Figura N° 4.01: Vista en planta del primer nivel de la edificación

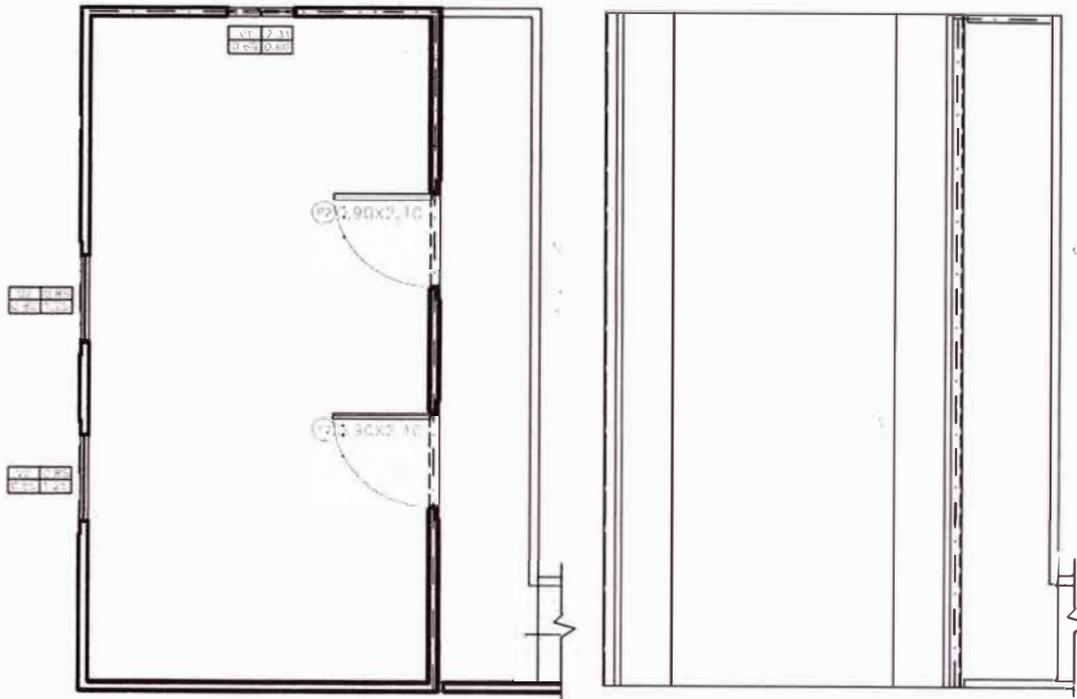


Figura N° 4.02: Vista en planta del segundo nivel y cobertura de la edificación

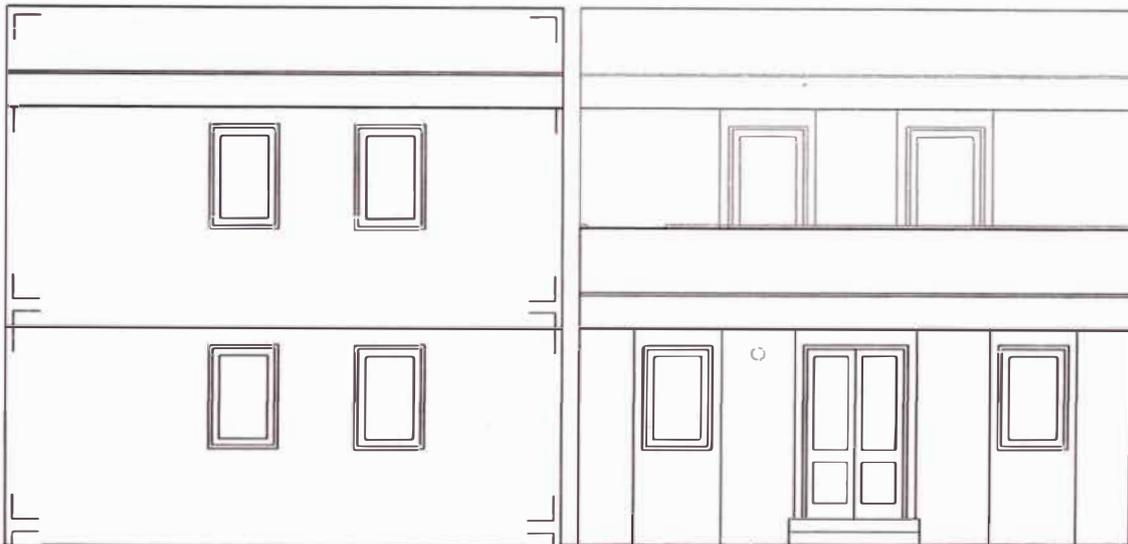


Figura N° 4.03: Vista lateral izquierda y derecha de la edificación

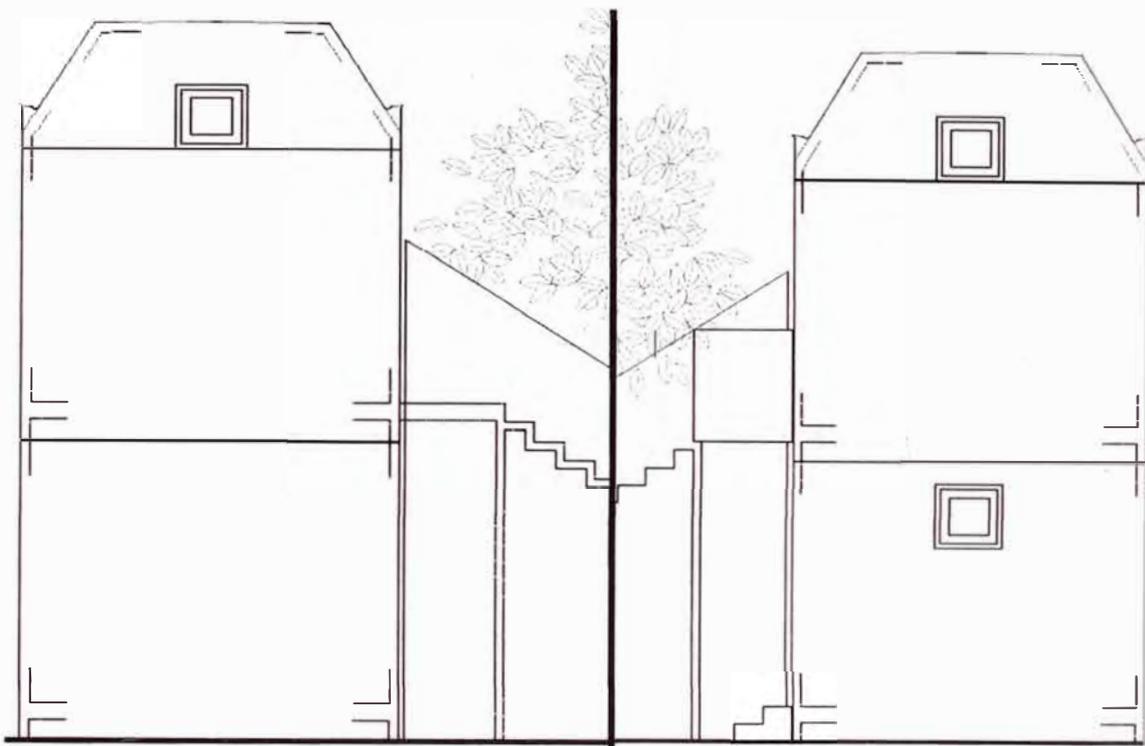


Figura N° 4.04: Vista frontal y posterior de la edificación

Los muros de concreto armado tienen acero N° 6 y presentan un espesor de 8 cm.

Las losas nervadas de concreto armado son una losa de 5cm y nervadura de 15 cm.

La escalera y otros elementos se fabrican independientes de la estructura pero se conectan a él.

Las tuberías de las instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias están alojadas en los muros o techos (pisos) y son embebidos a los elementos de concreto armado.

La cimentación consiste en zapatas aisladas colocadas en las esquinas de la edificación, por lo que el primer piso está apoyado en cuatro esquinas siendo el piso del primer nivel una losa estructural que no se apoya en el terreno.

Las uniones entre la cimentación, módulo del primer piso, segundo piso, y cobertura es a través de planchas metálicas unidas con pernos de alta resistencia.

4.1.2 Características de los materiales

La totalidad del sistema empleado para el diseño de la edificación es concreto armado prefabricado por lo que los materiales estructurales son de concreto y acero de refuerzo, ambos materiales son de procedencia industrial con calidad certificada en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas según el expediente técnico.

La resistencia que se indica en el expediente técnico es de 210 kg/cm², se menciona además que dicha resistencia presenta ese valor no tanto por razones de resistencia sino por razones de durabilidad para protección de la armadura interna. Y para cumplimiento de la norma E.060 Concreto Armado

Resistencia del concreto: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

El esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo es: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Los ángulos metálicos con un esfuerzo de fluencia $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ y con esfuerzo a la rotura F_u de 4080 kg/cm².

Los pernos de alta resistencia con un esfuerzo a la rotura de $F_u = 8440 \text{ kg/cm}^2$

4.1.3 Tipología estructural y criterio de evaluación estructural

La edificación considerada para la evaluación usa el sistema constructivo Llaxta cuyos elementos estructurales que soportan las cargas verticales y horizontales ya sea de cargas muertas, vivas y/o sismo, son losas nervadas, y muros de concreto armado cuyas características se aproximan a muros de ductilidad limitada.

Al considerarse el piso y los muros como una estructura monolítica existe un efecto de diafragma rígido, el techo se apoya continuamente sobre los muros del último nivel con una muesca que evita el desplazamiento relativo entre los muros y la losa superior.

El anexo 4 del Reglamento para la aprobación de sistemas constructivos no convencionales especifica lo siguiente: ***“cuando se trate de elementos constructivos prefabricados, se tendrá especial cuidado en el diseño de las uniones de manera que ofrezcan un adecuado comportamiento ante cargas de***

viento y sismo”; por tanto en concordancia con lo expuesto, el criterio de evaluación para la edificación que emplea el sistema constructivo Llaxta será de acuerdo a los aspectos que se mencionan en los siguientes párrafos:

Para la evaluación de la estructura y elementos de concreto armado, muros, losas de piso y techos se usará las normas E.20 Cargas y E.030 Diseño Sismo-resistente asumiendo un modelo monolítico que es el que da los mayores valores de esfuerzo para cargas sísmicas.

Para la evaluación de las conexiones entre los diferentes elementos prefabricados se debe tener un criterio diferente que no se especifica en la norma E.030 Diseño Sismorresistente. La filosofía de la norma E.030 implica una reducción de la fuerza de respuesta elástica basada en un esperado comportamiento inelástico de la estructura (Coeficiente de Reducción, R). En el caso de las conexiones empernadas con pernos de alta resistencia, los elementos serán evaluados por corte ($R=1$). Pues estos elementos se encuentran en posición horizontal, perpendicular a la fuerza vertical.

4.1.4 Resumen y combinaciones de cargas

Cargas consideradas:

Las cargas que en este apartado se desglosan provienen de la aplicación de la norma técnica de edificación E.020 Cargas.

Cargas muertas

Peso propio paredes y losas	2500	Kg/m ³
Peso de balcón	2616	Kg

Cargas vivas

Carga viva del piso	200	Kg/m ²
Carga viva de la cobertura	100	Kg/m ²
Carga viva reducida de cobertura inclinada	50	Kg/m ²

Las combinaciones de carga mostrados a continuación son las que se disponen en la Norma E.60 Concreto Armado, sin consideran efectos de viento ya que la edificación es de baja altura y porque las velocidades de viento en nuestra región son relativamente bajas.

COMBO 1 (C1)	1.4D + 1.7 L..... (Lineal estático)
COMBO 2 (C2)	1.25 (D+L) + SX (Lineal estático)
COMBO 3 (C3)	1.25 (D+L) – SX..... (Lineal estático)
COMBO 4 (C4)	1.25 (D+L) + SY (Lineal estático)
COMBO 5 (C5)	1.25 (D+L) – SY..... (Lineal estático)
COMBO 6 (C6)	0.9 D + SX..... (Lineal estático)
COMBO 7 (C7)	0.9 D – SX..... (Lineal estático)
COMBO 8 (C8)	0.9 D + SY (Lineal estático)
COMBO 9 (C9)	0.9 D – SY (Lineal estático)
 ENVOLVENTE	 MAXIMO (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9) (Envolvente general)

Donde:

D: Carga muerta.

L: Carga Viva.

S: sismo.

4.1.5 Características y consideraciones sísmicas

➤ Zonificación (Z)

De acuerdo a la Norma E-0.30 de diseño sismo-resistente se asigna un factor “Z” a cada una de las 3 zonas del territorio nacional. Este factor representa la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Para la presente evaluación estructural, se considerara la Zona “3” con factor de zona $Z=0.4$, ya que es la que generara mayores esfuerzos en la estructura.

➤ **Parámetros del Suelo (S)**

Para efectos de la aplicación de la norma E-0.30 de diseño sismorresistente se considerará el suelo típico correspondiente al suelos intermedios (S_2), cuyo parámetro T_p asociado con este tipo de suelo es de 0.60 seg., y el factor de amplificación del suelo $S= 1.2$.

➤ **Factor de amplificación sísmica (C)**

El factor de amplificación sísmica (C) se determina por la siguiente expresión:

$$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T} \right); C \leq 2,5$$

Para suelos intermedios el T_p asociado con este tipo de suelo es de 0.60 seg.

➤ **Categoría de la edificación (U)**

Las edificaciones que utilizarán el sistema constructivo Llaxta están orientados a la construcción de viviendas económicas y modulares unifamiliares, por lo que la clasificación de acuerdo a la categoría de uso de la edificación, debido a que la edificación es del tipo común la norma establece un factor de importancia $U = 1$ (Cuadro N° 3.04).

➤ **Configuración estructural**

Debido a que a la edificación no presenta irregularidades en planta, elevación y no presenta discontinuidades significativas horizontales o verticales en su configuración, se considerara a la edificación como una estructura regular.

➤ **Sistemas estructurales (R)**

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección tal como se indica en el cuadro N° 3.07.

De acuerdo a la clasificación de una estructura se elige un factor de reducción de la fuerza sísmica (R).

La edificación presenta como material principal a muros de ductilidad limitada, este material está dentro de los sistemas estructurales que tiene el concreto armado según se observa en el cuadro 3.07.

Por lo que tanto en la dirección X-X como en la dirección Y-Y, la resistencia y rigidez de la estructura será proporcionada por muros de ductilidad limitada, por lo que se usará el factor de reducción de fuerza sísmica para este tipo de estructuras, $R = 4$.

$R = 4.0$ Muros de ductilidad limitada.

➤ **Desplazamientos laterales permisibles**

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso calculado según el análisis lineal elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas por el coeficiente R, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso según el tipo de material predominante.

Máximo Desplazamiento Relativo de Entrepiso:

$$\delta \times 0.75 \times R \leq 0.005$$

La Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, establece como distorsión máxima de entrepiso el valor de 0.005 para muros de ductilidad limitada.

➤ **Análisis dinámico.**

Aceleración Espectral

Para poder calcular la aceleración espectral para cada una de las direcciones analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \cdot g$$

Donde:

$$Z = 0.4 \text{ (Zona3– Costa)}$$

$$U = 1.0 \text{ (categoría C: Edificación Común)}$$

$$S = 1.2 \text{ (Tp = 0.6 suelos intermedios)}$$

$$g = 9.81 \text{ (aceleración de la gravedad m/s}^2\text{)}$$

$$C = 2.5 \times (T_p / T); \quad C \leq 2.5$$

Criterios de Combinación

La respuesta máxima se estimará mediante la combinación cuadrática completa de los valores calculados para cada modo.

En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa de la estructura, pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

Fuerza Cortante Mínima en la Base

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en la base del edificio no podrá ser menor que el 80 % del valor de la fuerza cortante total estática en la base ya que la edificación en análisis es regular. Si es necesario

incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberá escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

Efectos de Torsión

Se está considerando la incertidumbre en la localización de los centros de masa en cada nivel, se considerará mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. En cada caso deberá considerarse el signo más desfavorable.

4.1.6 Análisis sismo-resistente de la estructura

El análisis sismo-resistente de la estructura que se detalla a continuación y se ha realizado utilizando el programa ETABS:

Modelo estructural de la edificación:

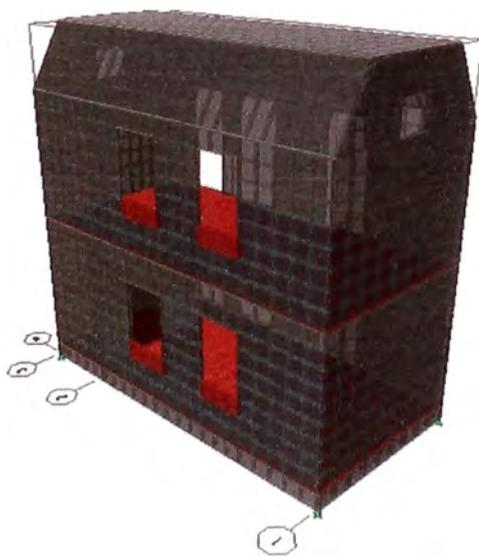


Figura N° 4.05.- Modelo matemático – Vista lateral derecha

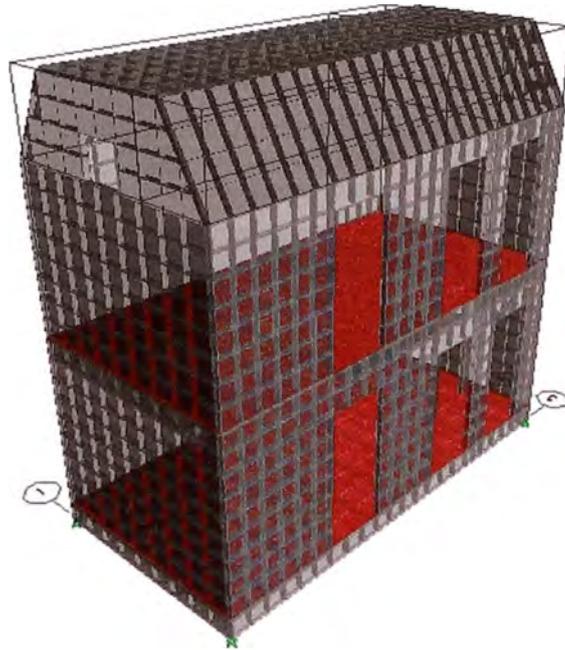


Figura N° 4.06.- Modelo matemático – Vista lateral izquierda



Figura N° 4.07.- Modelo matemático – Vista frontal

➤ **Peso de la estructura**

El peso (masa) de la estructura se considera como el 100% de la carga muerta (D) y únicamente el 25% de la carga viva (L), por tratarse de una edificación tipo C.

Cuadro N° 4.01.- Pesos de carga muerta en cada nivel (Ton)

	Story	Load	Loc	P
	STORY2	MASA	Top	9.46
	STORY2	MASA	Bottom	16.53
	PISO2	MASA	Top	24.08
	PISO2	MASA	Bottom	25.12
	STORY1	MASA	Top	27.47
	STORY1	MASA	Bottom	35.69
	PISO 1	MASA	Top	43.24
	PISO 1	MASA	Bottom	44.15

Se tiene como peso de la edificación: 44.15 Ton

➤ **Cuadro de periodos y participación de masa**

Cuadro N° 4.02.- Cuadro de periodos y participación de masa

	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
	1	0.071180	63.3469	0.5240	0.0000	63.3469	0.5240
	2	0.054576	0.4998	79.6163	0.0000	63.8467	80.1403
	3	0.025655	23.6357	0.0029	0.0000	87.4824	80.1431
	4		0.0348	12.6419	0.0000	87.5172	92.7850
	5	0.	10.4018	0.0519	0.0000	97.9190	92.8369
	6	0.016124	0.4376	0.9430	0.0000	98.3566	93.7798
	7		0.8127	0.0792	0.0000	99.1693	93.8590
	8	0.013584	0.0210	4.5749	0.0000	99.1903	98.4339
	9		0.0084	1.2546	0.0000	99.1987	99.6885

La suma de masas efectivas es mayor al 90% de la masa de la estructura.

➤ Resumen de periodos predominantes

Como se observa en el Cuadro 4.02, los periodos con una mayor participación de masa fueron el modo 1 ($T_x = 0.071180$ s) en la dirección X, el modo 2 ($T_y = 0.054576$ s) en la dirección Y:

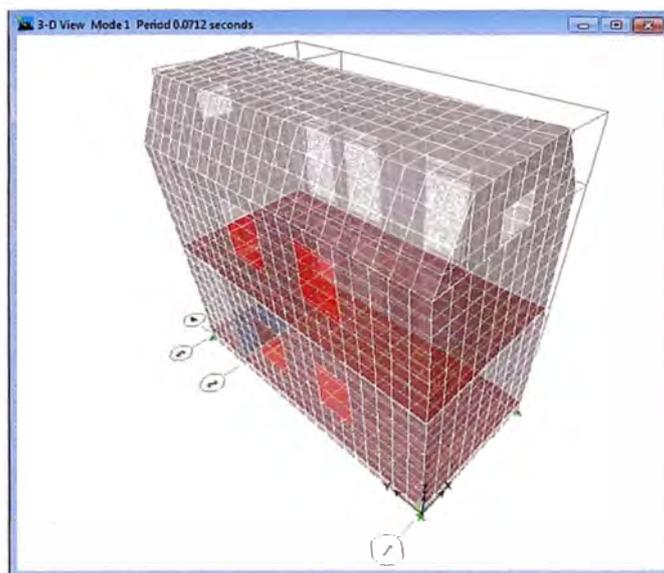


Figura N° 4.08.- Modo de vibración 1

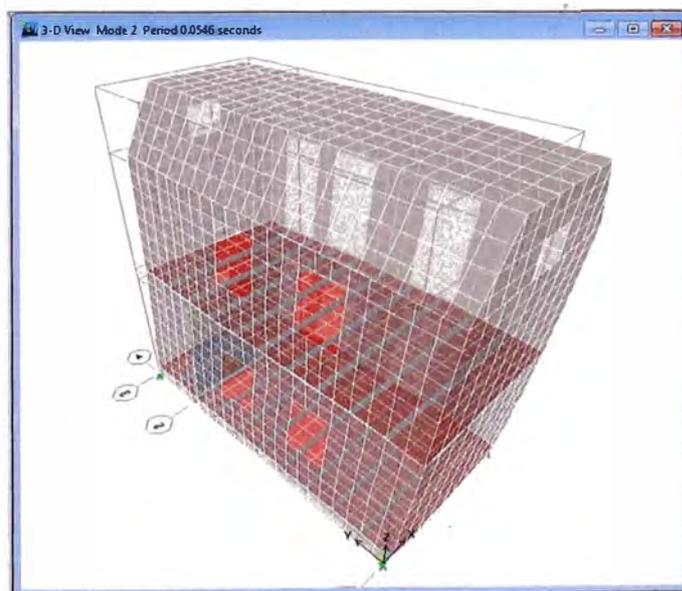


Figura N° 4.09.- Modo de vibración 2

➤ Espectros de respuesta

Para poder calcular la aceleración espectral para cada una de las direcciones analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{ZUCS \times g}{R}$$

Donde:

- Z = 0.4 (Zona 3)
- U = 1.0 (categoría C: Edificación Común)
- S = 1.2 (Tp = 0.6 suelos intermedios)
- g = 9.81 (aceleración de la gravedad m/s²)
- C = 2.5 x (Tp / T); C ≤ 2.5
- R = 4.00 (Sistema estructural de muros de ductilidad limitada)

Sismo en Dirección X:

Sismo en Dirección Y:

Periodo T(s)	Aceleración Sa/g (m/s ²)
0.01	2.94
0.20	2.94
0.30	2.94
0.40	2.94
0.50	2.94
0.60	2.94
0.70	2.52
0.80	2.21
0.90	1.96
1.00	1.77
1.10	1.61
1.20	1.47
1.30	1.36
1.40	1.26
1.50	1.18
1.60	1.10
1.70	1.04
1.80	0.98
1.90	0.93
2.00	0.88
2.10	0.84
2.20	0.80
2.30	0.77
2.40	0.74
2.50	0.71
2.60	0.68
2.70	0.65
2.80	0.63
2.90	0.61
3.00	0.59

Periodo T(s)	Aceleración Sa/g (m/s ²)
0.01	2.94
0.20	2.94
0.30	2.94
0.40	2.94
0.50	2.94
0.60	2.94
0.70	2.52
0.80	2.21
0.90	1.96
1.00	1.77
1.10	1.61
1.20	1.47
1.30	1.36
1.40	1.26
1.50	1.18
1.60	1.10
1.70	1.04
1.80	0.98
1.90	0.93
2.00	0.88
2.10	0.84
2.20	0.80
2.30	0.77
2.40	0.74
2.50	0.71
2.60	0.68
2.70	0.65
2.80	0.63
2.90	0.61
3.00	0.59

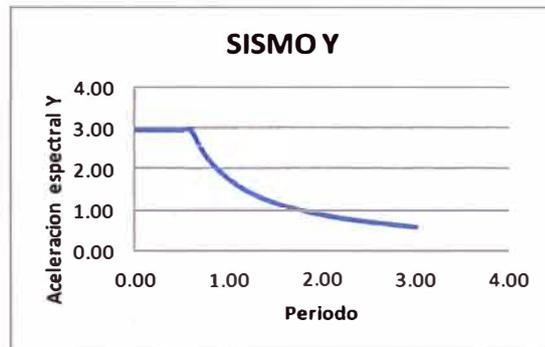
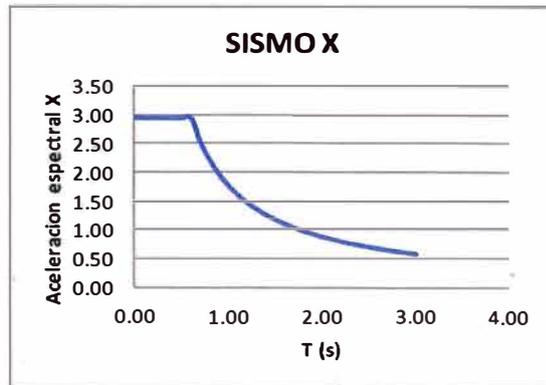


Figura N° 4.10.- Espectros de respuesta (R=4)

➤ Cuadro de máximas distorsiones obtenidos del programa

Cuadro N° 4.03.- Cuadro de máximas distorsiones en el eje X

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DriftY
STORY2	Max Drift X	RX4	269	3.080	0.550	5.260	0.000088	
STORY2	Max Drift Y	RX4	261	0.000	0.608	5.260		0.000004
PISO2	Max Drift X	RX4	12	3.080	3.650	2.885	0.000119	
PISO2	Max Drift Y	RX4	9	2.240	4.960	2.885		0.000045
STORY1	Max Drift X	RX4	12	3.080	3.650	2.830	0.000088	
STORY1	Max Drift Y	RX4	303	3.080	6.020	2.630		0.000017
PISO 1	Max Drift X	RX4	17	3.080	6.240	0.255	0.000098	
PSO 1	Max Drift Y	RX4	290	3.080	0.275	0.255		0.000082

Cuadro N° 4.04.- Cuadro de máximas distorsiones en el eje Y

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DriftY
STORY2	Max Drift X	RY4	287	3.080	1.100	5.260	0.000008	
STORY2	Max Drift Y	RY4	455	1.711	0.000	5.260		0.000039
PISO2	Max Drift X	RY4	13	3.080	2.550	2.885	0.000014	
PISO2	Max Drift Y	RY4	9	2.240	4.960	2.885		0.000104
STORY1	Max Drift X	RY4	316	0.248	6.240	2.630	0.000010	
STORY1	Max-Drift Y	RY4	8	3.080	5.800	2.630		0.000066
PISO 1	Max Drift X	RY4	15	0.000	0.000	0.255	0.000042	
PISO 1	Max Drift Y	RY4	16	0.000	6.240	0.255		0.000195

➤ Cuadro de máximas distorsiones corregidas

La Norma E.030 Diseño Sismorresistente, establece como distorsión máxima de entrepiso el valor de 0.005 para estructuras de muros de ductilidad limitada, esto se cumplirá tanto en la dirección Y-Y, como en la dirección X-X.

$$\delta \times 0.75 \times R \leq 0.005$$

Cuadro N° 4.05.- Cuadro de máximas distorsiones corregidas

Nivel	δ_x	E_{qx}	δ_y	E_{qy}
		$\delta_x \cdot 0,75 \cdot R$		$\delta_y \cdot 0,75 \cdot R$
Piso 2	0.000119	0.00036	0.000104	0.00031
Piso 1	0.000098	0.00029	0.000195	0.00059

Fuente: Elaboración propia

Los desplazamientos máximos relativos tanto en la dirección X, como en la dirección Y son menores que la permitida 0.005 para estructuras de muros de ductilidad limitada.

➤ Verificación de cortante mínimo en la base

Cortante Total en la Base:

De la expresión:

$$V_i = \frac{ZUCS}{R} P, (R_x= 4, R_y= 4)$$

$$\frac{C}{R} = \frac{2.5}{4} = 0.6 \geq 0,125 \text{ -----> OK}$$

Reemplazando para cada eje de análisis tenemos:

	X	Y
V (tn.)	13.25 Ton	13.25 Ton

Donde el peso total de la estructura es:

$$P = 44.15 \text{ Ton}$$

Cortante mínimo en la Base

El cortante mínimo en la base para una estructura regular analizada mediante un análisis por combinación modal (dinámico) es como mínimo el 80% del cortante total en la base, esto es:

	X	Y
V (tn.)	10.6 Ton	10.6 Ton

Los cortantes dinámicos obtenidos son:

Cuadro N° 4.06.- Cuadro de cortantes dinámicos en el eje X e Y

Story Shears									
Edit View									
Story Shears									
Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY	
PISO 1	RX4	Top	0.00	9.10	1.06	27.808	3.943	36.20	
PISO 1	RX4	Bottom	0.00	9.10	1.06	27.808	4.208	38.35	
PISO 1	RY4	Top	0.00	1.06	10.69	11.365	39.660	4.322	
PISO 1	RY4	Bottom	0.00	1.06	10.69	11.365	42.300	4.590	

Se observa que en la dirección de análisis de X, el cortante dinámico es menor al mínimo exigido en la Norma E.030, por tanto es necesaria la corrección.

$$V_{d_x} = 9.10 \text{ Ton. Factor de corrección}=1.165$$

Se observa que en la dirección de análisis de Y, el cortante dinámico es mayor al mínimo exigido en la NTE-E.030, por tanto no es necesaria la corrección.

$$V_{d_y} = 10.69 \text{ Ton.}$$

4.1.7 Memoria de cálculo

- Verificación de muro de ductilidad limitada

Verificación por corte:

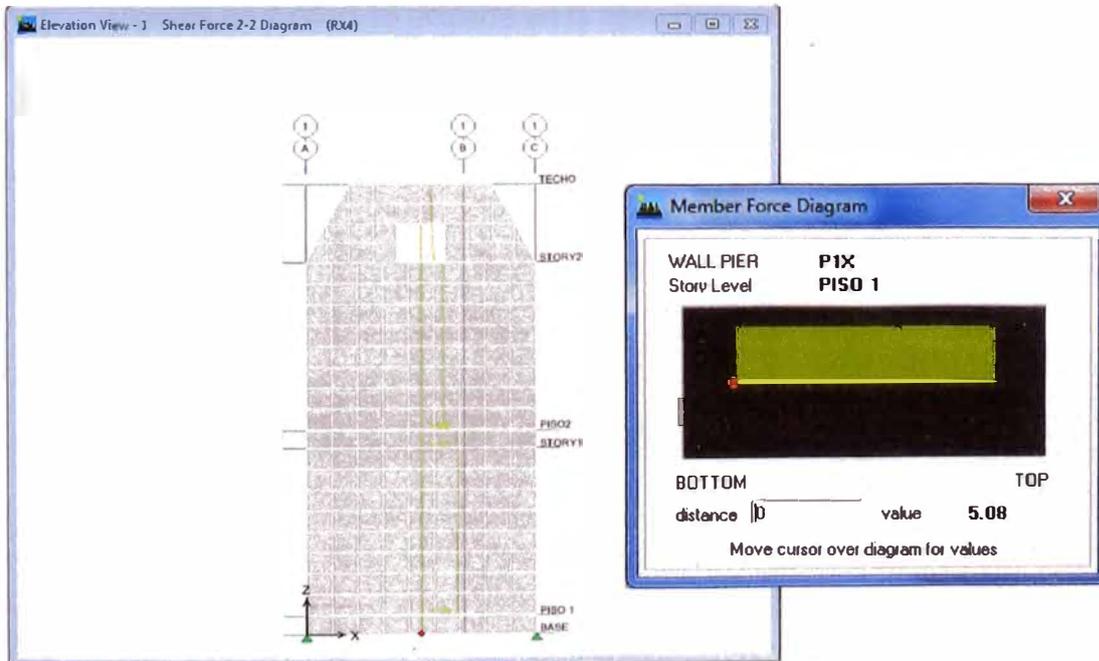


Figura N° 4.11.- Diagrama de Fuerza Cortante en el muro

El esfuerzo cortante (V_e) actuante según la Figura N° 4.11 es de 5.08 Ton

La resistencia nominal (V_{cs}) se calcula como: $V_{cs} = V_c + V_s$

Donde V_c es la resistencia aportada por el concreto ($f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$) y V_s es la resistencia aportada por el acero de refuerzo ($ph = \text{cuantía: } 0.0018$), que fluye con $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.

$$v_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} = 0.53 * \sqrt{210} = 7.68 \text{ kg/cm}^2, \quad t = \text{espesor} = 8 \text{ cm}$$

$$d = \text{peralte efectivo} = 0.8L = 0.8 * 300\text{cm} = 240 \text{ cm}$$

$$V_c = v_c * t * d = 7.68 * 8 * 240 = 14\,745.6 \text{ kg} = 14.745 \text{ Ton}$$

$$v_s = ph * f_y = 0.0018 * 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 7.56 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$V_s = v_s * t * d = 7.56 * 8 * 240 = 14\,515.2 \text{ kg} = 14.515 \text{ Ton}$$

$$V_{cs} = V_c + V_s = 14.745 \text{ Ton} + 14.515 \text{ Ton} = 29.26 \text{ Ton}$$

Se tiene que la resistencia nominal (V_{cs}) es mayor a la Fuerza Cortante (V_e) por lo que se tendría que el muro cumple con la verificación de esfuerzo de corte.

➤ **Verificación de vigueta de losa de sección 0.05mx0.15m**

✓ **Descripción del Elemento:**

Vigueta de 0.05x0.15 ubicada en la base de la edificación.

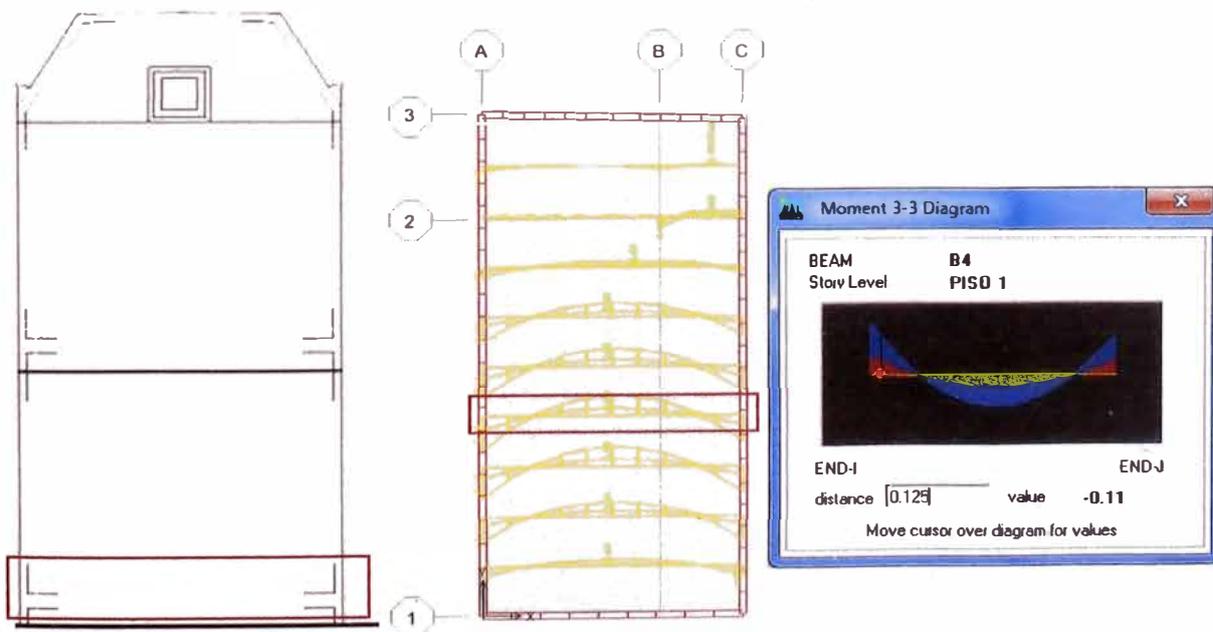


Figura N° 4.12.- Diagrama de momentos flectores – Vigueta de losa

ANÁLISIS ESTRUCTURAL:

Los esfuerzos de momento máximos (Envolvente-Resumen de cargas y combinaciones) mostrados a continuación son los resultados del análisis en el programa ETABS.

Momento positivo :

$$M_{1-2(\max)}^+ = 0.080 \text{ t-m}$$

Momento negativo :

$$M_1^- = 0.110 \text{ t-m} \qquad M_2^- = 0.080 \text{ t-m}$$

a) **Cuantía máxima y mínima**

$$b_1 = 0.85$$

$$r_b = \frac{0.85 \times f_c \times b_1}{f_y} \left(\frac{0.003 \times E_s}{0.003 \times E_s + f_y} \right)$$

$$\rho_b = 0.02138$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b = 0.01604$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = 0.00333$$

b) **Verificación de la altura real de la viga**

$h =$	0.15 m	15 cm	altura de la viga a verificar
$b =$	0.05 m	5 cm	base de la sección a considerar
$\rho =$	$0.50 \rho_b =$	0.01069	cuantía de acero para la verificación (zona sísmica)

$$d = \sqrt{\frac{Mu_{\max}}{\phi \cdot f_y \cdot \rho (1 - 0.59 \cdot \rho \cdot (f_y / f'_c)) \cdot b}}$$

$d =$	7.89 cm	
$d =$	8.00 cm	(profundidad efectiva de refuerzo de acero)
$rec =$	2.00 cm	
$\emptyset =$	20 mm	(diámetro de acero a usar asumido)
$h = d + rec + \emptyset/2 =$	11 cm	

Por lo tanto tenemos: $h = 0.11 \text{ m} < 0.15 \text{ m}$ OKEY!

c) **Calculo de áreas de acero:**

HALLANDO LA CUANTIA MECANICA (W)

Sabemos que:

$$Mu = \phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2 \cdot W (1 - 0.59W)$$

Despejando tenemos:

$$W = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7 \cdot Mu}{0.9 \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2}}$$

DISEÑO POR FLEXION

donde: $d = 11.00\text{cm}$

$$\rho = W \frac{f'_c}{f'_y}$$

AS= $As = 100 \cdot \rho \cdot b \cdot d$ (b y d en mt.)

$As_{min.} = 0.183 \text{ cm}^2$ (r_{min})

La vigueta de 5x15cm² presenta 1 varilla de 3/8", luego se tiene un área = 0.71 cm² en la parte inferior y el acero en la parte superior es de 0.347 cm².

MOMENTOS NEGATIVOS

Apoyos	1	2
M (kg/m)	110.00	80.00
W	0.102	0.073
r	0.0051	0.0037
As (cm2)	0.282	0.201
	ok	ok

MOMENTOS POSITIVO

Apoyos	1-2
M (kg/m)	80.00
W	0.073
r	0.0037
As (cm2)	0.201
	ok

d) DISEÑO POR CORTANTE

SABEMOS QUE:

La fuerza cortante que resiste una vigueta será las que proporcionan el concreto y el acero transversal es decir:

$$V_n = V_c + V_s$$

donde:

$$V_c = 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

b_w : base de la vigueta
 d : Peralte de la vigueta

Entonces:

V_c = 0.422 tn.

Fuerzas cortantes factoradas (Ver la siguiente Figura)

V₁₋₂ = -0.240 tn.

V₂₋₁ = 0.210 tn.

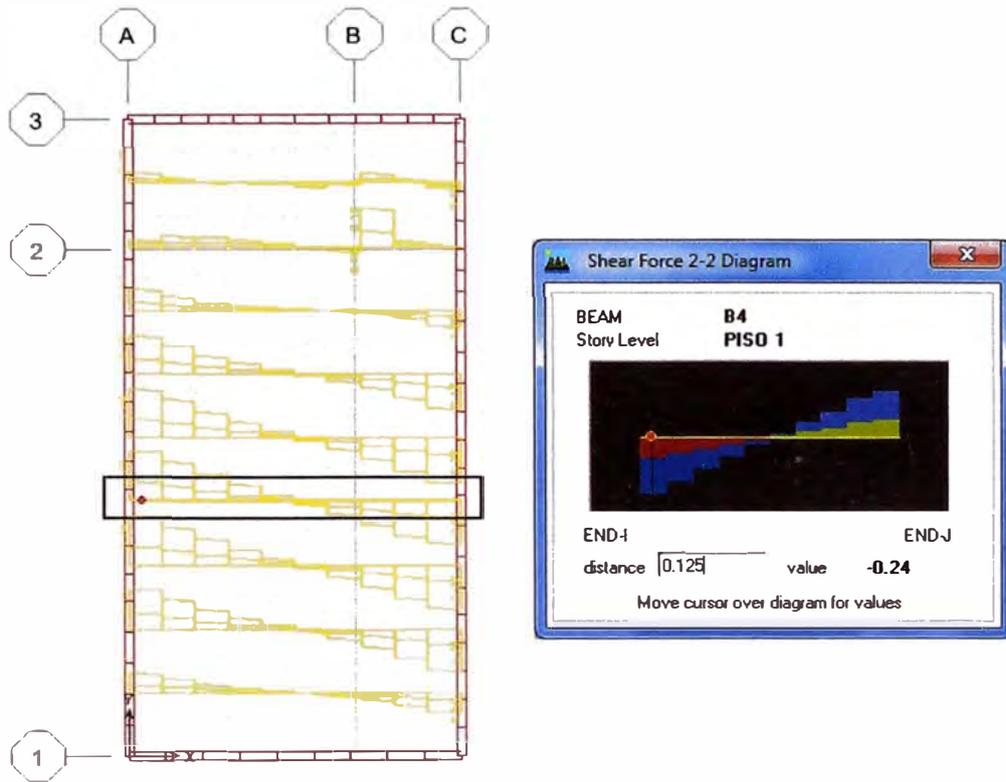


Figura N° 4.13.- Diagrama de fuerzas cortantes – Vigüeta de losa

Comparando con la fuerza factorada máximo.

$$V_n = V_u / \phi = 0.282 \text{ tn.}$$

$$V_s = V_n - V_c = -0.140 \text{ tn.}$$

Como:

$$V_s = 2.12 \sqrt{f_c' f_w'} \cdot d$$

tenemos:

$$V_s \leq 1.690 \text{ tn.}$$

Por lo tanto: $V_s = 0.14 \text{ tn} < V_{s_{max}} = 1.690 \text{ tn. OKEY!}$

En conclusión el refuerzo por flexión suministrado en la vigüeta de $5 \times 15 \text{ cm}^2$ más esforzada de la estructura, cumple con lo exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Verificación de pernos:

Verificación por corte:

Como los apoyos están ubicados en las cuatro esquinas del módulo, las fuerzas ejercidas sobre ellos se muestran en las siguientes figuras, tanto para carga muerta y sismo.

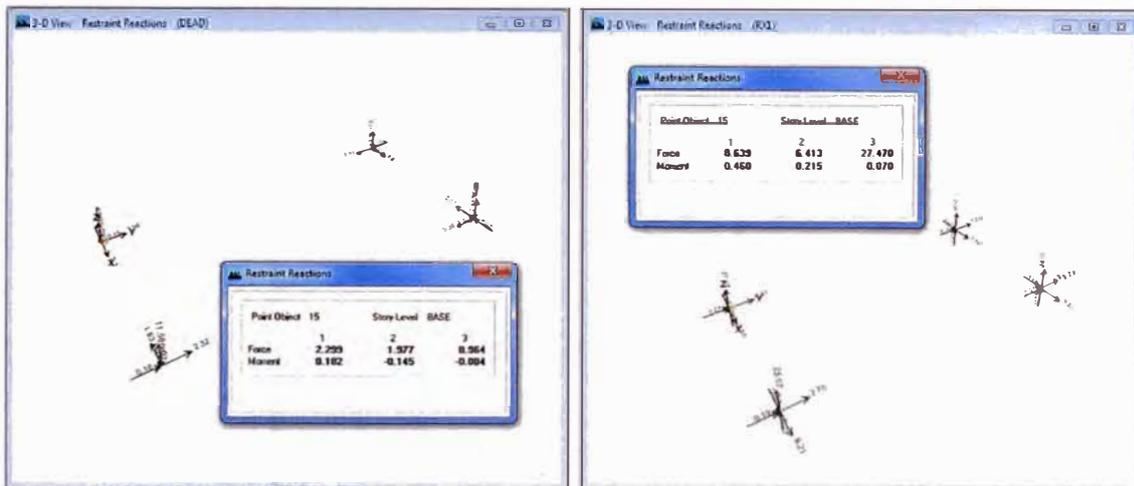


Figura N° 4.14.- Reacciones en el punto N° 15 - Carga muerta y Sismo 1.2g (Ton)

El perno debe controlar los esfuerzos de corte ya que se encuentra en posición horizontal.

Para ello se usará la combinación de carga que genera un mayor esfuerzo de corte (COMBO 6):

$$0.9D - 1.25 SX$$

De las Figuras N° 17 y N° 18 tenemos que la carga muerta es 8.964 Ton y la carga por efecto de sismo es 27.47 Ton.

La fuerza actuante (Fa) en el conector sería entonces:

$$Fa = 0.9 \times 8.964 - 1.25 \times 27.47 = | 8.0676 \text{ Ton} - 34.3375 \text{ Ton} | = 26.2699 \text{ Ton}$$

Según los planos se usan pernos de alta resistencia A325 - M20, la resistencia por cortante para el tornillo sería:

$$Rn_{\text{perno}} = 0.6Fu \times Ab = 5.064 \text{ ton/cm}^2 \times 3.1416 \text{ cm}^2 = 15.908 \text{ Ton}$$

Podemos observar que la resistencia ($Rn_{\text{perno}}=15.908 \text{ Ton}$) es menor a la fuerza actuante ($Fa=26.2699 \text{ Ton}$). Por lo tanto el perno analizado **no cumple por corte**.

Verificaremos si el perno de alta resistencia A325 – M30 es capaz de soportar las cargas:

$Rn_{\text{perno}} = 0.6Fu \times Ab = 5.064 \text{ ton/cm}^2 \times 7.0686 \text{ cm}^2 = 35.795 \text{ Ton} > Fa=26.2699 \text{ Ton}$, por lo tanto el perno A325 – M30 sería el recomendado a utilizar.

➤ Verificación de soldadura y Angulo:

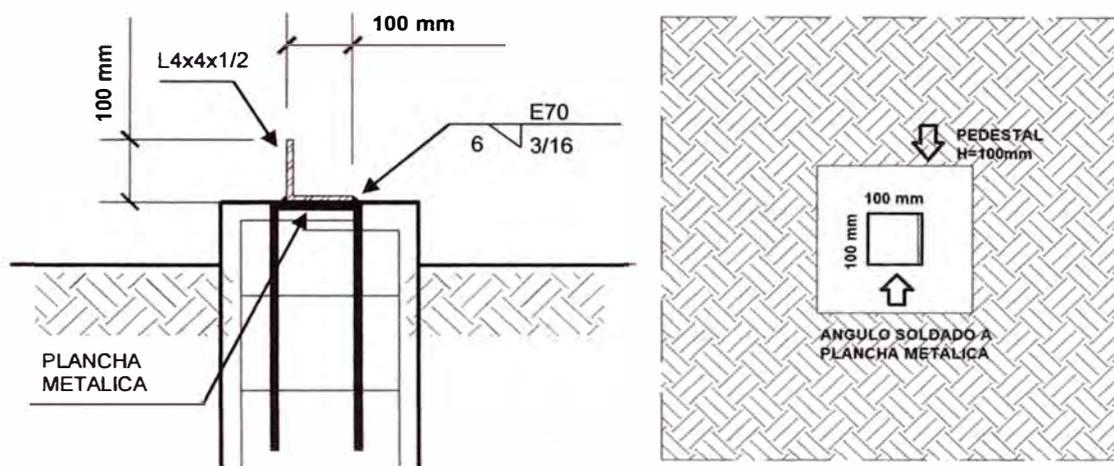


Figura N° 4.15.- Vistas en planta y elevación del ángulo soldado (3/16)

Verificación de soldadura:

La soldadura que une el ángulo con la plancha metálica, según lo mostrado en la Figura 4.19, debe controlar los esfuerzos verticales.

Para el cálculo de la fuerza vertical se usará la combinación de carga que genera un mayor esfuerzo (COMBO 6):

$$0.9D - 1.25 SX$$

De las Figuras N°17 y N°18 tenemos que la carga muerta es 8.964 Ton y la carga por efecto de sismo es 27.47 Ton.

La fuerza actuante (Fa) en el conector sería entonces:

$$Fa = 0.9 \times 8.964 - 1.25 \times 27.47 = |8.0676 \text{ Ton} - 34.3375 \text{ Ton}| = 26.27 \text{ Ton}$$

El tamaño de la soldadura w es igual a 4.7625 mm con un valor de F_w igual a 2950 kg/cm², y un valor de longitud de la soldadura "L" igual a 400 mm, por tanto la capacidad nominal de cargas de la soldadura es:

$$Rn_{\text{soldadura}} = 0.707 \times w \times L \times F_w = 0.707 \times 0.47625 \text{cm} \times 40 \text{cm} \times 2.95 \text{Ton/cm}^2 = 39.73 \text{ Ton}$$

Podemos observar que la resistencia ($Rn_{\text{soldadura}} = 39.73 \text{ Ton}$) es mayor a la fuerza actuante (26.27 Ton). Por lo tanto la soldadura es adecuada para soportar la fuerza actuante.

Verificación del ángulo de 4x4x1/2"

El ángulo 4x4x1/2" debe soportar los esfuerzos de tracción, estos esfuerzos serán los mismos que se utilizaron en la verificación anterior, por lo que la fuerza de tracción actuante en el ángulo será de 26.2699 Ton.

El ángulo de 4x4x1/2" presenta un esfuerzo a la rotura de 4080 kg/cm², el área esforzada será de 10.16 cm x 1.27 cm igual a 12.9032 cm², la resistencia a la rotura del ángulo sería de:

$$Rn_{\text{ángulo}} = F_u \times A_e = 4080 \text{ kg/cm}^2 \times 12.9032 = 47\,380.55 \text{ kg} = 47.38 \text{ Ton}$$

Se observa que la resistencia ($Rn_{\text{ángulo}} = 47.38 \text{ Ton}$) es mayor a la fuerza actuante (26.27 Ton). Por lo tanto el ángulo de 4x4x1/2" es adecuado para soportar la fuerza de tracción actuante.

➤ Verificación de zapata:

Las reacciones máximas en las zapatas se tendrán utilizando las siguientes combinaciones de carga:

$$\text{COMBO 1 (C1)} \quad 1.4D + 1.7L$$

$$\text{COMBO 2 (C2)} \quad 1.25(D+L) + SX$$

Para ello utilizaremos las reacciones mostradas en las siguientes figuras:

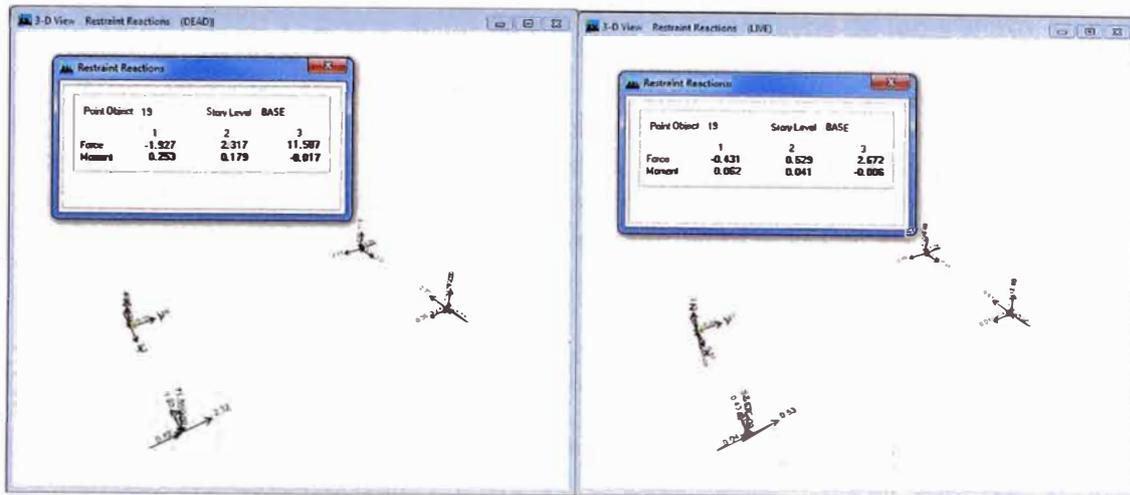


Figura N° 4.16.- Reacciones en el punto N° 19 - Carga muerta y viva (Ton)

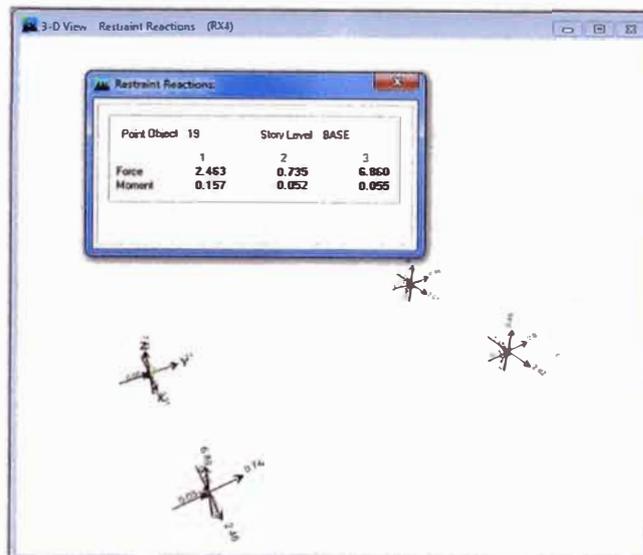


Figura N° 4.17.- Reacciones en el punto N° 19 – Sismo 0.30g (R=4)

Las reacciones utilizando las combinaciones serían las siguientes:

COMBO 1 $1.4 (11.587 \text{ Ton}) + 1.7 (2.672 \text{ Ton}) = 20.76 \text{ Ton}$

COMBO 2 $1.25 (11.587 \text{ Ton} + 2.672 \text{ Ton}) + 6.86 \text{ Ton} = 24.86 \text{ Ton} > 20.76 \text{ Ton}$

Según el expediente la presión admisible del estudio de suelos es de 2.0 Kg/cm² a un metro de profundidad como mínimo.

Entonces el área mínima de zapata es $= 24.86 \text{ Ton} / 20 \text{ Ton/m}^2 = 1.243 \text{ m}^2$, área equivalente a una cimentación de 1.20 m x 1.20 m.

4.1.8 Interpretación y comparación de resultados de ensayos de laboratorio:

Por cuestiones de capacidad de los laboratorios no se puede construir un módulo con las dimensiones de la edificación evaluada, por lo que se construyó y se ensayó un módulo de 2 niveles con las dimensiones de 2.0 m x 2.4 m, a continuación se harán las comparaciones de los resultados de laboratorio y los resultados del análisis con el programa ETABS.

- Interpretación y comparación de esfuerzos cortantes en los muros

Los esfuerzos proporcionados por análisis en el programa:

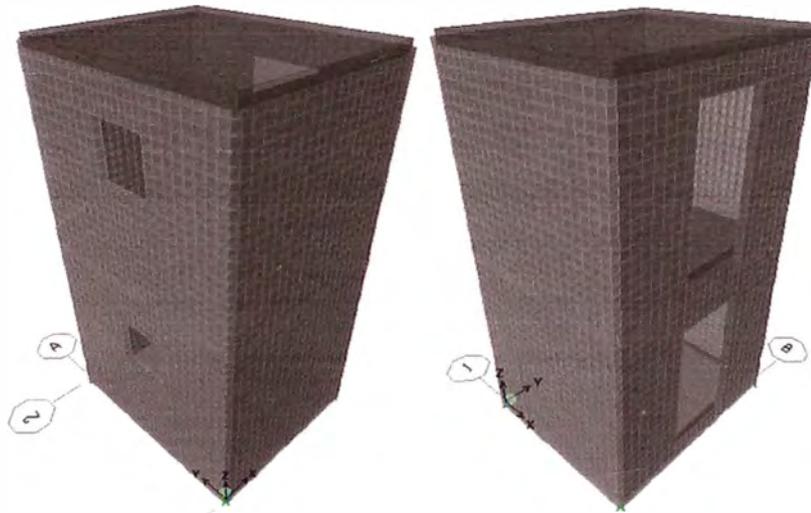


Figura N° 4.18.- Módulo de 2.00mx2.40m

Esfuerzos cortantes (en Kg) con 0.27g, 0.95g y 1.27g:

Cuadro N° 4.07.- Cuadro de esfuerzos cortantes en el muro con 0.27g, 0.95g y 1.27g

Story Shears						
Edit View						
Story Shears						
	Story	Load	Loc	P	VX	VY
	STORY1	SPEC027	Top	0.00	11.32	3347.15
	STORY1	SPEC027	Bottom	0.00	11.32	3347.15
	STORY1	SPEC095	Top	0.00	39.85	11777.01
	STORY1	SPEC095	Bottom	0.00	39.85	11777.01
	STORY1	SPEC127	Top	0.00	53.27	15743.97
	STORY1	SPEC127	Bottom	0.00	53.27	15743.97

Los esfuerzos proporcionados por resultados del laboratorio:

Cuadro N° 4.08.- Cuadro de esfuerzos cortantes del laboratorio

Carga Sísmica	Esfuerzos cortantes
0.27g	4557 Kg
0.95g	12983 Kg
1.27g	12514 Kg

Fuente: Informe de laboratorio (Anexod)

Luego se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro N° 4.09.- Cuadro comparativo de los esfuerzos cortantes del laboratorio y de análisis

Solicitud Sísmica	Esfuerzos cortantes del laboratorio	Esfuerzos cortantes del análisis
0.27g	4557 Kg	3347.15 kg
0.95g	12983 Kg	11777.01 kg
1.27g	12514 Kg	15743.97 kg

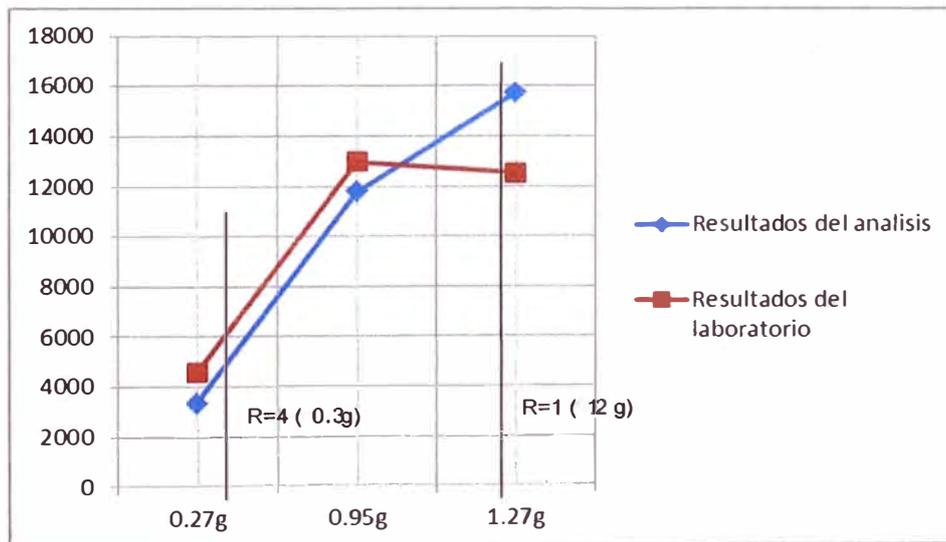


Figura N° 4.19.- Gráfico comparativo de esfuerzos cortantes de laboratorio y de análisis en ETABS

Se observa en la figura N° 4.19 que la estructura permanece en el rango elástico para lo exigido por el Reglamento Nacional de edificaciones $R=4$ (0.3g), sin embargo incurre en el rango inelástico según la línea “Resultados del laboratorio”.

Del informe del laboratorio (Anexo 2), muestra que los muros después del ensayo no presentaron ni fisuras ni daño, por lo que se deduce que su aporte en rigidez no aumentó desde que la sollicitación sísmica estuvo en el intervalo 0.95g hasta 1.27g y fue la conexión de la base la que resistió las sollicitaciones sísmicas ya que finalmente fue la parte del módulo que falló.

Interpretación y comparación de resultados de esfuerzos en el perno de alta resistencia, ángulo L4x4x1/2” y soldadura:

Los esfuerzos de carga muerta y sismo de 1.27g (sismo con la cual falló la estructura) son los mostrados en las siguientes figuras:

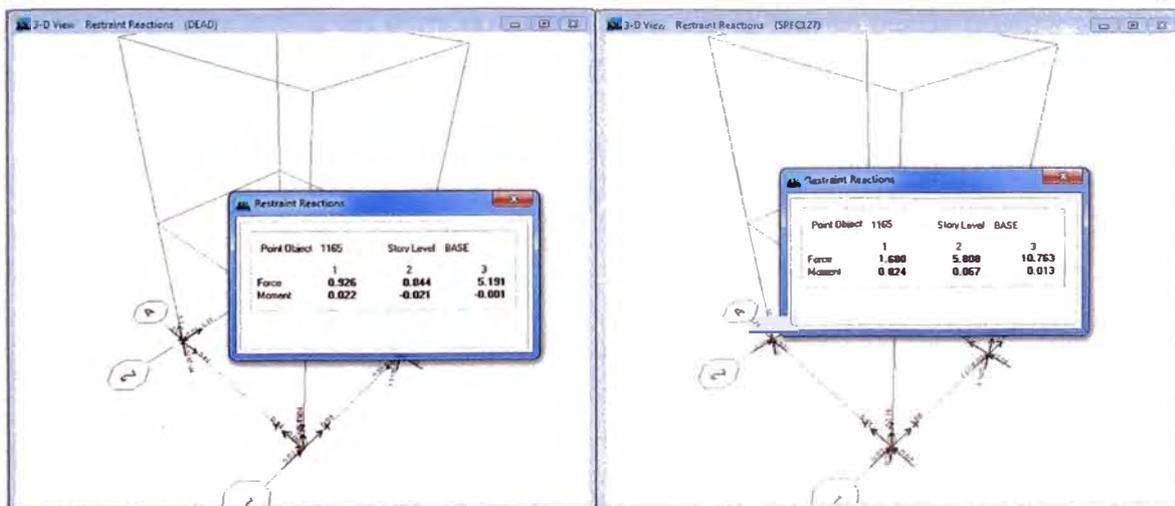


Figura N° 4.20.- Reacciones en el punto N° 1165 del módulo de ensayo - Carga muerta y carga por sismo 1.27g (Ton)

Para el cálculo del esfuerzo máximo se usará la siguiente combinación de carga (COMBO 6):

$$0.9D - 1.25 SX$$

De la Figura N°4.20 tenemos que la carga muerta es 5.191 Ton y la carga por efecto de sismo es 10.763 Ton.

La fuerza actuante en la conexión utilizando el COMBO 6, sería entonces:

$$0.9 \times 5.191 - 1.25 \times 10.76 = |4.6719 \text{ Ton} - 13.45 \text{ Ton}| = 8.778 \text{ Ton}$$

Debido a que no se cuenta con información de los elementos de conexión se asume que el perno, ángulo y soldadura utilizados son los mismos que los que se indican para la edificación típica a construir por la empresa "Llaxta", por lo que las resistencias ya calculadas en las verificaciones de perno, ángulo y soldadura, mostradas a continuación:

$$Rn_{\text{perno}} = F_v \times A_b = 0.6 F_u \times A_b = 5.064 \text{ Ton/cm}^2 \times 3.1416 \text{ cm}^2 = 15.908 \text{ Ton}$$

$$Rn_{\text{soldadura}} = 0.707 \times w \times L \times F_w = 0.707 \times 0.47625 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 2.95 \text{ Ton/cm}^2 = 39.73 \text{ Ton}$$

$$Rn_{\text{ángulo}} = F_u \times A_e = 4080 \text{ kg/cm}^2 \times 12.9032 = 47\,380.55 \text{ kg} = 47.38 \text{ Ton}$$

Según se observa son mayores a la fuerza actuante de 8.778 Ton, sin embargo, es la soldadura la que falla en el módulo ensayado, por lo que se puede deducir que la soldadura empleada en la conexión fue de menor tamaño o calidad.

4.2 RESUMEN DEL CAPÍTULO IV

El capítulo IV desarrolla la metodología planteada en el capítulo III, el cual se resume como sigue:

Descripción de la edificación:

La edificación a evaluar consta de 2 niveles, que presentan una altura libre de muro de 2.4m, una cobertura de 1.1 m de altura y sus dimensiones en planta son de 3 m x 6 m, y está diseñada en base a módulos prefabricados de concreto armado que se conectan entre sí por medio de anclajes metálicos.

Características de los materiales:

Resistencia del concreto: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

El esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo es: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Los ángulos metálicos con un esfuerzo de fluencia $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ y con esfuerzo a la rotura F_u de 4080 kg/cm^2 .

Los pernos de alta resistencia con un esfuerzo a la rotura de $F_u = 8440 \text{ kg/cm}^2$.

Tipología estructural y criterio de evaluación estructural:

La edificación considerada para la evaluación usa el sistema constructivo Llaxta cuyos elementos estructurales, son losas nervadas, y muros de concreto armado cuyas características se aproximan a muros de ductilidad limitada. Las conexiones empernadas con pernos de alta resistencia, serán evaluadas por esfuerzos de corte considerando un factor de reducción igual a 1.

Resumen y combinaciones de carga:

Las cargas y combinaciones de carga se establecieron según lo dispuesto en la Norma E.020 Cargas y en la Norma E.060 respectivamente.

Características y consideraciones sísmicas:

Se obtienen utilizando la Norma E.030 Diseño Sismorresistente

Z	=	0.4 (Zona3– Costa)
U	=	1.0 (categoría C: Edificación Común)
S	=	1.2 ($T_p = 0.6$ suelos intermedios)
g	=	9.81 (aceleración de la gravedad m/s^2)
C	=	$2.5 \times (T_p / T)$; $C \leq 2.5$
R	=	4(Muros de ductilidad limitada-desplazamiento relativo =0.005)

Análisis sismo-resistente de la estructura:

Peso de la estructura igual a 44.15 Ton

Periodos con mayor participación en masa en el eje X se dio en el modo 1 ($T_x=0.07118s$) y en el eje Y se dio en el modo 2 ($T_y=0.054576s$).

La distorsión máxima en el eje X fue de 0.00036 y en el eje Y fue de 0.0059, menores a 0.005.

De la verificación por cortante mínimo en la base solo en el eje X es necesario corregir por lo que el factor de corrección es de 1.165.

En la memoria de cálculo se tiene que los muros cumplen la verificación por corte, la losa nervada cumple con las verificaciones de esfuerzos de flexión y corte, de la verificación de esfuerzos en la conexión son los pernos de alta resistencia A325-M20 no cumplen por esfuerzos de corte.

Interpretación y comparación de resultados de ensayos de laboratorio:

Del informe del laboratorio (Anexo 2), menciona que los muros después del ensayo no presentaron ni fisuras ni daño, y de lo observado en la Figura N° 4.19 se deduce que su aporte en rigidez no aumentó desde que la sollicitación sísmica estuvo en el intervalo 0.95g hasta 1.27g y fue la conexión de la base la que resistió las sollicitaciones sísmicas ya que finalmente fue la parte del módulo que falló.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Las edificaciones con el sistema constructivo no convencional "Sistema Constructivo Llaxta" están limitadas a ser de 2 pisos como máximo. El mencionado sistema es altamente industrializado que permite ensamblar una vivienda de 60 m² en un tiempo estimado de 1 día. Y en lo que respecta a la economía se consigue un 20% de ahorro en la estructura.

La edificación evaluada con la metodología cumple con las disposiciones de rigidez que figuran en la norma E.030 Diseño Sismorresistente y en la norma E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE. La distorsión máxima obtenida del análisis del programa es de 0.00026 menor al valor máximo de 0.005 para muros de ductilidad limitada (Anexo 2 de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente). Los muros, losa cumplen con las verificaciones de resistencia. En la conexión de apoyo el ángulo L4x4x1/2" y la soldadura cumplen con las disposiciones de resistencia sin embargo el perno de alta resistencia A325 M20 no cumple, por lo que se recomienda se utilice un perno de alta resistencia A325 M30.

Del informe del laboratorio se tiene que los muros después del ensayo no presentaron ni fisuras ni daño, por lo que se deduce que su aporte en rigidez no aumentó desde que la sollicitación sísmica estuvo en el intervalo 0.95g hasta 1.27g, y fue la conexión de la base la que resistió estas sollicitaciones sísmicas ya que finalmente fue la parte del módulo que falló.

Los muros de concreto de 8 cm cumplen con el requerimiento por la Norma E.030 Diseño Sismorresistente ya que permanecen en el rango elástico para el sismo 0.3g (R=4).

Del ensayo realizado al módulo como ya se mencionó, los únicos elementos que fallaron fueron las conexiones con un sismo de 1.27g, pero fue después de cumplir con el requerimiento de colapso de la norma 1.20g (R=1).

5.2 RECOMENDACIONES

La cimentación recomendada para la estructura, que cuente con un terreno que presente una capacidad portante de 2 Kg/cm² como mínima, serán zapatas aisladas con un área mínima de 1.20 m x 1.20 m.

Se recomienda continuar con los ensayos experimentales para verificar las condiciones de anclaje.

BIBLIOGRAFÍA

- LLAXTA S.A.C, Expediente Técnico del sistema constructivo no convencional "SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA", Lima, 2011.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO, Norma técnica de edificación E.020 Cargas del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE. Lima, 2006.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO, Norma técnica de edificación E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE. Lima, 2009.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO, Norma técnica de edificación E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE, Lima, 2006.
- SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACION PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-SENCICO, Reglamento para la aprobación de utilización de sistemas constructivos no convencionales, Lima, 2007.

ANEXOS

ENSAYO DINÁMICO DE SIMULACIÓN SÍSMICA EN MÓDULO PREFABRICADO DE DOS PISOS

“SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA”

(INF - LE 460.10)

SOLICITADO POR:

LLAXTA S.A.C.

(Ca. Monte Rosa N°271, Of.902, Urb.Chacarilla, Surco-Lima
Att.: Arq. Gabriel Macedo Vidaurrázaga

EJECUTADO POR:

Laboratorio de Estructuras Antisísmicas
Sección Ingeniería Civil - Departamento de Ingeniería
Pontificia Universidad Católica del Perú

ELABORADO POR:

Ing. Wilson E. Silva Berríos *

FECHA:

2 de Febrero del 2011



[Handwritten Signature]
Ing. Gladys Villa-García M.
Jefe del Laboratorio de
Estructuras Antisísmicas



DANIEL ENRIQUE TORREALVA DAVILA
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 14072

000077

(*): Responsable del Proyecto por el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas - PUCP
Profesor Asociado - Departamento de Ingeniería - Pontificia Universidad Católica del Perú

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL “SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA”

A PARTIR DE UN ENSAYOS DINÁMICO DE SIMULACIÓN SÍSMICA EN MÓDULO PREFABRICADO DE DOS PISOS

1. INTRODUCCIÓN

La empresa LLAXTA S.A.C., por intermedio del Arq. Gabriel Macedo, solicitó al Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) estudiar el comportamiento estructural del sistema constructivo no-convencional “LLAXTA”, a partir de un Ensayo Dinámico de Simulación Sísmica, en un Módulo Tridimensional: M-3D, de dos pisos, prefabricado en concreto armado. El módulo prefabricado fue proporcionado y ensamblado por el cliente.

El presente Informe contiene una breve descripción de las características geométricas del espécimen, el procedimiento e instrumentación del ensayo realizado y los resultados obtenidos. Por simplicidad en la organización del presente reporte, los resultados de todos los ensayos, de Vibración Libre y de Simulación Sísmica propiamente dichos, se presentan independientemente en los Anexos 1, 1-A, 2 y 2-A.

2. ALCANCE

En la responsabilidad del Laboratorio en el presente estudio, están incluidas las etapas de definición de las características de ensayo del espécimen y su instrumentación, la definición de las señales y fases de ensayo y el procesamiento básico de resultados.

El post procesamiento exhaustivo y detallado, el ajuste y/o calibración del modelo experimental con uno analítico, así como la interpretación de resultados conducentes a la obtención de parámetros de diseño y factores de seguridad, no forma parte de la responsabilidad del laboratorio en el presente proyecto.

3. CARACTERÍSTICAS DEL ESPÉCIMEN DE ENSAYO:

El Módulo M-3D (Modelo Tridimensional Básico de Vivienda) -que viene representado por el modelo representativo de un ambiente básico de vivienda de dos pisos del sistema “Llaxta”-, tiene la forma de un prisma rectangular recto, con base de sección transversal rectangular de 2.00 x 2,40m de lado. La altura libre de entrepiso del módulo es 2,10m, con una losa maciza de techo de 0,12m de espesor. El nivel más alto del módulo, medido desde la plataforma del simulador-, es 4.30m (incluyendo el peralte de la viga metálica de cimentación, de 0,10m).

La fig. 1 muestra las características geométricas en planta y el des- o M-3D. El sentido del movimiento durante el ensayo de simulación sísmica, c ensión de 2400 mm:

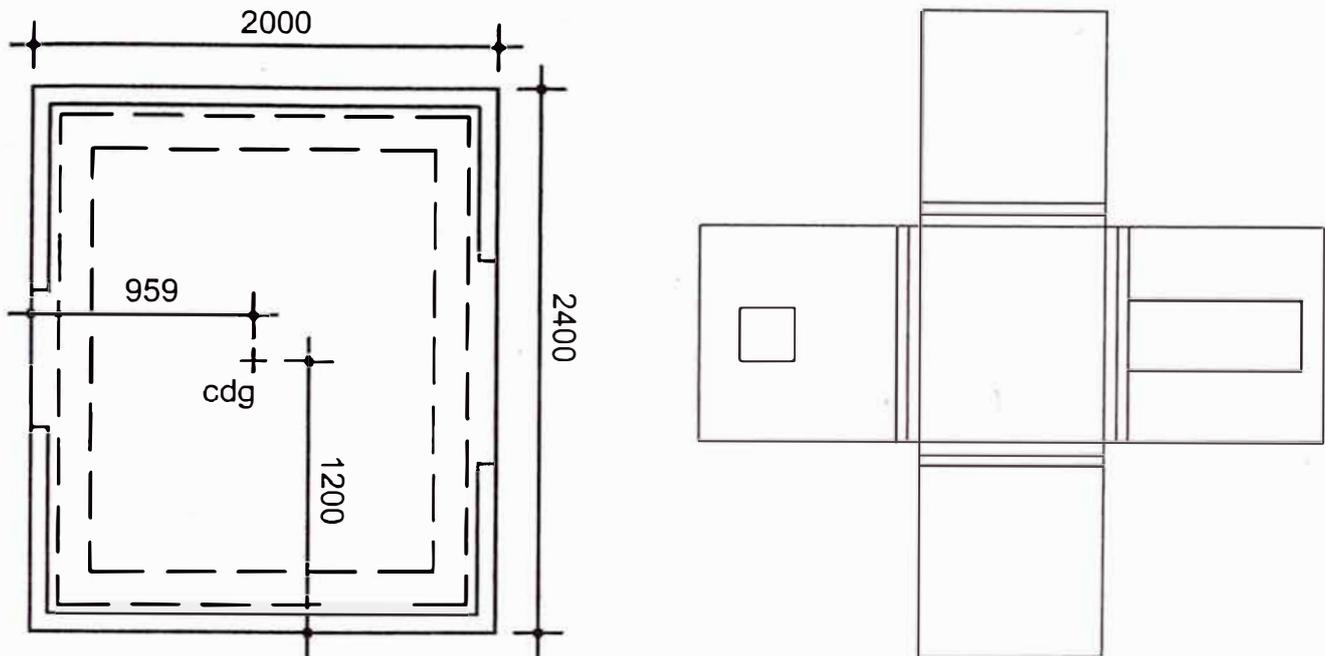


Fig. 1. Características geométricas (en planta y despiece) del Módulo M-3D

4. ENSAYOS REALIZADOS:

4.1 ENSAYO DE SIMULACIÓN SÍSMICA - CARACTERÍSTICAS

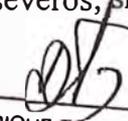
El Módulo M-3D fue sometido a un ensayo dinámico de simulación sísmica, aplicándole solicitaciones sísmicas a partir de una señal (registro sísmico) de comando de intensidad creciente, que corresponde a un sismo real, registrado previamente. El movimiento unidireccional de la plataforma del simulador de sismos (mesa vibratoria) fue coincidente con la dirección lateral del módulo donde existían muros con vanos (la dimensión de 2400mm).

Para todas las fases, se utilizó la misma señal sísmica de comando para el simulador de sismos - incrementándose la intensidad del movimiento, secuencialmente en cada fase-, de tal modo de simular sismos de intensidad creciente que sean representativos de los sismos frecuentes, ocasionales, raros y muy raros, o equivalentemente, sismos leves, moderados y severos; si es que el espécimen tiene capacidad para resistirlos.

4.1.1 Fases de Ensayo

La definición de las Fases de Ensayo (Desplazamiento Do y Aceleración Ao, máxima de la plataforma del simulador de sismos o Mesa Vibratoria) se hizo tomando como referencia ensayos dinámicos previos realizados en el Laboratorio de Estructuras-PUCP.

Las tres fases de ensayo representan características de intensidad de sismo Sismo Muy Leve (Fase 1) hasta Sismo Muy Raro (Fase 3 ó superior).


DANIEL ENRIQUE TORREALVA DAVILA
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N° 1402



4.1.2 Instrumentación

Se colocaron en total 8 transductores (sensores) de desplazamiento lineal (del tipo LVDT's) y 6 de aceleración horizontal (acelerómetros) ubicados en lugares específicos, que permitieron medir o registrar tanto la sollicitación sísmica de entrada (A_0 , D_0 , F_a), como la respuesta estructural del Módulo M-3D (A_1 a A_6 y D_1 a D_8). Se registraron directamente del ensayo, tanto los desplazamientos (absolutos y a partir de ellos, se calcularon los desplazamientos relativos a la base), así como las aceleraciones; en diferentes posiciones (laterales y centrales frontales absolutas y otras específicas) y en diferentes alturas del módulo (en el nivel superior e intermedio del entrepiso). La ubicación de los instrumentos (en elevación posterior y lateral), se detalla esquemáticamente en la figura 2:

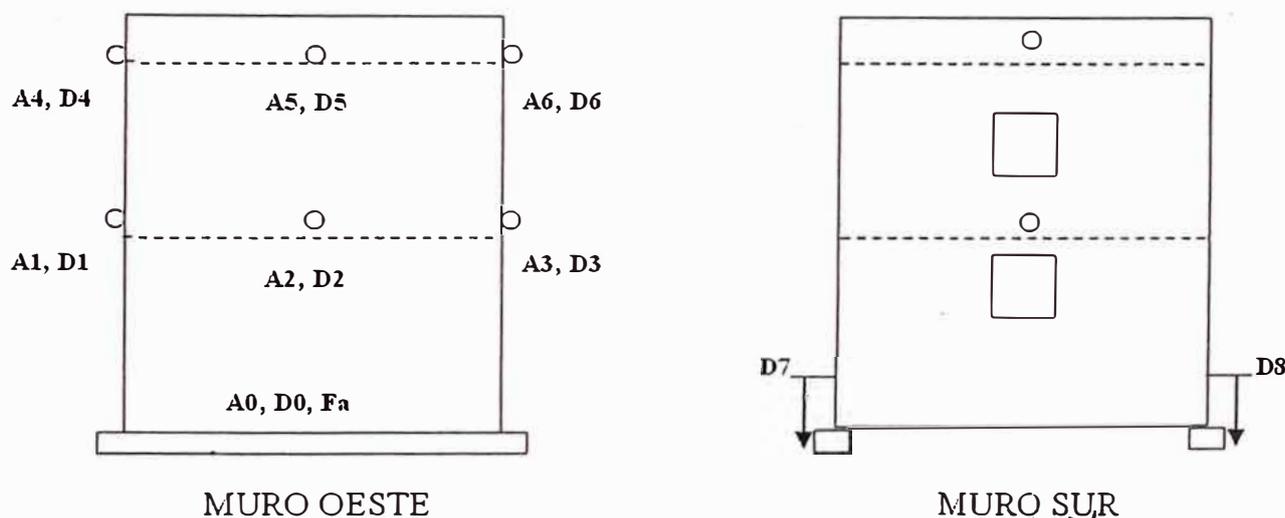


Figura 2. Esquema de la Instrumentación: Ubicación de los sensores de Desplazamiento (D_i) y Aceleración (A_i)

Los ensayos de simulación sísmica, se desarrollaron en tres fases, con distintas sollicitaciones definidas por la aplicación de sismos de intensidad creciente (fases de 30, 80 y 100mm de desplazamiento D_0), usando la misma señal sísmica y variando la amplitud del movimiento de la plataforma del simulador de sismos; precedidos por ensayos de vibración libre (V.L.) -antes de cada fase y al final de la última fase, para medir las propiedades dinámicas básicas del módulo, tales como: el período natural (T_n) y amortiguado (T_d) y la frecuencia natural (ω_n) y amortiguada (ω_d) de vibración y el amortiguamiento (ξ) del espécimen. La señal (sollicitación sísmica) fue derivada del registro del sismo de Mayo de 1970, captado en el Instituto Geofísico del Perú (IGP), correspondiente a las condiciones de suelo de la ciudad de Lima (grava densa), que constituye una de las señales sísmicas peruanas con mayor poder destructivo. La componente N82E de esta señal ($f = 3,22$ Hz) es la que escalada a la máxima amplitud deseada de cada fase, se utilizó en cada fase de simulación sísmica. Para los ensayos de vibración libre se emplearon pulsos (señales impulsivas de corta duración) en forma de onda cuadrada de pequeña amplitud (1,5mm) como señal de comando del actuador estructural de la plataforma de simulación de sismos.

En cada fase de ensayo, se registraron directamente la historia de aceleraciones de desplazamientos, tanto de la plataforma de simulación sísmica como de cada instrumento colocado en

el módulo de ensayo. De dichos registros se obtuvieron los valores máximos y el instante de ocurrencia (ver cuadros resumen de resultados en el Anexo 2 y 2-A). Con esta información y conociendo la masa (o peso) del sistema (Módulo M-3D), se calculó la fuerza cortante (V) asociada a la base del espécimen en cada fase.

En resumen, durante el ensayo se utilizaron un total de 14 instrumentos: seis sensores electrónicos de desplazamientos (LVDT's ó Di), ocho acelerómetros (Ai), y un medidor de presión del actuador dinámico (ΔP). A continuación se describe la función y ubicación de los instrumentos.

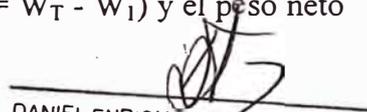
- Con el medidor de diferencia de presiones (ΔP) se obtiene la fuerza que acciona la mesa vibradora (F_a), luego, restando el producto de la aceleración de la mesa (A_o) por la suma de las masas (pesos) de la plataforma vibratoria y la cimentación del módulo (anillo de cimentación + contrapeso para compensar excentricidad), se determina la Fuerza Cortante Sísmica (V ó F) asociada a la base del módulo, en cada fase del ensayo.
- A_o , D_o y ΔP corresponden al actuador dinámico que acciona a la plataforma del simulador.

4.1.3 Peso y Transporte del Módulo M-3D

Comúnmente, antes de construir el módulo sobre un anillo rígido de cimentación, éste se pesa previamente (intercalando una celda de carga intercalada entre el dispositivo de izaje del puente grúa y el espécimen). El peso del anillo metálico W_1 es 100kg.

El puente grúa se utilizó para transportar el módulo desde el patio de construcción hacia la mesa vibradora. Cuando el módulo tuvo edad prevista, y antes de ensayarlo, fue pesado (W_T), incluyendo la cimentación, para posteriormente obtener el peso neto del módulo ($W_2 = W_T - W_1$) y el peso neto por área en planta ($W = W_2 / A$, donde $A = 2,40 \times 2,00 = 4.80m^2$).

Entonces $W = 3016,67 \text{ kg/m}^2$ (sin considerar la sobrecarga).


DANIEL ENRIQUE TORREALVA DAVILA
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 14072

La Tabla siguiente muestra los resultados de los pesos registrados para el Módulo M-3D:

Identificación del Módulo	Peso Registrado del Módulo (kilogramos)			Peso / Área
	W_1 Cimentación (Anillo metálico) + Contrapeso en Plataforma	W_2 Módulo M-3D (Sin S/C)	$W_T = w_1 + w_2$ Total sobre la plataforma del Simulador de Sismos	$w = w_2 / A$ Peso Módulo / Área (en Planta) (kg / m ²)
MÓDULO-3D	100 + 275 = 375	14105	14480	3016.67

4.1.4 Vibración Libre

Antes de realizar el ensayo sísmico y al final del mismo, el Módulo M-3D fue sometido a una prueba de vibración libre, consistente en la aplicación de 4 pulsos de pequeña amplitud (1,5mm) en la mesa vibradora, dejando un tiempo suficiente entre cada pulso para que el módulo pueda vibrar libremente. El objetivo de esta prueba fue verificar la operatividad de los instrumentos y medir las propiedades dinámicas de los módulos (frecuencia y períodos, naturales, y modos) y el factor de amortiguamiento).



5.1.5 Ensayo de Simulación Sísmica

El ensayo de simulación sísmica propiamente dicho, se realizó en tres fases de intensidad creciente, de amplitud de desplazamiento incremental, asociada a frecuencia decreciente.

Después de cada fase de ensayo, se inspeccionó cuidadosamente el Módulo para identificar la presencia de posibles daños (aparición de fisuras o grietas, desplazamientos, deslizamientos entre elementos componentes y conectores, desprendimientos, etc). Al final de la fase 3, se evidenció la falla en la juntas soldadas entre la base del espécimen y la viga metálica de cimentación.

Posteriormente, al conocer la respuesta numérica procesada del espécimen, se debe comparar los valores de las propiedades dinámicas del Módulo M-3D, para comprobar si efectivamente no existieron variaciones en sus valores y confirmar si es que el comportamiento del espécimen en todo momento fue completamente elástico.

6. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

Respecto a la *Vulnerabilidad Sísmica* del sistema probado:

Debería poder inferirse el nivel de vulnerabilidad sísmica del Módulo M-3D, y qué nivel de seguridad ofrece para cada tipo de sismo (frecuentes, ocasionales, raros o muy raros), -debido al comportamiento observado y a partir del análisis e interpretación de los resultados obtenidos del ensayo-, y evaluar la posibilidad de ajustar, modificar o redimensionar las características del sistema, del refuerzo y de los sistemas de conexión y fijación, propuestos, si fuera el caso.

Respecto a las *Propiedades Dinámicas* del Módulo M-3D, evaluadas principalmente en la etapa de *Vibración Libre*, previas a cada fase, y después de la última fase (válida), se puede decir lo siguiente.

La determinación de los valores de las propiedades dinámicas de los especímenes, han sido evaluados a partir de la respuesta de los acelerómetros (ver ubicación en fig. 2). Así, los períodos y las frecuencias naturales, el grado de amortiguamiento correspondiente, antes de cada fase de ensayo (Pre-Fase i) para el Módulo M-3D, se resumen en las Tablas resumen del Anexo 1.

El Amortiguamiento (ξ) desarrollado por el Módulo M-3D en cada fase de ensayo, tiene valores relativamente bajos (alrededor del 6%, en comparación con otros sistemas estructurales convencionales) y se mantiene prácticamente constantes durante todo el ensayo de simulación sísmica, pese al incrementote la intensidad de dicha sollicitación.

DANIEL ENRIQUE ORREALVA DAVI
INGENIERO CIVIL

El Período Natural de Vibración (T_n) del Módulo M-3D se mantiene prácticamente constante durante todas las fases del ensayo. No se evidenció fisuración, por lo que se puede afirmar que se trata de una estructura rígida, con comportamiento completamente elástico para el nivel de sollicitación sísmica aplicada.

La Frecuencia Natural de Vibración (ω_n) del Módulo M-3D también se mantiene prácticamente constante durante todo el ensayo (estos valores están relacionados con el Período Natural de Vibración)



Una medida del comportamiento elástico del espécimen se refleja observando si la frecuencia o el período fundamental de vibración de la estructura no varía entre fases. Para el caso (ver detalles en tablas y gráficos del Anexo 1-A), se puede observar que el período se mantuvo prácticamente constante en las 3 fases de ensayo (alrededor de 0,12seg); esto significa que el espécimen tuvo comportamiento prácticamente elástico durante todo el ensayo.

Si la *Aceleración Horizontal Máxima* desarrollada en cada fase, es considerada como una medida o indicador de la *Respuesta Sísmica* del Módulo M-3D ensayado, se puede decir lo siguiente:

Se puede cuantificar el comportamiento sísmico, observando comparativamente los valores máximos de la respuesta dinámica (aceleración máxima) de cada fase y para cada instrumento (información detallada se presenta en el Anexo 2).

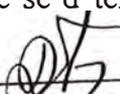
Las aceleraciones de respuesta desarrolladas y registradas en la parte superior del módulo (A-5) ligeramente mayores que la aceleración máxima de la señal de comando (medida en A_0). En el centro del paño cerrado (A5), la aceleración fue mayor que en todas las otras posiciones.

La aceleración en las posiciones A1 y A4 -vs- A3 y A6, también son ilustrativas para ver si se desarrollan aceleraciones distintas en caras distintas, con y sin abertura.

Debido a la simetría geométrica y a la ligera asimetría en rigideces (debido a los vanos) respecto al eje medio paralelo a la dirección del movimiento, la aceleración de respuesta medida en los extremos del techo en los acelerómetros A4 y A6, muestran que no hubo efectos torsionales importantes. La torsión de respuesta en un ensayo translacional, posiblemente ocurre debido a alguna asimetría real, bien sea geométrica o de constitución del espécimen; para verificar este hecho, obsérvese cuidadosa y comparativamente los resultados de los instrumentos A1 y A3 en el nivel del techo del primer piso.

En cuanto a la *Respuesta Sísmica* del Módulo M-3D, tomando como parámetro indicador de ésta el *Cortante Basal Máximo V* en cada una de las fases:

- Para el Módulo 3D, el Cortante Basal es de 4557 kg (Fase 1), 12983 kg (Fase 2) y 12514 kg (Fase 3), como se muestra en la tabla resumen del Anexo 2.
- Debe notarse que a pesar de lo intenso del movimiento sísmico, el Módulo M-3D ensayado, permaneció estable y en franco comportamiento elástico, sin manifestaciones de fisuración, agrietamiento y/o deterioro, hasta que las conexiones de la base se deterioraron, en la fase más intensa.


DANIEL ENRIQUE TORREALVA DAVILA
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 14072



7. REFERENCIAS

- "Norma Técnica de Edificación NTE-E.030". Lima: SENCICO, 2003
- "Norma Técnica de Edificación NTE-E.030": Normas de Diseño Sismorresistente. Reglamento Nacional de Construcciones. Lima: Ministerio de Vivienda y Construcción. , Octubre de 1997.
- Una serie de Ensayos de Simulación Sísmica realizados en Módulos y Sistemas No-convencionales, desarrollados en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas - PUCP, durante varios años.

8. DECLARACIÓN FINAL

Los resultados y las conclusiones alcanzados a partir de los ensayos realizados en el Laboratorio de Estructuras-PUCP, son inherentes al espécimen y ensayos realizados únicamente; y no pueden ser generalizados o extrapolados sin el debido cuidado y asistencia profesional a otros especímenes o módulos con distinta configuración, niveles de refuerzo, condiciones de fijación y/o de conexión entre componentes y sistema de cobertura.

Adicionalmente a la memoria principal, el presente Informe consta de cuatro (4) anexos en total (1, 1-A, 2 y 2-A). Usarlo parcial e independientemente del documento de la memoria, puede conducir a falsas interpretaciones.

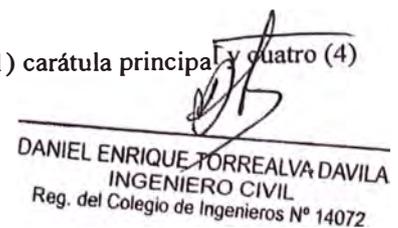


Ing. Wilson E. Silva Berrios

San Miguel, 2 de Febrero del 2011

El presente informe consta de cuarenta y ocho (48) páginas en total, incluyendo una (1) carátula principal y cuatro (4) carátulas de los anexos (separadores de bloques), según el siguiente detalle:

- Ocho (8) páginas del cuerpo principal del informe, incluyendo la carátula.
- El Anexo 1, consta de tres (3) páginas
- El Anexo 1-A, consta de cinco (5) páginas
- El Anexo 2, consta de cuatro (4) páginas
- El Anexo 2-A, consta de veintiocho (28) páginas



DANIEL ENRIQUE TORREALVA DAVILA
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 14072

El uso parcial o aislado de algunas partes, podrían conducir a falsas interpretaciones.
Se prohíbe su reproducción total o parcial, sin autorización expresa del Laboratorio de Estructuras

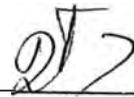
000084

ANEXO 1

**TABLAS RESUMEN: Valores Extremos (Máx., Mín. y Abs.) de Respuesta
Sísmica en VIBRACIÓN LIBRE del Módulo M-3D, por Fases de V.L.,
para cada Instrumento:**

(Todas las Fases de V.L.: 0, 1, 2 y 3):

- Aceleraciones Máximas (6 acelerómetros)
- Desplazamientos Máximos (8 sensores LVDT)
- Aceleración Basal (A_0) y Fuerza Basal (F_a)



DANIEL ENRIQUE TORREALVA DAVILA
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 14072



Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
Tlf: 511 626 2000 anexo 4640, Fax: 511 626 2089
www.pucp.edu.pe / e-mail: ledi@pucp.edu.pe

**TABLAS RESUMEN: VALORES EXTREMOS (MÁX., MÍN.) EN V.L. POR FASE (DE TODOS LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS: Acel., Desplaz. Abs. y Fuerza)
MÓDULO M3-D / 2 PISOS - PREFABRICADO DE CONCRETO ARMADO**

VL 0	Instrumento:	A0 (g)	A1 (g)	A2 (g)	A3 (g)	A4 (g)	A5 (g)	A6 (g)
	Máx:	0.059554	0.107187	0.103046	0.093155	0.181469	0.148469	0.131951
	Mín:	-0.061199	-0.106703	-0.100423	-0.089751	-0.176499	-0.146494	-0.126784
	Abs.:	0.061199	0.107187	0.103046	0.093155	0.181469	0.148469	0.131951

VL 1	Inst.:	A0 (g)	A1 (g)	A2 (g)	A3 (g)	A4 (g)	A5 (g)	A6 (g)
	Máx:	0.057111	0.109807	0.102109	0.090401	0.179898	0.14886	0.132467
	Mín:	-0.05573	-0.124045	-0.114338	-0.097454	-0.1972	-0.158355	-0.135253
	Abs.:	0.057111	0.124045	0.114338	0.097454	0.1972	0.158355	0.135253

VL 2	Inst.:	A0 (g)	A1 (g)	A2 (g)	A3 (g)	A4 (g)	A5 (g)	A6 (g)
	Máx:	0.058074	0.103994	0.097253	0.085591	0.18596	0.152709	0.136017
	Mín:	-0.054396	-0.101303	-0.09365	-0.082155	-0.200872	-0.158286	-0.129162
	Abs.:	0.058074	0.103994	0.097253	0.085591	0.200872	0.158286	0.136017

VL 3	Inst.:	A0 (g)	A1 (g)	A2 (g)	A3 (g)	A4 (g)	A5 (g)	A6 (g)
	Máx:	0.056498	0.094028	0.085281	0.076789	0.170179	0.138734	0.124939
	Mín:	-0.054212	-0.087908	-0.080226	-0.069653	-0.191154	-0.148276	-0.12132
	Abs.:	0.056498	0.094028	0.085281	0.076789	0.191154	0.148276	0.124939



DANIEL ENRIQUE TORREALVA DAVILA
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 14072

TABLAS RESUMEN: VALORES EXTREMOS (MÁX., MÍN.) EN V.L. POR FASE (DE TODOS LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS: Acel., Desplaz. Abs. y Fuerza)
MÓDULO M3-D / 2 PISOS - PREFABRICADO DE CONCRETO ARMADO

VL 0	Instrumento:	A0 (g)	A1 (g)	A2 (g)	A3 (g)	A4 (g)	A5 (g)	A6 (g)
	Máx:	0.059554	0.107187	0.103046	0.093155	0.181469	0.148469	0.131951
	Mín:	-0.061199	-0.106703	-0.100423	-0.089751	-0.176499	-0.146494	-0.126784
	Abs.:	0.061199	0.107187	0.103046	0.093155	0.181469	0.148469	0.131951

VL 1	Inst.:	A0 (g)	A1 (g)	A2 (g)	A3 (g)	A4 (g)	A5 (g)	A6 (g)
	Máx:	0.057111	0.109807	0.102109	0.090401	0.179898	0.14886	0.132467
	Mín:	-0.05573	-0.124045	-0.114338	-0.097454	-0.1972	-0.158355	-0.135253
	Abs.:	0.057111	0.124045	0.114338	0.097454	0.1972	0.158355	0.135253

VL 2	Inst.:	A0 (g)	A1 (g)	A2 (g)	A3 (g)	A4 (g)	A5 (g)	A6 (g)
	Máx:	0.058074	0.103994	0.097253	0.085591	0.18596	0.152709	0.136017
	Mín:	-0.054396	-0.101303	-0.09365	-0.082155	-0.200872	-0.158286	-0.129162
	Abs.:	0.058074	0.103994	0.097253	0.085591	0.200872	0.158286	0.136017

VL 3	Inst.:	A0 (g)	A1 (g)	A2 (g)	A3 (g)	A4 (g)	A5 (g)	A6 (g)
	Máx:	0.056498	0.094028	0.085281	0.076789	0.170179	0.138734	0.124939
	Mín:	-0.054212	-0.087908	-0.080226	-0.069653	-0.191154	-0.148276	-0.12132
	Abs.:	0.056498	0.094028	0.085281	0.076789	0.191154	0.148276	0.124939

LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS
ANTISÍSMICAS



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ



DANIEL ENRIQUE TORREALVA DAVILA
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 14072

[Handwritten signature]

Modulo M3-D / 2 Pisos - LLAXTA

V.L.Tabas ResumenMáx.Min.

000030

INF-LE 460.10

**TABLAS RESUMEN: VALORES EXTREMOS (MÁX., MÍN.) EN V.L. POR FASE (DE TODOS LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS: Acel., Desplaz. Abs. y Fuerza)
MÓDULO M3-D / 2 PISOS - PREFABRICADO DE CONCRETO ARMADO**

VL 0	Instrumento:	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	D4 (mm)	D5 (mm)	D6 (mm)	D7 (mm)	D8 (mm)	D0 (mm)	Fa (tn)
	Máx:	1.486932	1.579908	1.576995	1.899694	1.79836	1.747013	0.022322	0.022724	1.355916	2.007432
	Mín:	-0.354475	-0.365079	-0.386703	-0.657676	-0.607916	-0.512049	-0.02018	-0.026893	-0.20773	-2.054307
	Abs.:	1.486932	1.579908	1.576995	1.899694	1.79836	1.747013	0.022322	0.026893	1.355916	2.054307

VL 1	Inst.:	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	D4 (mm)	D5 (mm)	D6 (mm)	D7 (mm)	D8 (mm)	D0 (mm)	Fa (tn)
	Máx:	1.607101	1.569679	1.570491	1.964307	1.827293	1.734603	0.034899	0.038975	1.356955	1.990674
	Mín:	-0.306831	-0.391779	-0.398858	-0.681371	-0.631509	-0.564095	-0.026981	-0.043137	-0.205519	-2.049854
	Abs.:	1.607101	1.569679	1.570491	1.964307	1.827293	1.734603	0.034899	0.043137	1.356955	2.049854

VL 2	Inst.:	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	D4 (mm)	D5 (mm)	D6 (mm)	D7 (mm)	D8 (mm)	D0 (mm)	Fa (tn)
	Máx:	1.463801	1.477709	1.497202	1.949657	1.788631	1.7174	0.030231	0.042132	1.256842	1.82817
	Mín:	-0.355145	-0.443385	-0.363292	-0.749588	-0.678531	-0.509319	-0.033242	-0.050071	-0.170945	-1.763402
	Abs.:	1.463801	1.477709	1.497202	1.949657	1.788631	1.7174	0.033242	0.050071	1.256842	1.82817

VL 3	Inst.:	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	D4 (mm)	D5 (mm)	D6 (mm)	D7 (mm)	D8 (mm)	D0 (mm)	Fa (tn)
	Máx:	1.454711	1.577553	1.488878	2.061183	1.858794	1.683685	0.071175	0.031661	1.215412	1.689348
	Mín:	-0.451865	-0.400051	-0.424768	-0.844416	-0.739201	-0.591992	-0.058913	-0.046107	-0.153312	-1.668911
	Abs.:	1.454711	1.577553	1.488878	2.061183	1.858794	1.683685	0.071175	0.046107	1.215412	1.689348

**LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS
ANTISISMICAS**



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERU**



DANIEL ENRIQUE TORREALVA DAVILA
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 14072



ANEXO 1-A

PROPIEDADES DINÁMICAS EN VIBRACIÓN LIBRE (V. L.) :

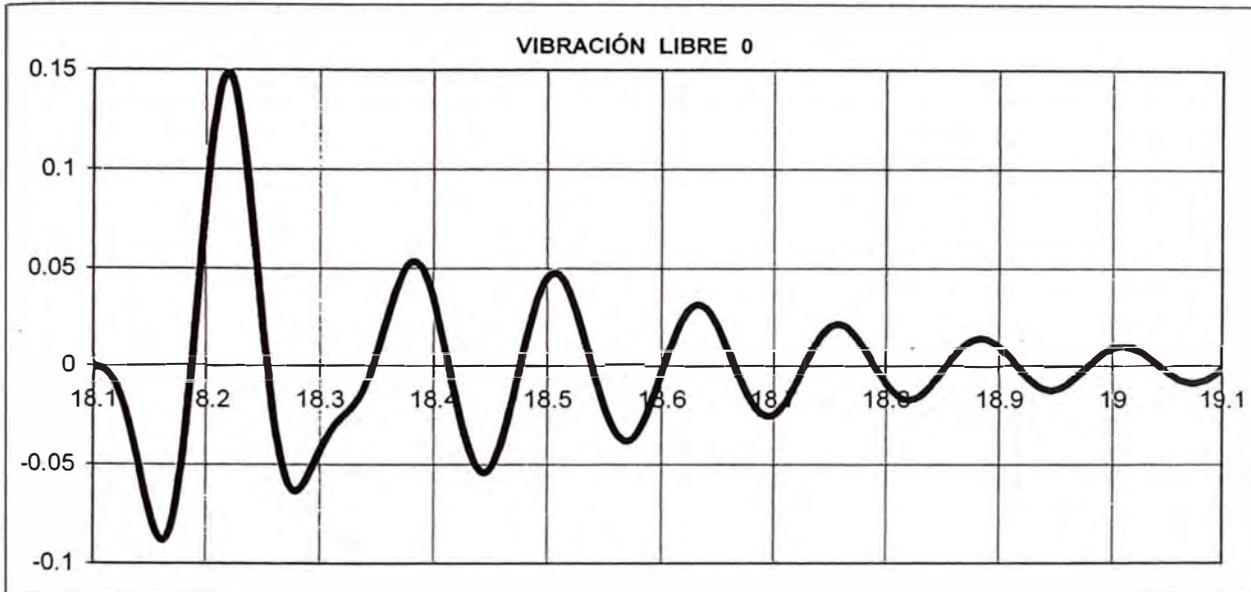
(Todas las Fases de V.L.: 0, 1, 2 y 3):

- Resumen y variación de la Propiedades Dinámicas del Módulo M-3D, para “A-5”.
- Variación de ξ , T_d , ω_d , ω_n y T_n (Tabla y Gráficos)
- Factor de Amplificación Dinámica (F.A.D.). Variación de F.A.D. (Tabla y Gráficos)

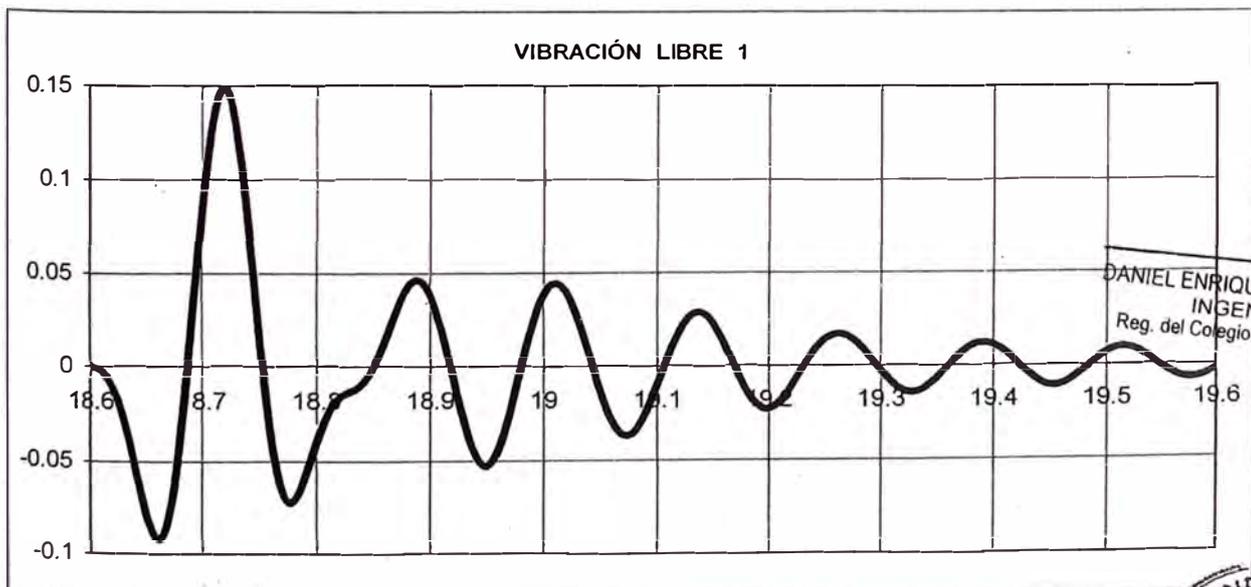
DANIEL ENRI RREALVA DAVILA
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 14072



DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DINÁMICAS EN VIBRACIÓN LIBRE (PARA A-5), POR FASES



VL 0	Amortiguamiento crítico:	$\xi=$	6.27	%
	Período amortiguado:	$T_d=$	0.1225	seg
	Frecuencia circular amortiguada:	$\omega_d=$	51.31	rad/seg
	Frecuencia circular natural:	$\omega_n=$	51.41	rad/seg
	Período natural:	$T_n=$	0.1223	seg

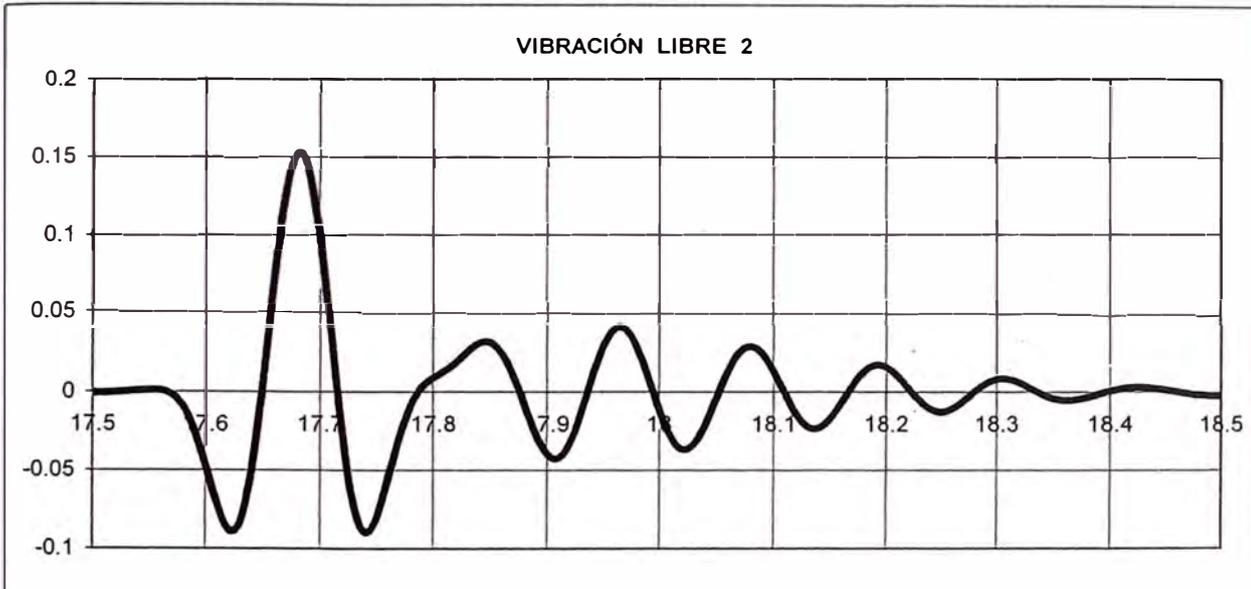


[Handwritten signature]
DANIEL ENRIQUE TORREALVA DAVILA
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 14072

VL 1	Amortiguamiento crítico:	$\xi=$	6.95	%
	Período amortiguado:	$T_d=$	0.1300	seg
	Frecuencia circular amortiguada:	$\omega_d=$	48.33	rad/seg
	Frecuencia circular natural:	$\omega_n=$	48.46	rad/seg
	Período natural:	$T_n=$	0.1297	seg

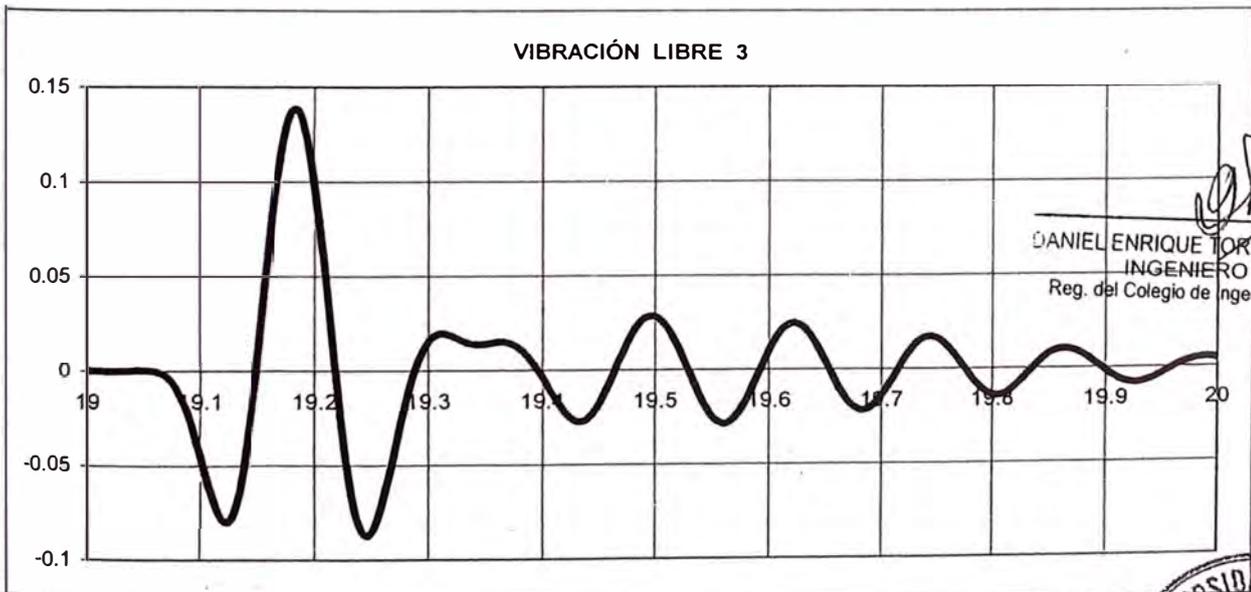


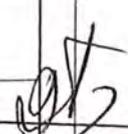
DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DINÁMICAS EN VIBRACIÓN LIBRE (PARA A-9), POR FASES



VL 2

Amortiguamiento crítico:	$\xi=$	10.52	%
Período amortiguado:	$T_d=$	0.1150	seg
Frecuencia circular amortiguada:	$\omega_d=$	54.64	rad/seg
Frecuencia circular natural:	$\omega_n=$	54.95	rad/seg
Período natural:	$T_n=$	0.1143	seg




 DANIEL ENRIQUE TORREALVA DAVILA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 14072

VL 3

Amortiguamiento crítico:	$\xi=$	4.78	%
Período amortiguado:	$T_d=$	0.1200	seg
Frecuencia circular amortiguada:	$\omega_d=$	52.36	rad/seg
Frecuencia circular natural:	$\omega_n=$	52.42	rad/seg
Período natural:	$T_n=$	0.1199	seg

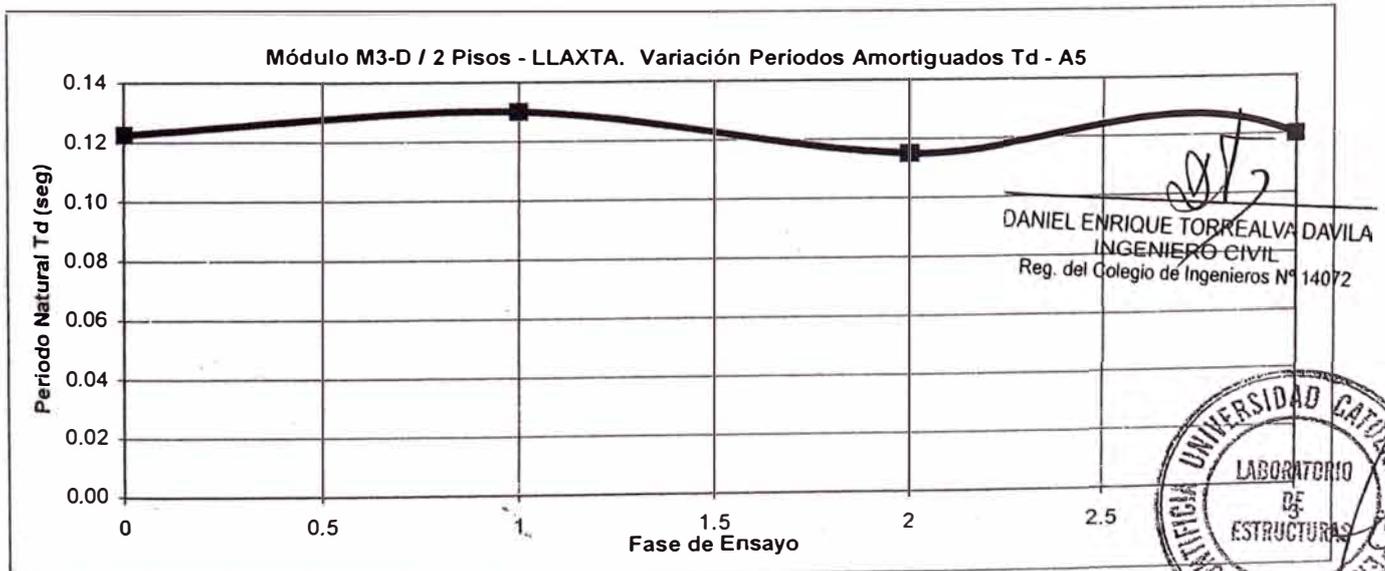
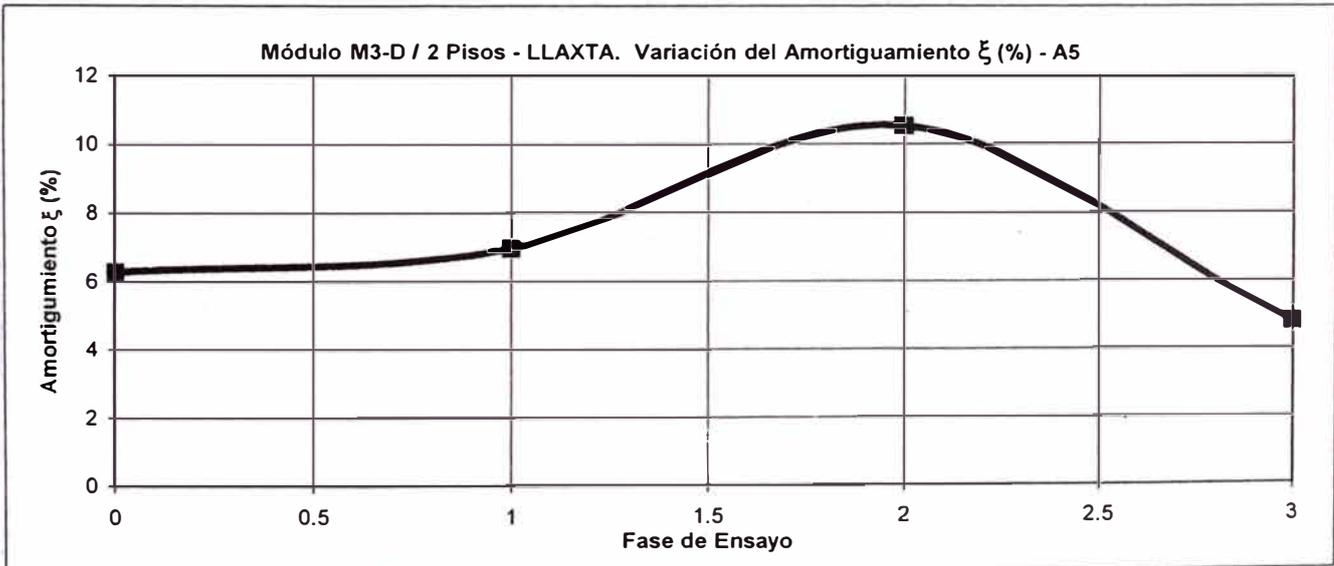


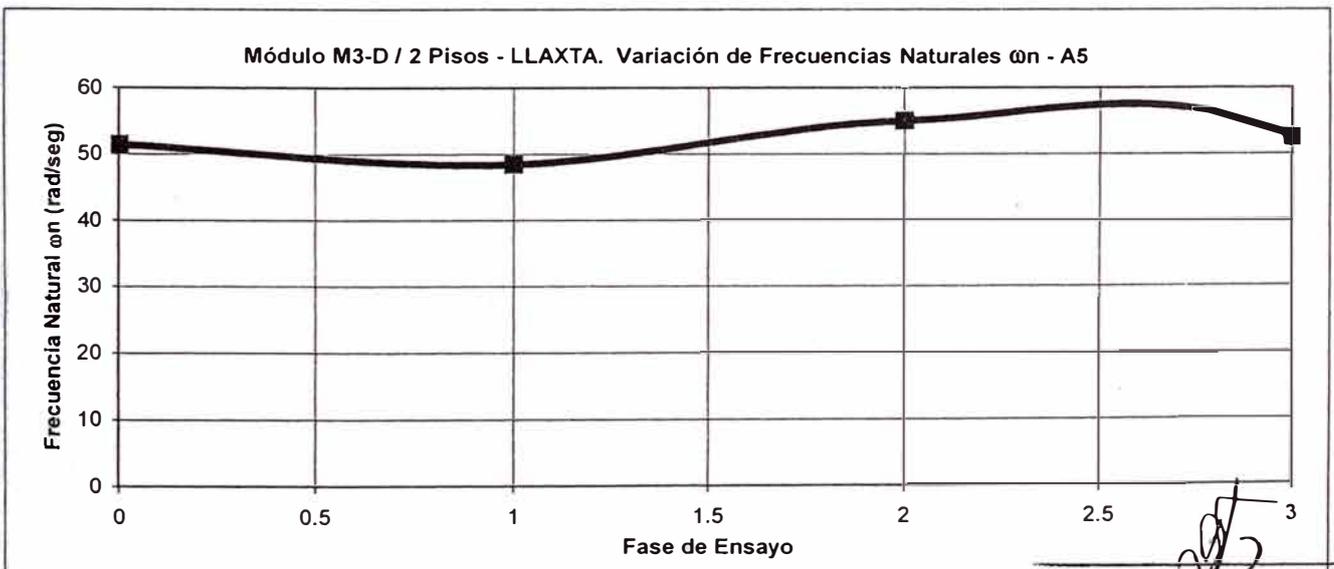
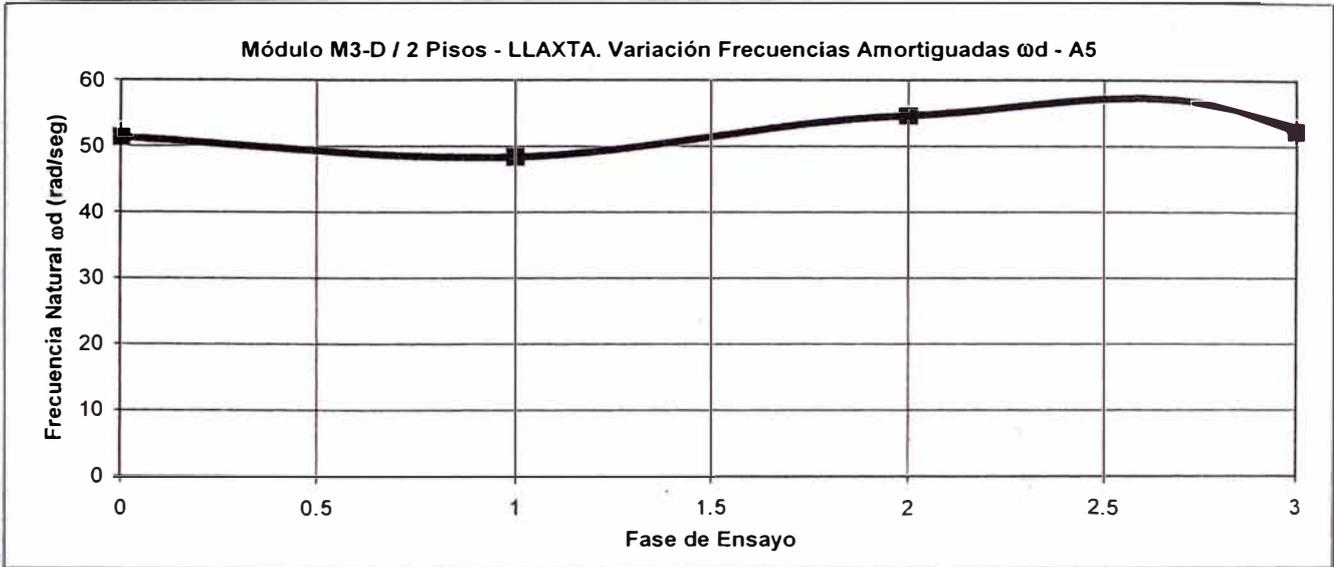
RESUMEN Y VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES DINÁMICAS MEDIDAS EN VIBRACIÓN LIBRE (PARA A-5),
PREVIAS A CADA FASE DE ENSAYO (Y POSTERIOR A LA FASE FINAL)

MÓDULO M3-D / 2 PISOS PREFABRICADO DE CONCRETO ARMADO - S.C.N.C. LLAXTA

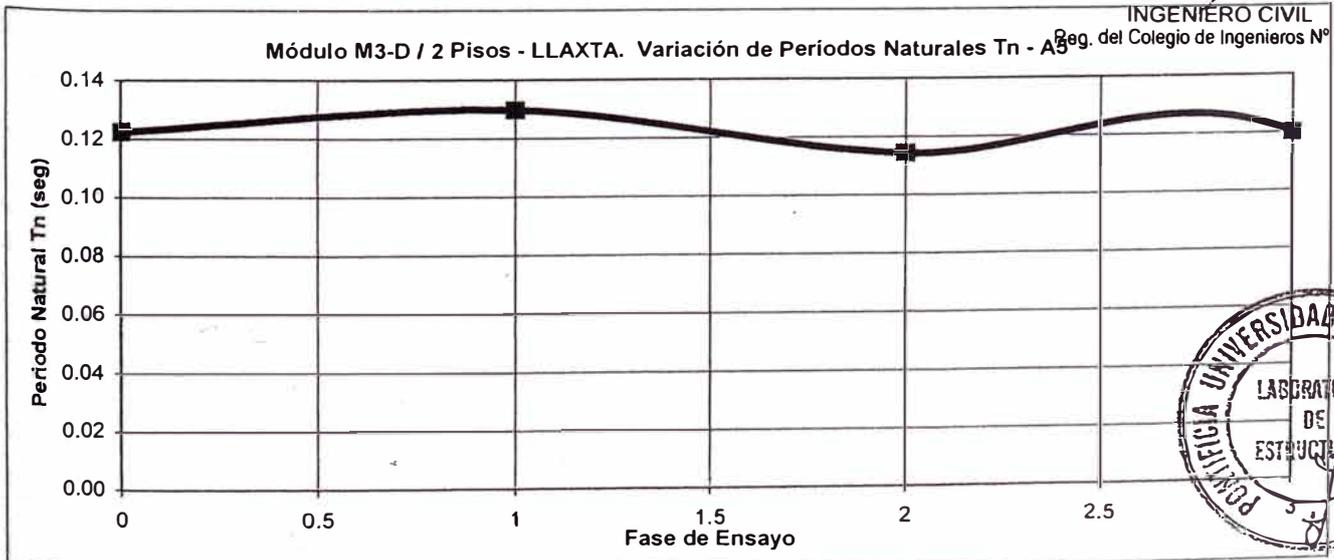
Fase	0	1	2	3	4	5	6
------	---	---	---	---	---	---	---

Decremento sobre Aceleraciones (Acelerómetro A5)							
Parámetro	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6
$\xi(\%)$	6.27	6.95	10.52	4.78	-	-	-
Td(seg)	0.1225	0.1300	0.1150	0.1200	-	-	-
$\omega d(\text{rad/seg})$	51.31	48.33	54.64	52.36	-	-	-
$\omega n(\text{rad/seg})$	51.41	48.46	54.95	52.42	-	-	-
Tn(seg)	0.1223	0.1297	0.1143	0.1199	-	-	-





DANIEL ENRIQUE TORREALVA DAVILA
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 14072





ANEXO 2

TABLAS RESUMEN: Valores Extremos (Máx., Mín. y Abs.) de Respuesta Sísmica del Módulo M-3D, por Fases de Ensayo, para cada Instrumento:

(Todas las Fases de Ensayo: 1, 2 y 3):

- Aceleraciones Máximas (6 acelerómetros)
- Desplazamientos Máximos (8 sensores LVDT)
- Desplazamientos Relativos (8 Sensores LVDT)
- Aceleración y Fuerza Basal (Fa)
- Desplazamiento Relativo y Fuerza Cortante Basal (V)


DANIEL ENRIQUE ORREALVA DAVILA
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 14072



TABLAS RESUMEN: VALORES EXTREMOS (MÁX., MÍN.) POR FASES (PARA CADA INSTRUMENTO: Acel., Desplaz. Absoluto, Relativo, y Cortante Basal)

MÓDULO M-3D / 2P PREFABRICADO DE CONCRETO ARMADO - S.C.N.C. LLAXTA

F1	Instrumento:	A0(g)	A1(g)	A2(g)	A3(g)	A4(g)	A5(g)	A6(g)
	Máx:	0.249637	0.368303	0.357103	0.33895	0.464013	0.400086	0.394777
	Mín:	-0.273747	-0.330767	-0.322703	-0.311995	-0.456976	-0.400268	-0.381256
	Abs.:	0.273747	0.368303	0.357103	0.33895	0.464013	0.400268	0.394777

F2	Instrumento:	A0(g)	A1(g)	A2(g)	A3(g)	A4(g)	A5(g)	A6(g)
	Máx:	0.75827	1.47298	1.281391	1.084453	2.93583	2.253328	1.615198
	Mín:	-0.949788	-1.06285	-1.122465	-1.266643	-2.549891	-2.056928	-1.894051
	Abs.:	0.949788	1.47298	1.281391	1.266643	2.93583	2.253328	1.894051

F3	Instrumento:	A0(g)	A1(g)	A2(g)	A3(g)	A4(g)	A5(g)	A6(g)
	Máx:	1.224242	2.504762	2.345939	1.970052	4.652116	3.839688	3.56084
	Mín:	-1.275631	-3.317944	-3.514432	-3.866414	-5.406501	-4.403082	-4.032409
	Abs.:	1.275631	3.317944	3.514432	3.866414	5.406501	4.403082	4.032409

donde:

- A(i): Aceleración en cualquiera de las posiciones "i", expresada en fracción de la gravedad (g)
- Di: Desplazamiento absoluto en cualquiera de las posiciones "i", expresada en milímetros (mm)
- Dri: Desplazamiento relativo respecto a la base (plataforma del simulador) en cualquiera de las posiciones "i", expresada en milímetros (mm)
- Fa: Fuerza aplicada en el Actuador, expresado en toneladas (ton)
- V: Cortante Basal, expresado en toneladas (ton)

Además:

ANIEL ENRIQUE TORREALVA DAVILA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 14072

Reso Mesa + Reso Cimentación + S/C(Perfiles) =		13875	kg
Cimentación (Asumido, Perfiles):		100	
S/C Plataforma (contrapeso):		275	
Total Cimentación:		375	kg
Losas Fondo + Muros + Techo:		14105	
S/C techos:		0	
Total Sobre Mesa:		14480	kg

Modulo M-3D / 2 Pisos - LLAXTA



PONTIFICIA
 UNIVERSIDAD
 CATOLICA
 DEL PERU

Fases -Tablas Resumen MÁX.MIN

00009

INF-LE 460.10

LABORATORIO DE
 ESTRUCTURAS
 ANTISISMICAS

**TABLAS RESUMEN: VALORES EXTREMOS (MÁX., MÍN.) POR FASES (PARA CADA INSTRUMENTO: Acel., Desplaz. Absoluto, Relativo, y Cortante Basal)
MÓDULO M-3D / 2P PREFABRICADO DE CONCRETO ARMADO - S.C.N.C. LLAXTA**

F1	Inst.:	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	D4 (mm)	D5 (mm)	D6 (mm)	D7 (mm)	D8 (mm)	D0 (mm)	Fa (tn)
	Máx:	29.574418	29.974162	29.881902	32.064685	30.660798	31.151186	0.144911	0.151568	29.107909	8.943909
	Mín:	-20.647264	-20.82545	-20.846459	-22.205837	-20.784021	-21.243191	-0.086073	-0.260841	-21.515426	-9.58664
	Abs.:	29.574418	29.974162	29.881902	32.064685	30.660798	31.151186	0.144911	0.260841	29.107909	9.58664

F2	Inst.:	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	D4 (mm)	D5 (mm)	D6 (mm)	D7 (mm)	D8 (mm)	D0 (mm)	Fa (tn)
	Máx:	80.525465	80.565914	80.388516	85.333705	82.888352	83.436851	2.003346	1.380706	79.300633	22.803753
	Mín:	-58.606899	-59.215083	-59.602373	-63.605205	-58.845844	-62.214403	-2.86929	-2.331167	-59.194604	-29.500355
	Abs.:	80.525465	80.565914	80.388516	85.333705	82.888352	83.436851	2.86929	2.331167	79.300633	29.500355

F3	Inst.:	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	D4 (mm)	D5 (mm)	D6 (mm)	D7 (mm)	D8 (mm)	D0 (mm)	Fa (tn)
	Máx:	115.598361	115.51573	115.023277	124.615814	120.15173	120.322057	2.025335	5.260474	109.188147	31.458053
	Mín:	-88.948199	-89.199971	-89.448863	-112.928385	-102.66627	-107.816569	-16.622503	-22.930349	-81.086779	-27.018211
	Abs.:	115.598361	115.51573	115.023277	124.615814	120.15173	120.322057	16.622503	22.930349	109.188147	31.458053



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERU**



DANIEL ENRIQUE TORREALVA DAVILA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 14072

000005

TABLAS RESUMEN: VALORES EXTREMOS (MÁX., MÍN.) POR FASES (PARA CADA INSTRUMENTO: Acel., Desplaz. Absoluto, Relativo, y Cortante Basal)

MÓDULO M-3D / 2P PREFABRICADO DE CONCRETO ARMADO - S.C.N.C. LLAXTA

Inst.:	Dr1	Dr2	Dr3	Dr4	Dr5	Dr6	Dr7	Dr8	V (ton)
Máx:	22.679731	23.056176	22.945994	24.536045	23.619699	23.882717	21.624795	21.460214	4495.37325
Mín:	-23.114585	-22.879646	-22.967797	-23.343502	-23.023247	-22.951577	-29.037759	-29.0916	-4556.538875
Abs.:	23.114585	23.056176	22.967797	24.536045	23.619699	23.882717	29.037759	29.0916	4556.538875

Inst.:	Dr1	Dr2	Dr3	Dr4	Dr5	Dr6	Dr7	Dr8	V (ton)
Máx:	59.885372	59.637142	59.392448	66.215536	63.353211	63.886586	60.720129	59.228843	9886.3525
Mín:	-71.913144	-71.771936	-71.565511	-79.699626	-77.544042	-77.522314	-77.971482	-78.880854	-12983.49663
Abs.:	71.913144	71.771936	71.565511	79.699626	77.544042	77.522314	77.971482	78.880854	12983.49663

Inst.:	Dr1	Dr2	Dr3	Dr4	Dr5	Dr6	Dr7	Dr8	V (ton)
Máx:	53.6471	54.327014	55.820932	108.822087	107.145541	109.566018	82.139927	84.987131	12514.47188
Mín:	-22.141298	-21.499434	-20.640527	-59.117033	-50.783676	-54.11374	-108.030726	-107.239257	-10766.01488
Abs.:	53.6471	54.327014	55.820932	108.822087	107.145541	109.566018	108.030726	107.239257	12514.47188

LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS
ANTISISMICAS



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ



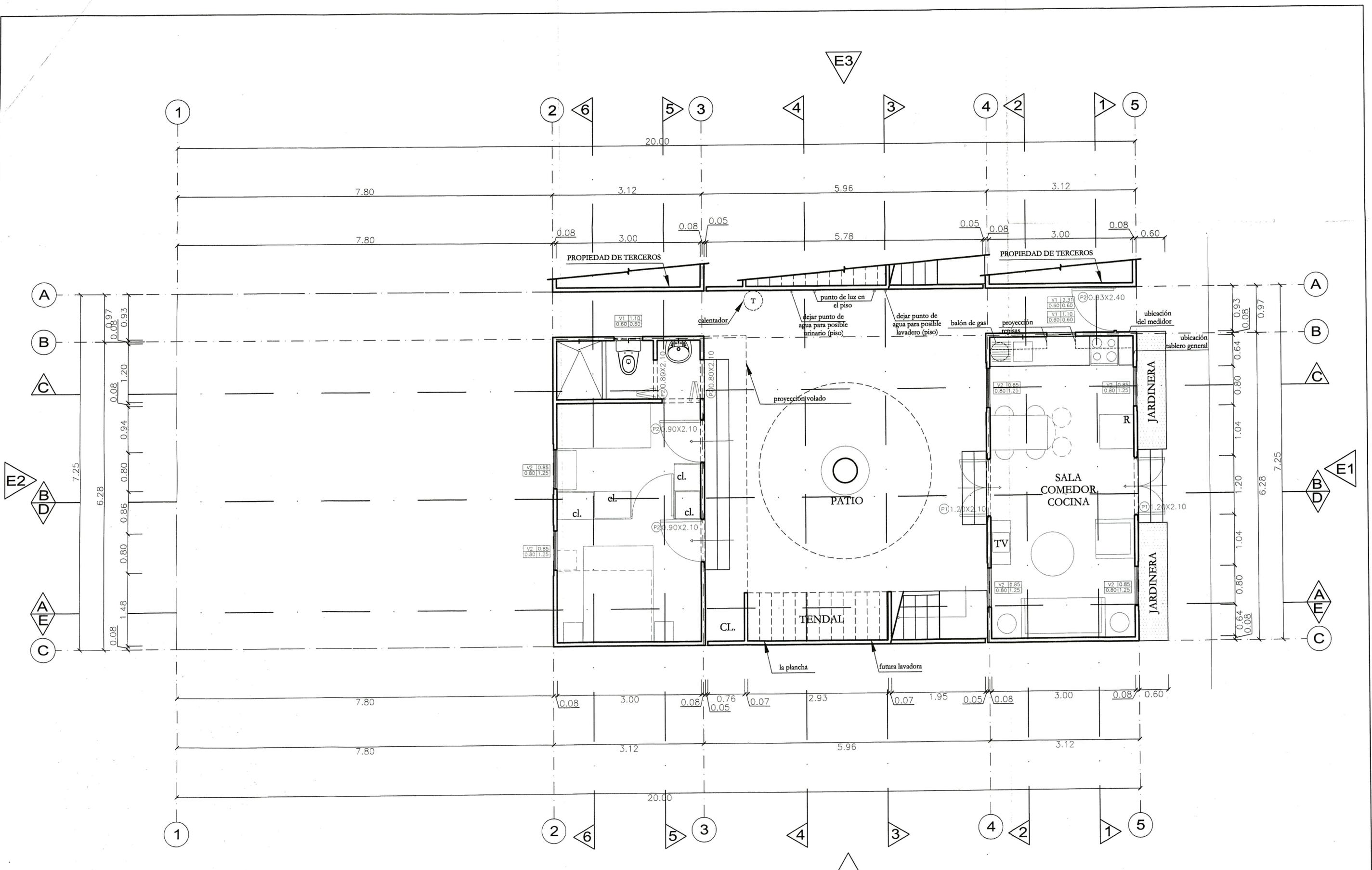
Fases -Tablas Resumen MÁX.MIN

ANIEL ENRIQUE TORREALVA DAVILA
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 14072

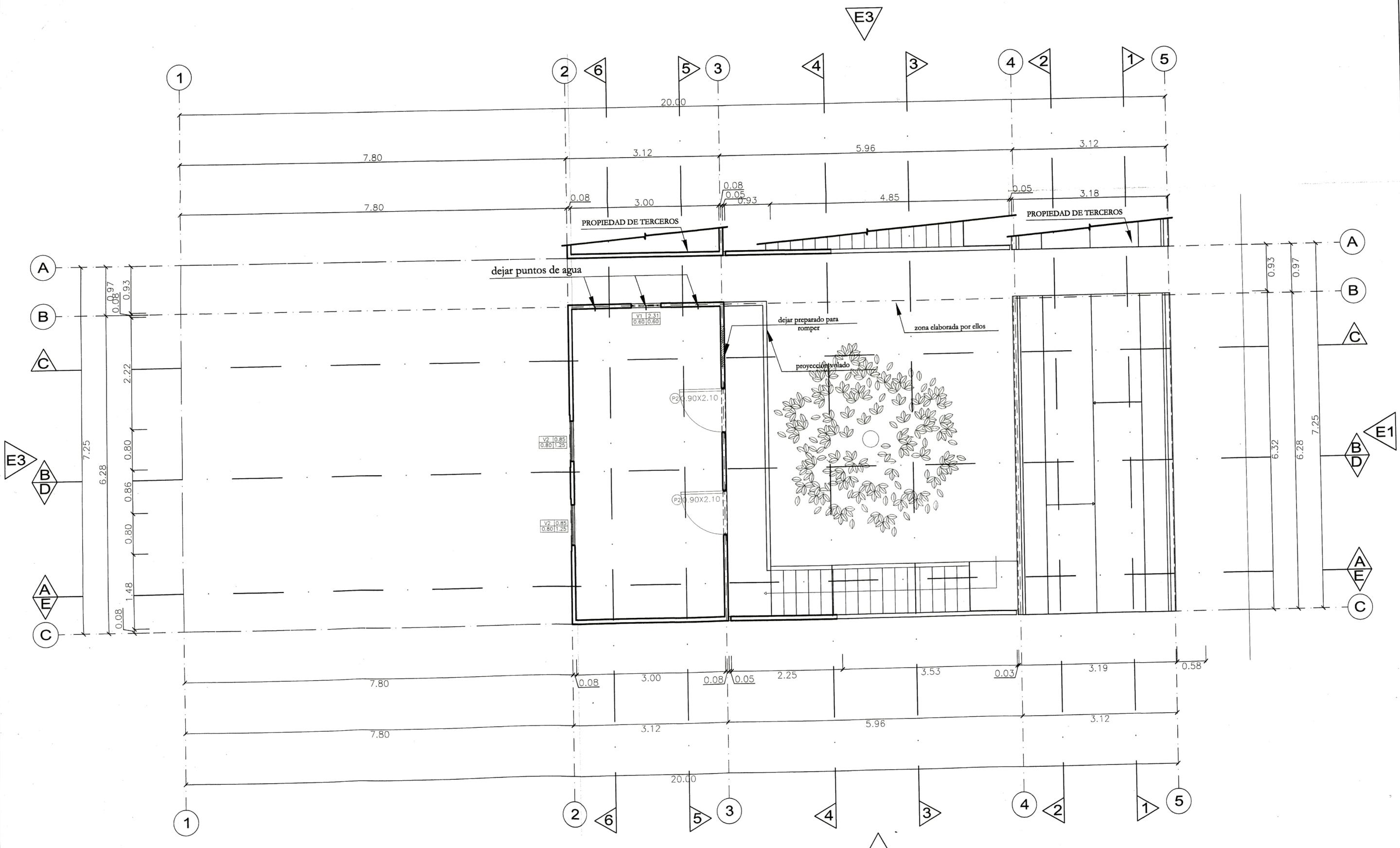
Modulo M-3D / 2 Pisos - LLAXTA

000099C

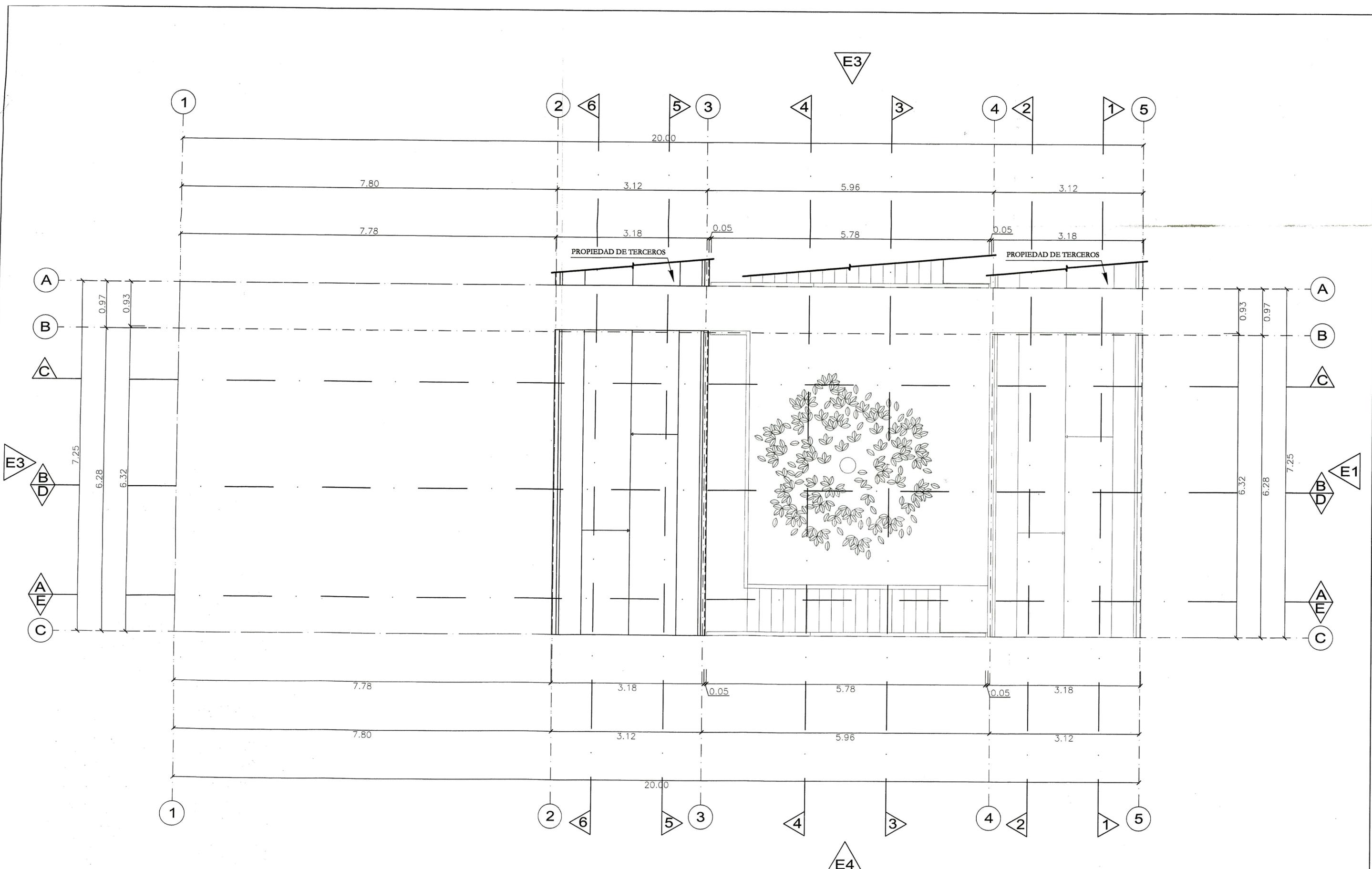
INF-LE 460.10



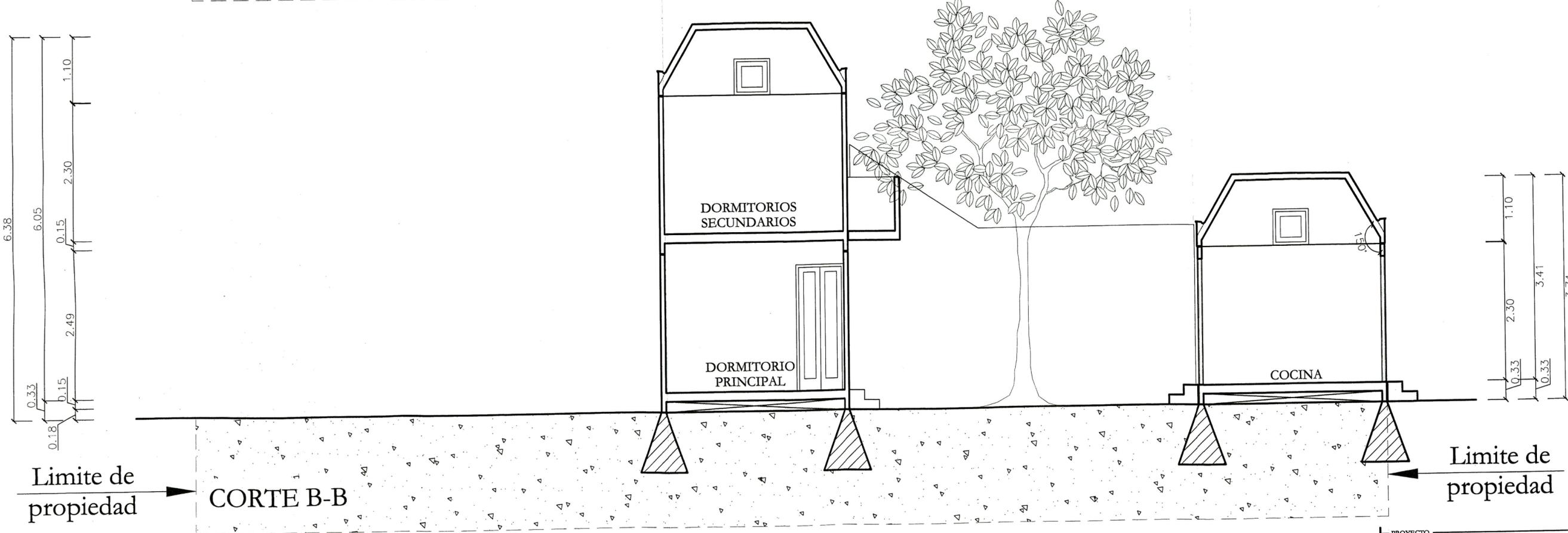
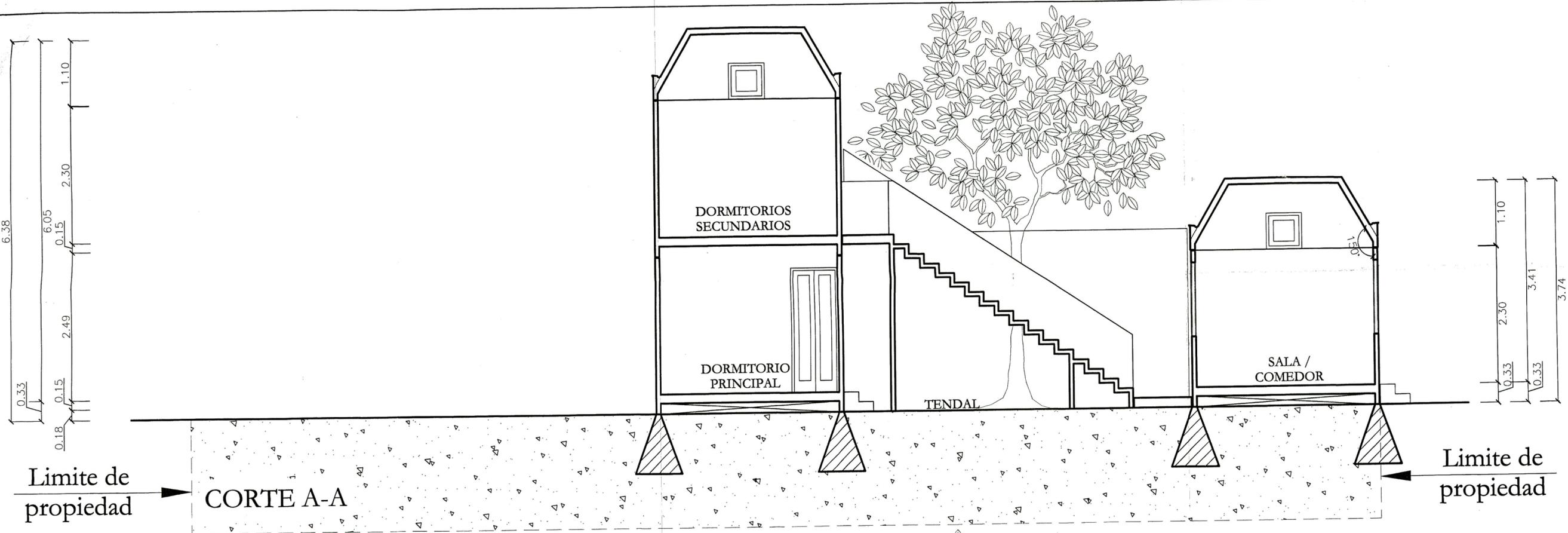
PROPIETARIO	Llaxta S.A.C.	PROYECTO	Vivienda Sistema Constructivo Llaxta
ARQUITECTO	Mario Lara Arquitectos	PLANO	Planta Primer Piso
FECHA	Abril 2011	MODIFICADO	Esc. 1/50
			Lam. 1/9



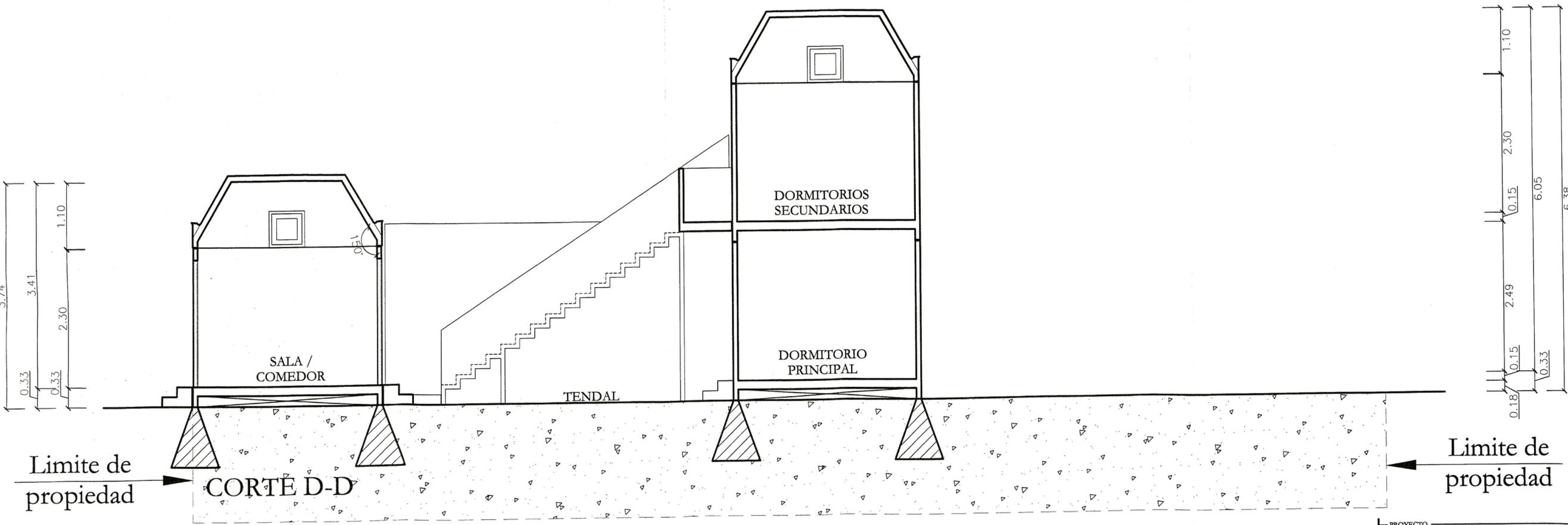
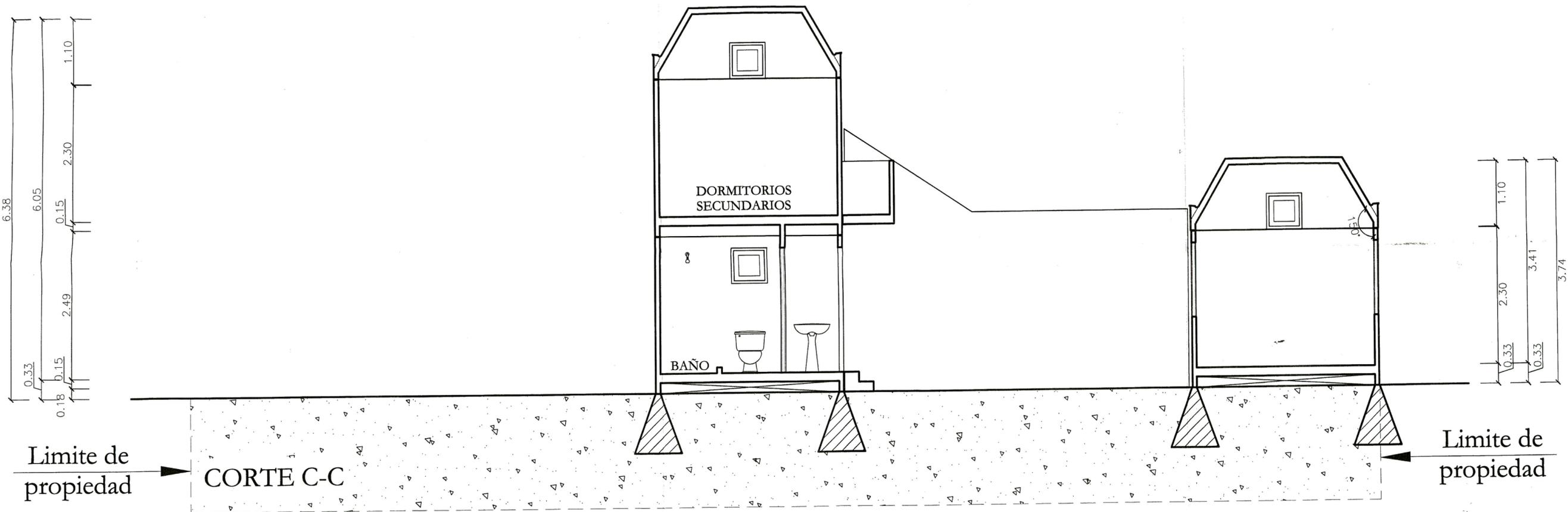
PROPIETARIO	Llaxta S.A.C.	PROYECTO	Vivienda Sistema Constructivo Llaxta
ARQUITECTO	Mario Lara Arquitectos	PLANO	Planta Segundo Piso
FECHA	Abril 2011	MODIFICADO	Esc. 1/50
			Lam. 2/9



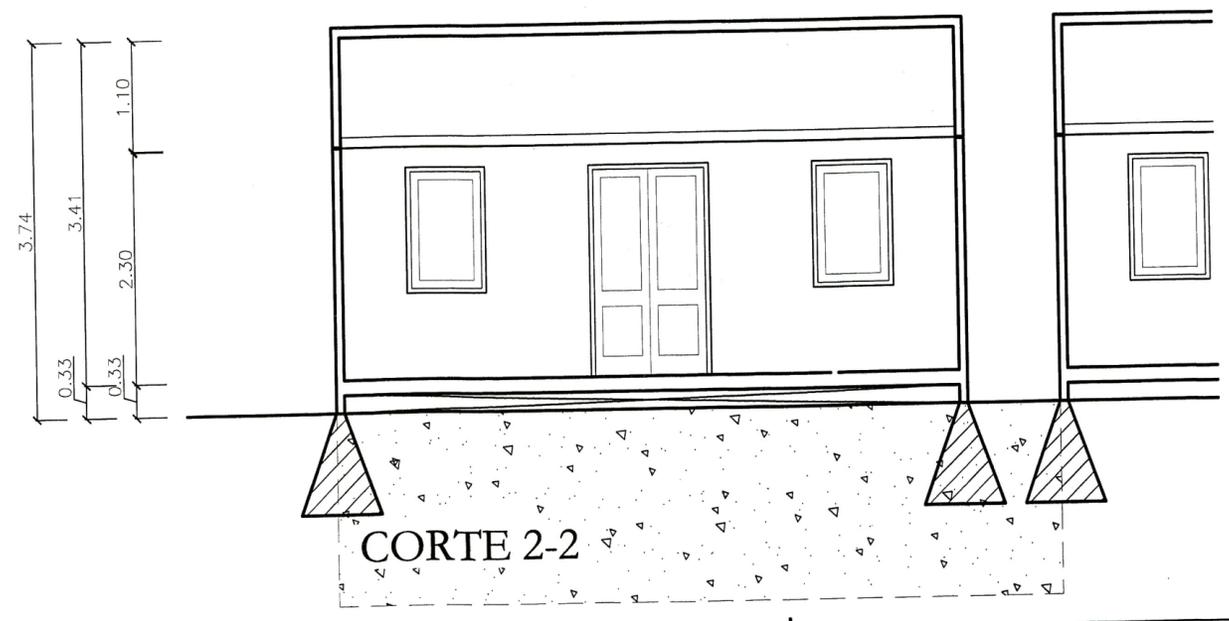
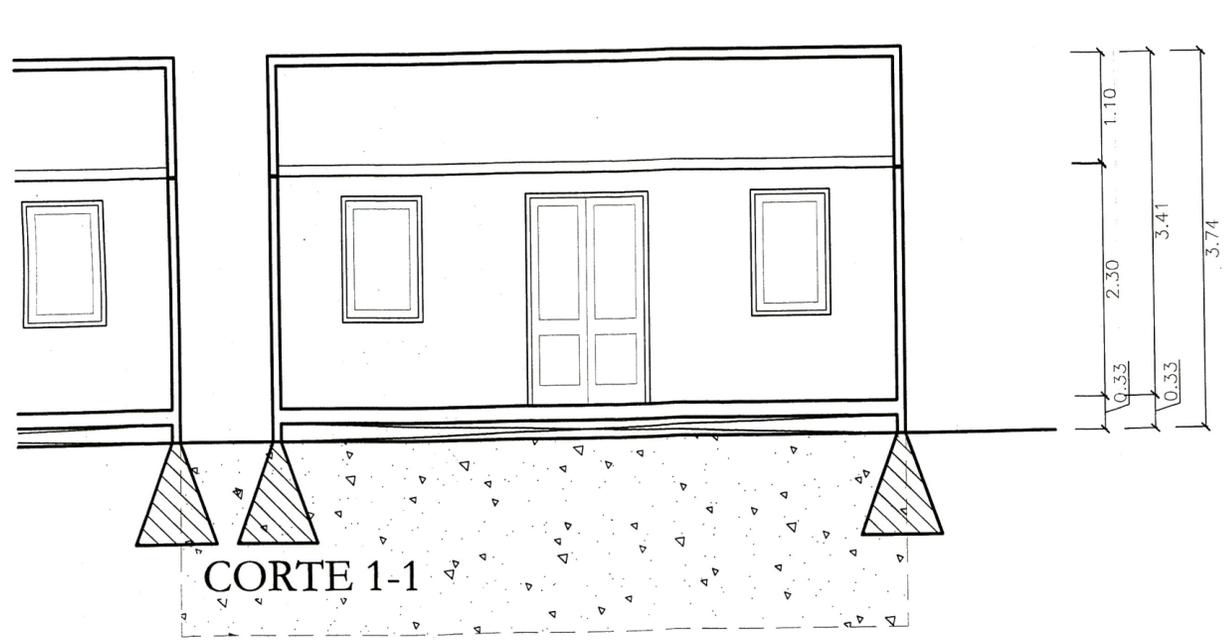
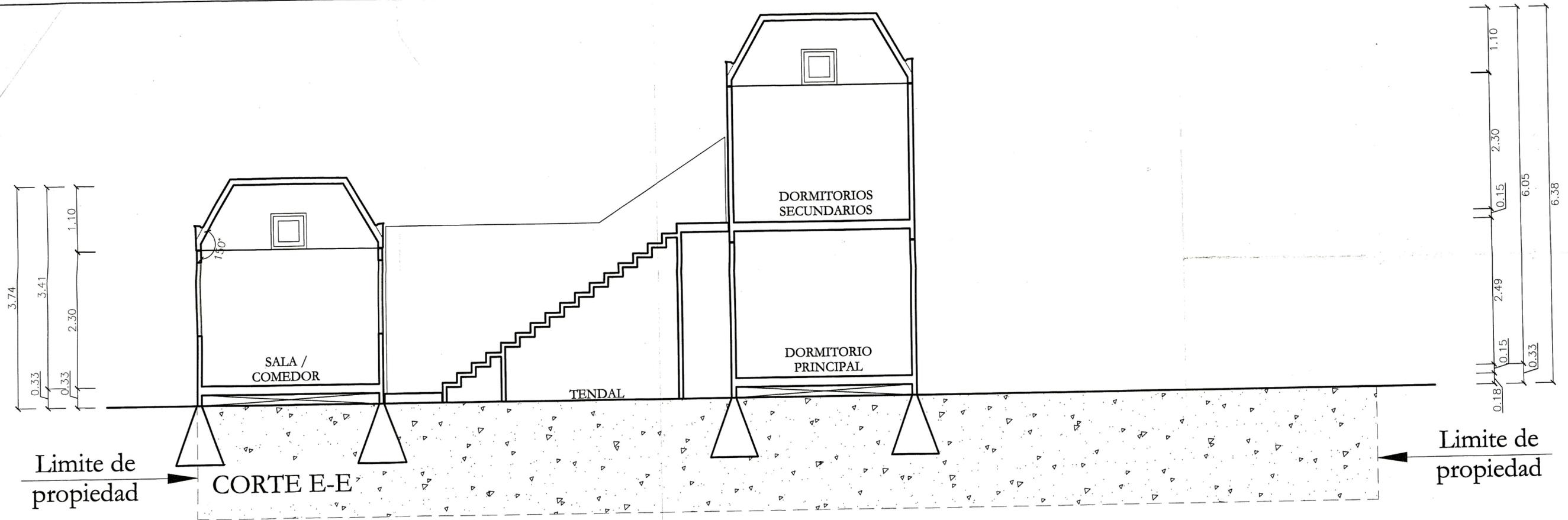
PROPIETARIO	Llaxta S.A.C.	PROYECTO	Vivienda Sistema Constructivo Llaxta
ARQUITECTO	Mario Lara Arquitectos	PLANO	Planta Techo
FECHA	Abril 2011	MODIFICADO	Esc. 1/50
			Lam. 3/9



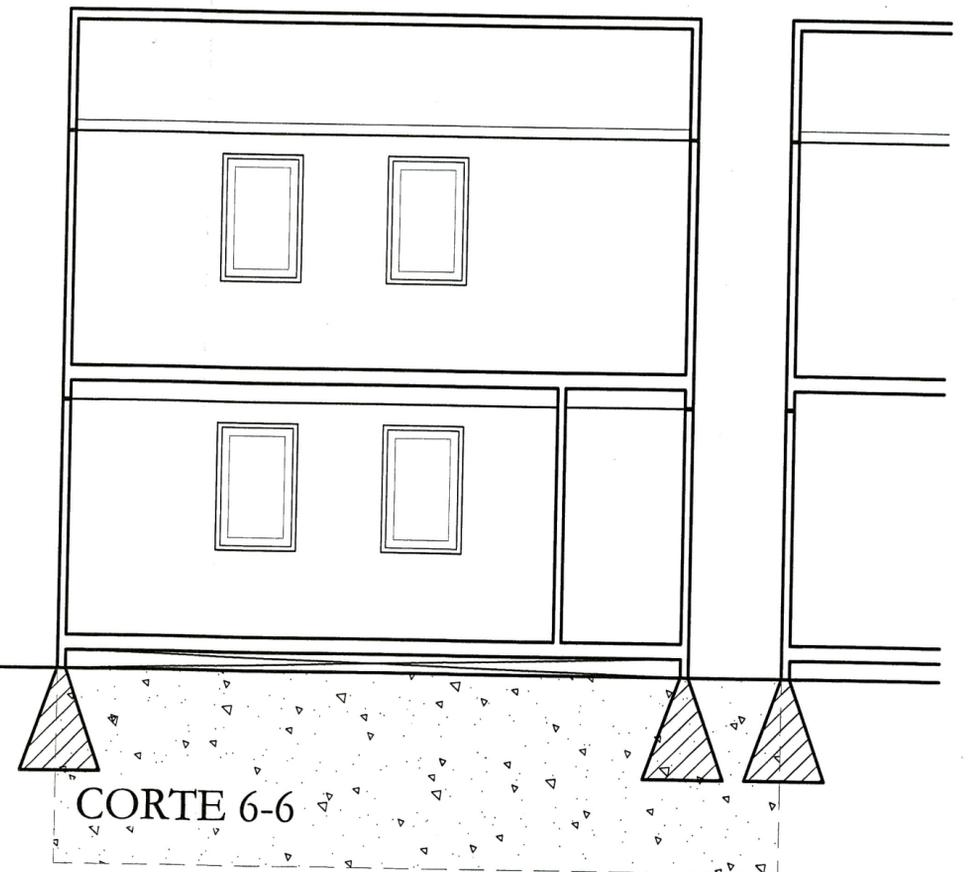
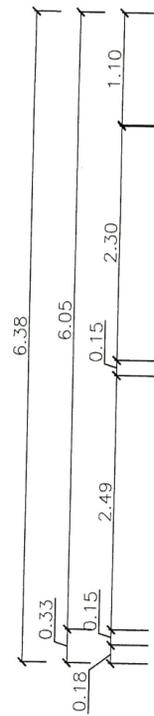
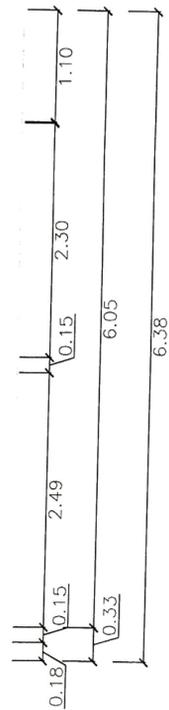
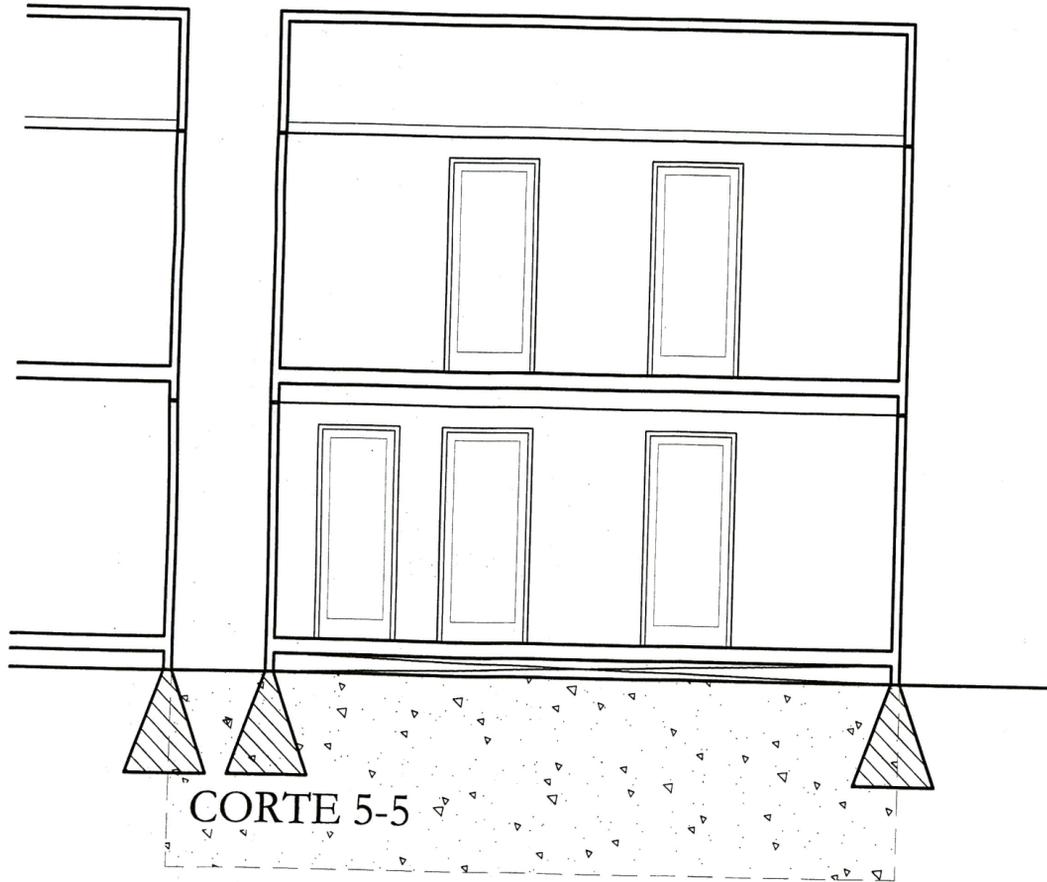
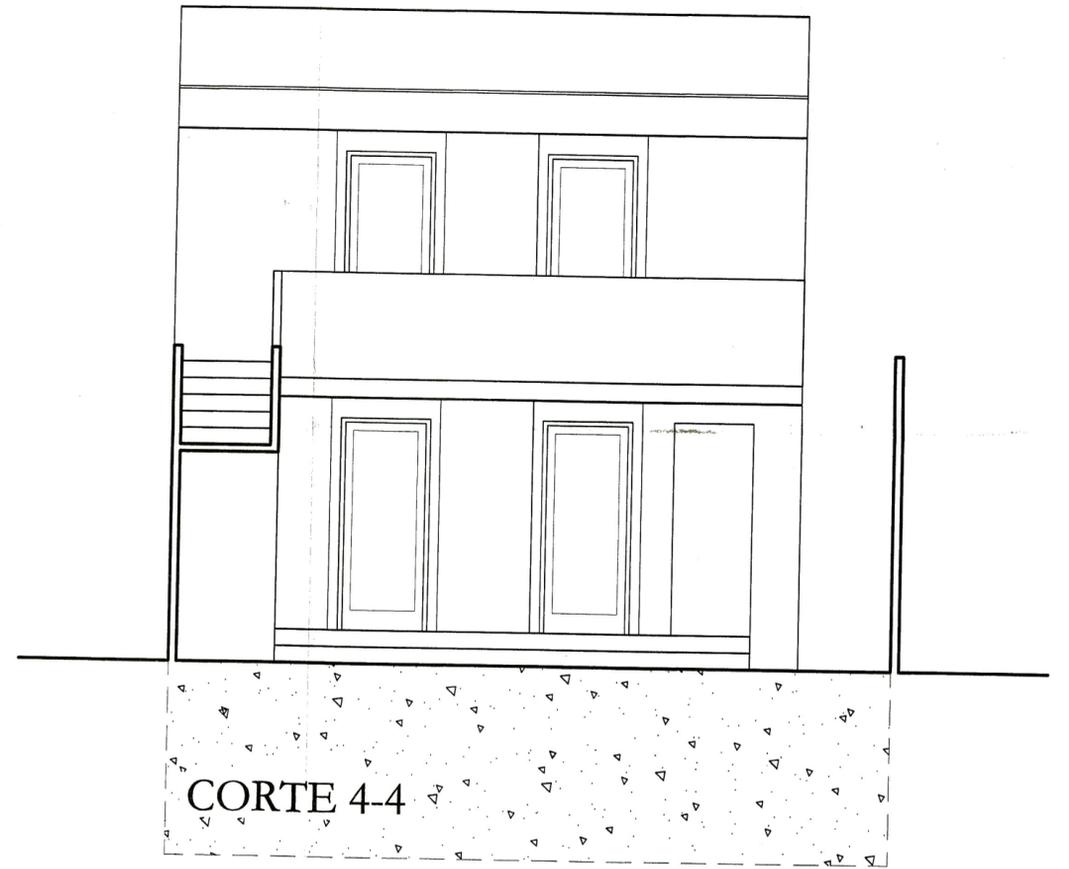
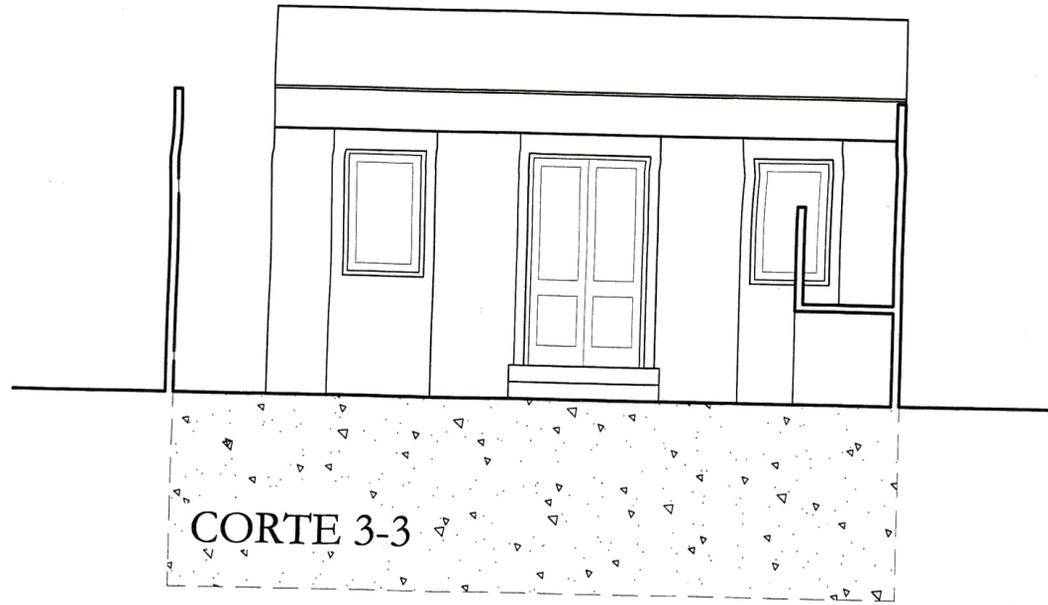
PROPIETARIO	Llaxta S.A.C.	PROYECTO	Vivienda Sistema Constructivo Llaxta
ARQUITECTO	Mario Lara Arquitectos	PLANO	Corte A-A, Corte B-B
FECHA	Abril 2011	MODIFICADO	Esc. 1/50
			Lam. 4/9



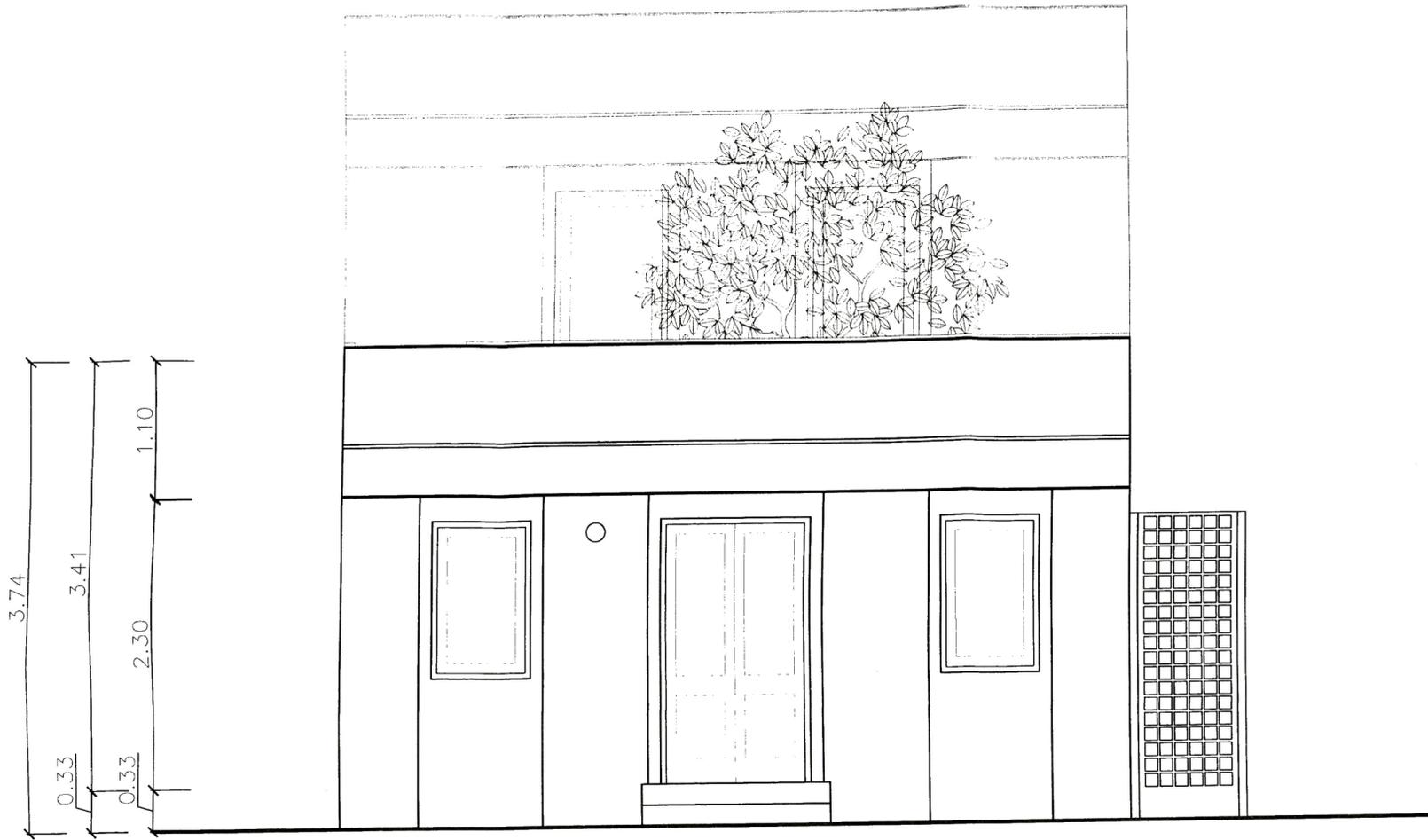
PROPIETARIO	Llaxta S.A.C.	PROYECTO	Vivienda Sistema Constructivo Llaxta
ARQUITECTO	Mario Lara Arquitectos	PLANO	Corte C-C, Corte D-D
FECHA	Abril 2011	MODIFICADO	Esc. 1/50 Lam. 5/9



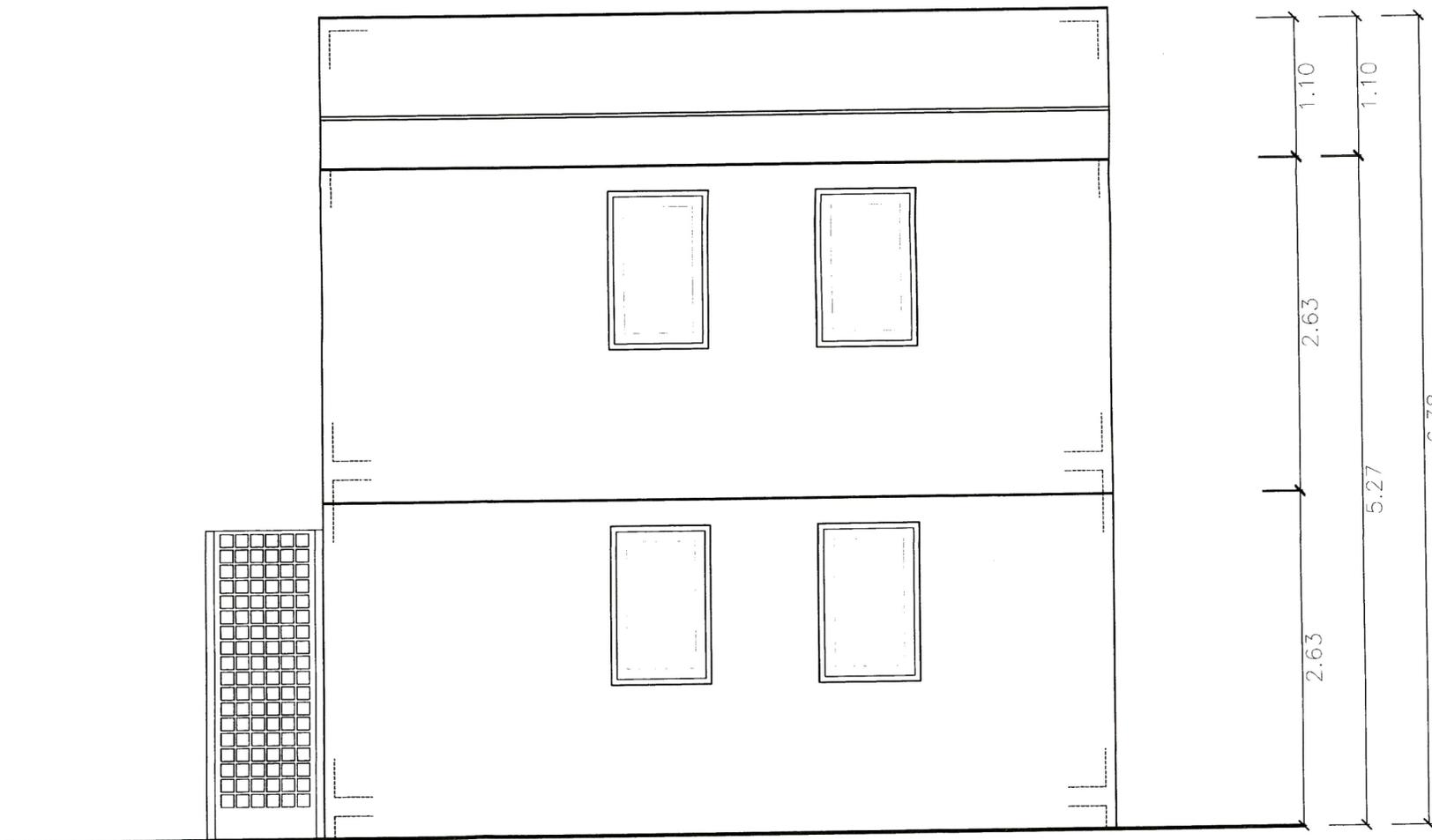
PROPIETARIO	Llaxta S.A.C.	PROYECTO	Vivienda Sistema Constructivo Llaxta
ARQUITECTO	Mario Lara Arquitectos	PLANO	Corte E-E, 1-1 y 2-2
FECHA	Abril 2011	MODIFICADO	Esc. 1/50 Lam. 6/9



PROPIETARIO	Llaxta S.A.C.	PROYECTO	Vivienda Sistema Constructivo Llaxta
ARQUITECTO	Mario Lara Arquitectos	PLANO	Corte 3-3, 4-4, 5-5 y 6-6
FECHA	Abril 2011	MODIFICADO	Esc. 1/50
			Lam. 7/9

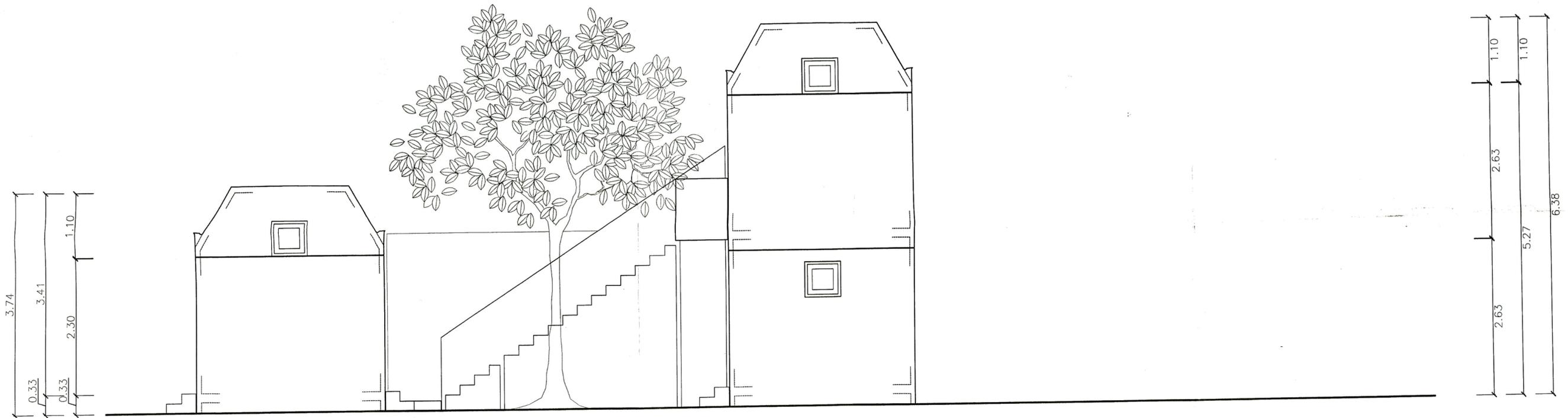


ELEVACIÓN 1

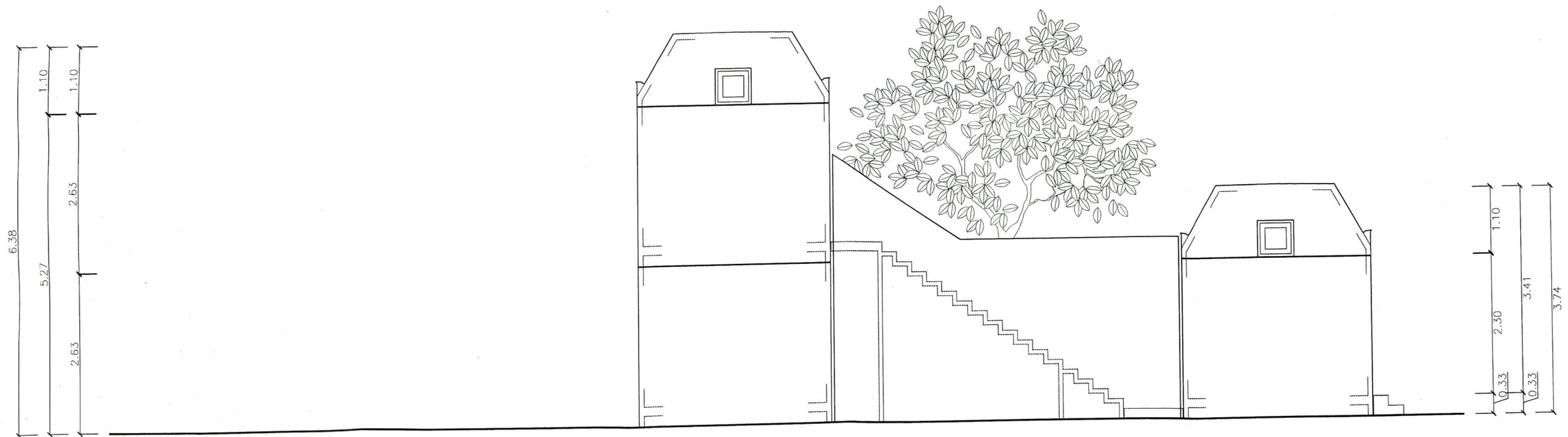


ELEVACIÓN 2

PROPIETARIO	Llaxta S.A.C.	PROYECTO	Vivienda Sistema Constructivo Llaxta
ARQUITECTO	Mario Lara Arquitectos	PLANO	Elevación 1 y 2
FECHA	Abril 2011	MODIFICADO	Esc. 1/50
			Lam. 8/9

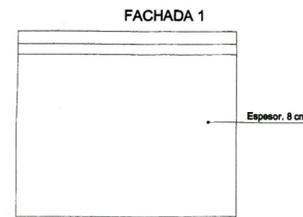
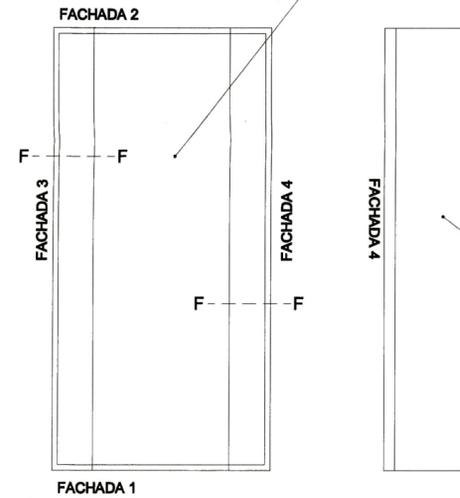
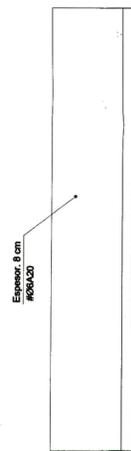
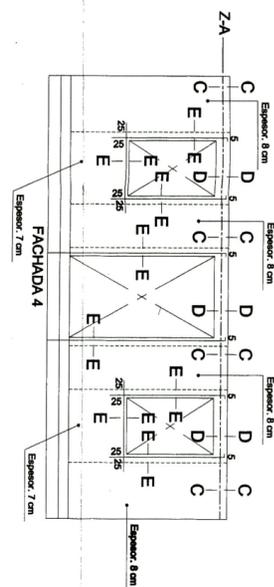
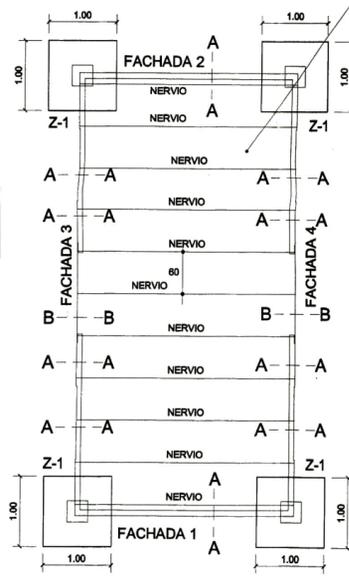
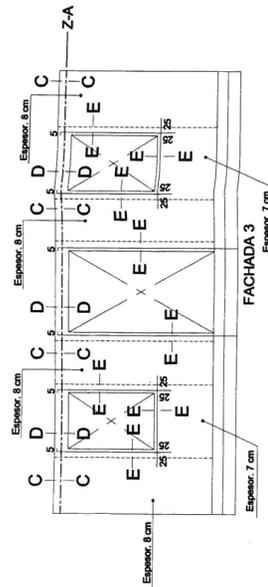
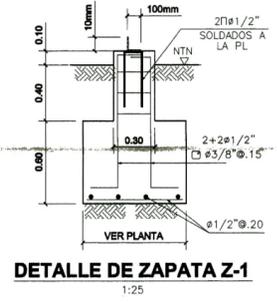
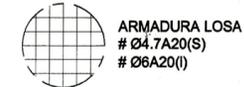
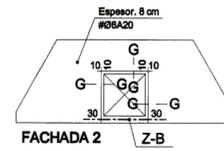
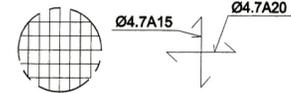
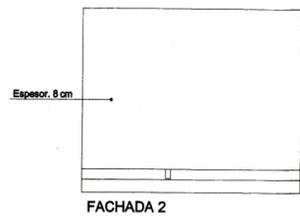


ELEVACIÓN 3

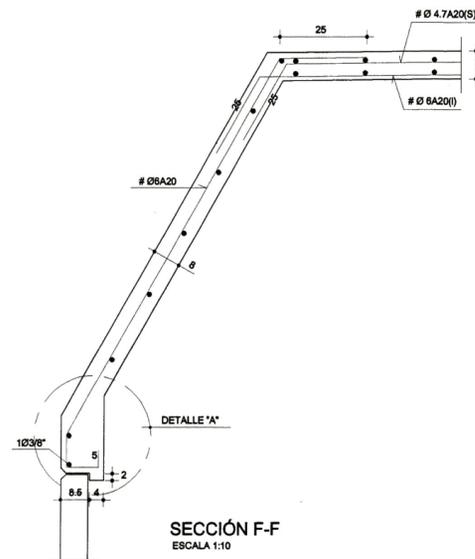
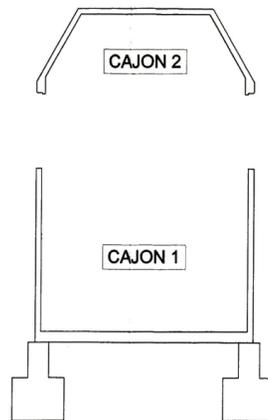


ELEVACIÓN 4

PROPIETARIO	Llaxta S.A.C.	PROYECTO	Vivienda Sistema Constructivo Llaxta
ARQUITECTO	Mario Lara Arquitectos	PLANO	Elevación 3 y 4
FECHA	Abril 2011	MODIFICADO	Esc. 1/50
			Lam. 9/9



CAJON 1



ESPECIFICACIONES GENERALES

CONCRETO ARMADO

$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

RECUBRIMIENTOS

MUROS ————— 3 cm.
LOSAS ————— 2 cm.

ESTRUCTURA METALICA

PLANCHA ACERO $f_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2$
PERNOS A325 $f_y = 5700 \text{ Kg/cm}^2$

RESISTENCIA DEL TERRENO

$\bar{\sigma}_t = 2.0 \text{ Kg/cm}^2$ (VER ESTUDIO DE SUELOS)
PROFUNDIDAD MINIMA DE ZAPATA = 1.00 DEBAJO DEL NTN

NOTAS:

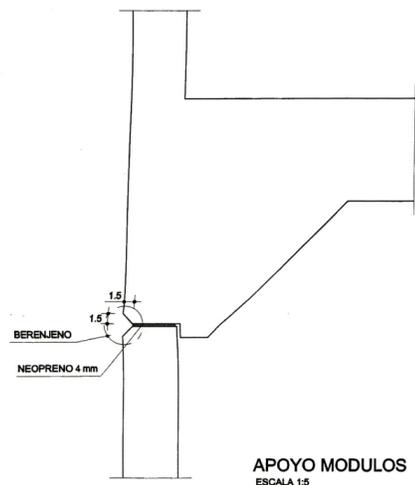
1.- PARA EL TRAZO DE LA CIMENTACION COORDINAR ESTRUCTURAS CON ARQUITECTURA

DANIEL TORREALVA DAVILA
INGENIEROS ESTRUCTURALES

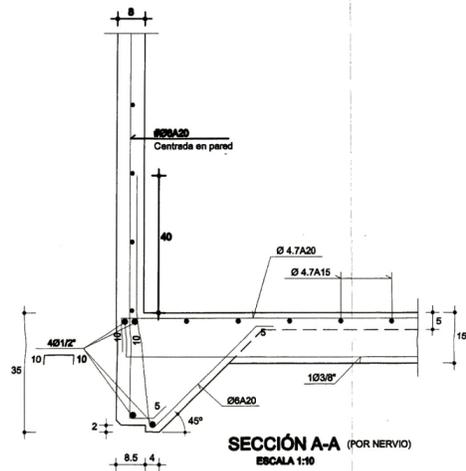
SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA
ZONA SALA-COMEDOR



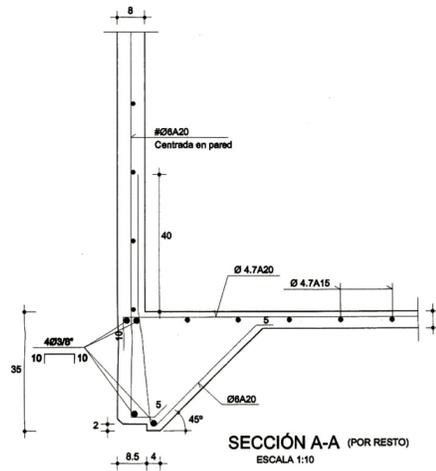
CALLE 1 A-B LOS ALAMOS DE MONTERREICO
SURCO - TELEFAX : 345-1915



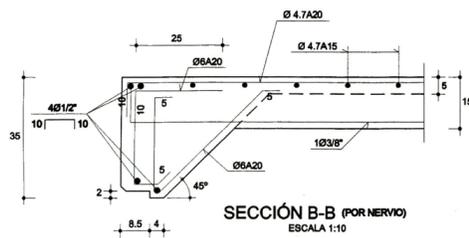
APOYO MODULOS
ESCALA 1:5



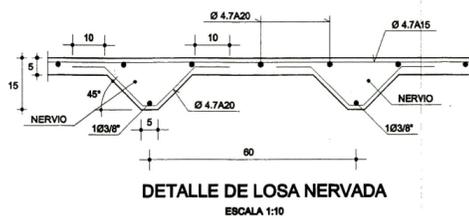
SECCIÓN A-A (FOR NERVIO)
ESCALA 1:10



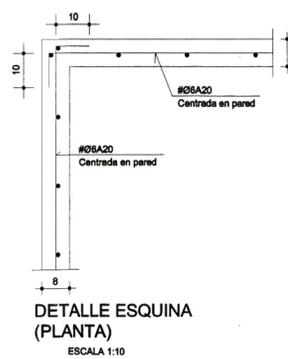
SECCIÓN A-A (FOR RESTO)
ESCALA 1:10



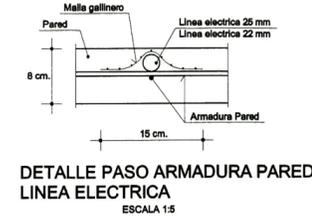
SECCIÓN B-B (FOR NERVIO)
ESCALA 1:10



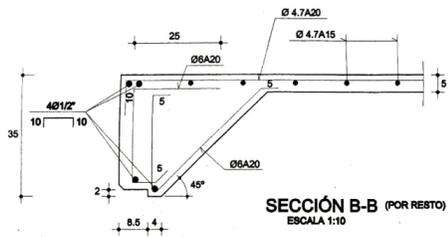
DETALLE DE LOSA NERVADA
ESCALA 1:10



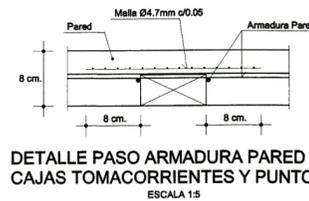
DETALLE ESQUINA (PLANTA)
ESCALA 1:10



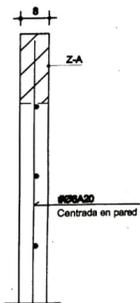
DETALLE PASO ARMADURA PARED LINEA ELECTRICA
ESCALA 1:5



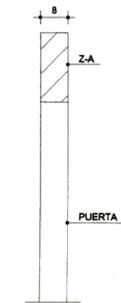
SECCIÓN B-B (FOR RESTO)
ESCALA 1:10



DETALLE PASO ARMADURA PARED CAJAS TOMACORRIENTES Y PUNTOS DE LUZ
ESCALA 1:5



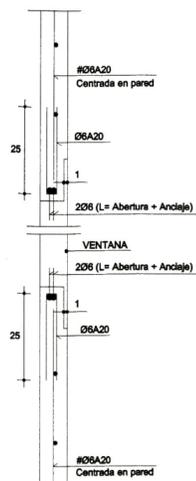
SECCIÓN C-C
ESCALA 1:10



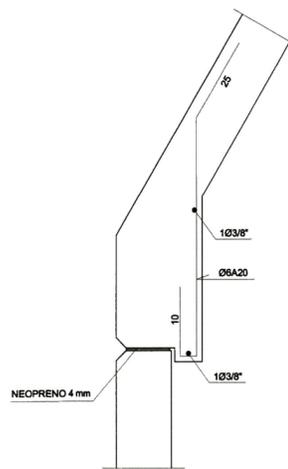
SECCIÓN D-D
ESCALA 1:10



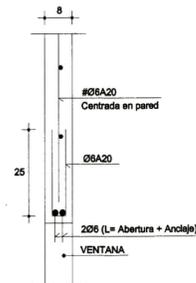
SECCIÓN Z-A
ESCALA 1:20



SECCIÓN E-E
ESCALA 1:10



DETALLE "A"
ESCALA 1:5



SECCIÓN G-G
ESCALA 1:10



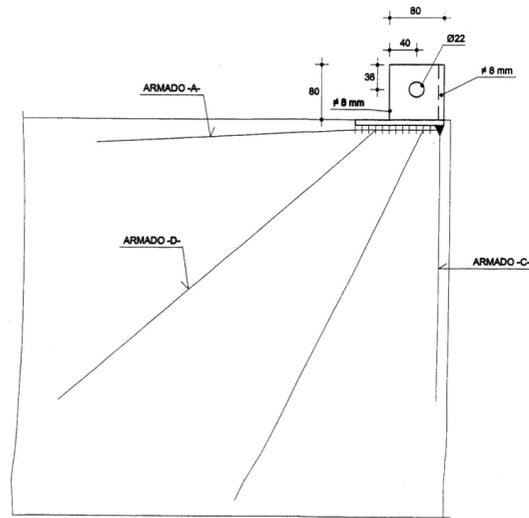
SECCIÓN Z-B
ESCALA 1:10

DANIEL TORREALVA DAVILA
INGENIEROS ESTRUCTURALES

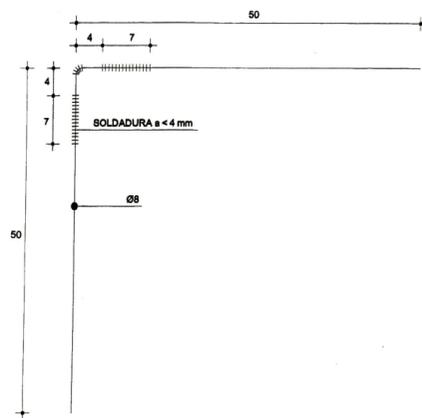
SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA
DETALLES



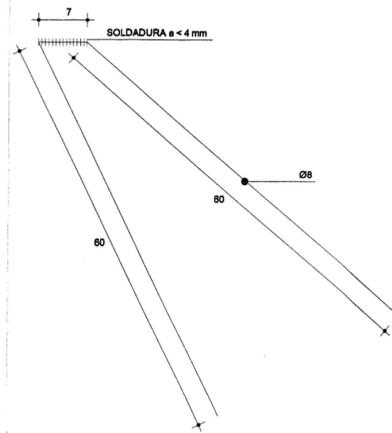
CALLE 1 A-B LOS ALAMOS DE MONTERRICO
SURCO - TELEFAX | 345-1915



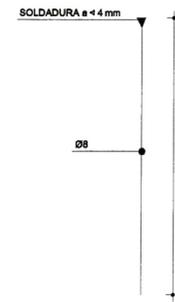
VISTA-1-
ESCALA 1:5



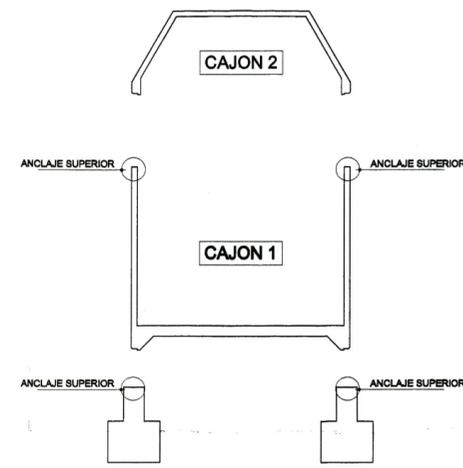
ARMADO -A-
ESCALA 1:5
(PLANTA)



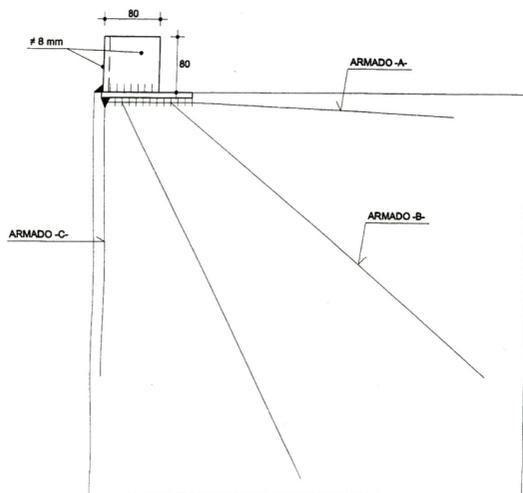
ARMADO -B-
ESCALA 1:5
(ALZADO)



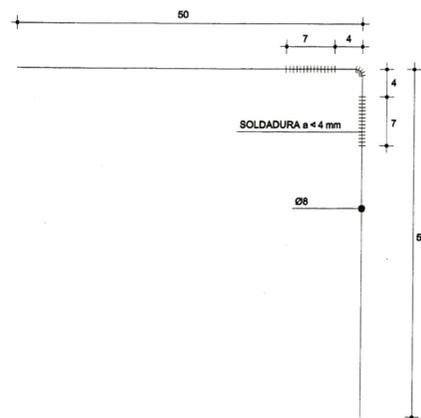
ARMADO -C-
ESCALA 1:5
(ALZADO)



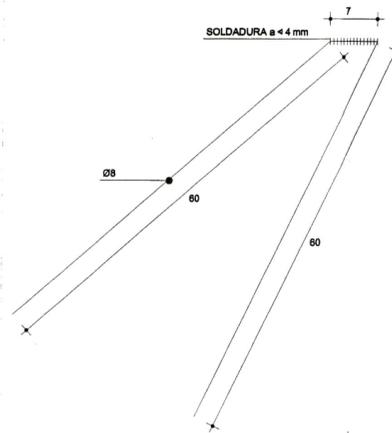
SECCION VIVIENDA
SALA COMEDOR
ESCALA 1:50



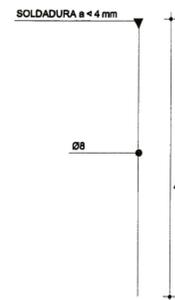
VISTA-2-
ESCALA 1:5



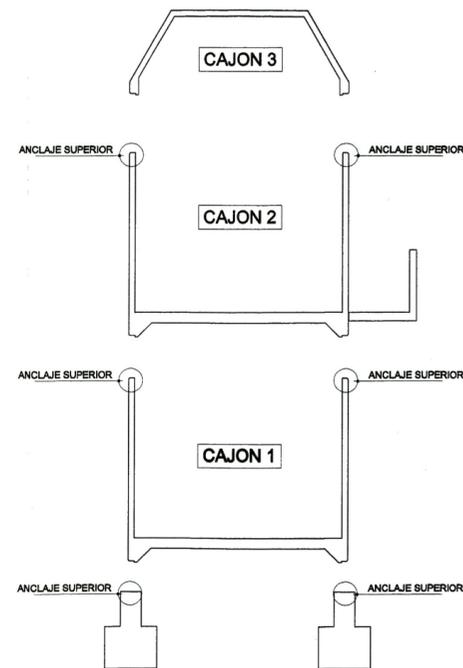
ARMADO -A-
ESCALA 1:5
(PLANTA)



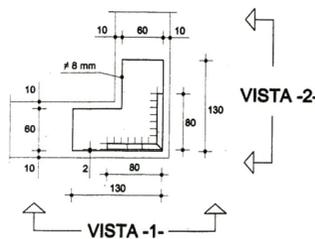
ARMADO -D-
ESCALA 1:5
(ALZADO)



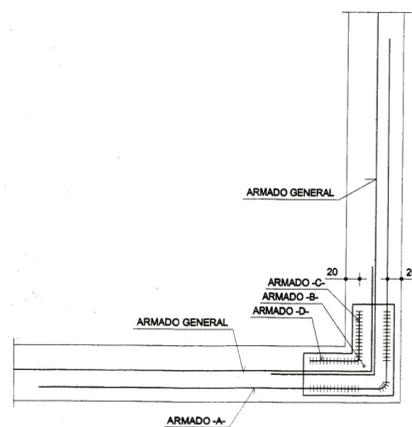
ARMADO -C-
ESCALA 1:5
(ALZADO)



SECCION VIVIENDA
DORMITORIOS
ESCALA 1:50



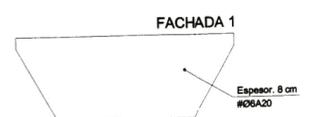
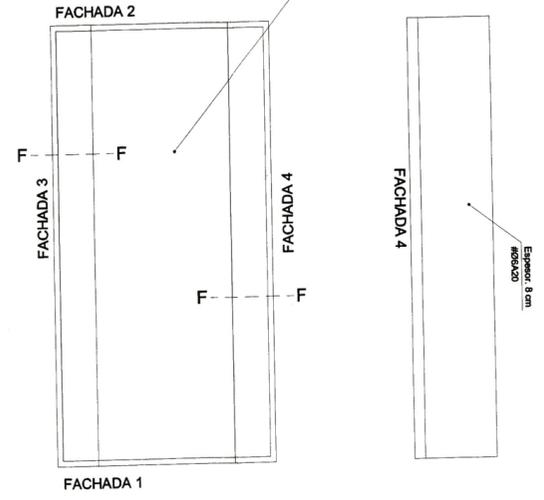
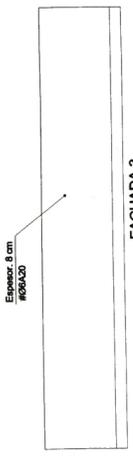
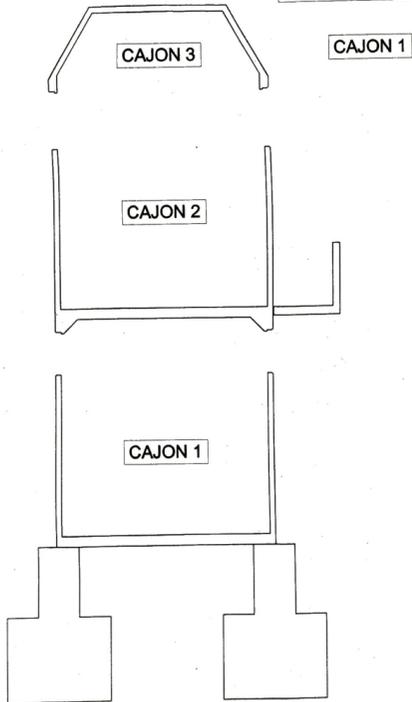
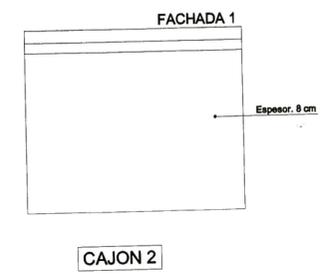
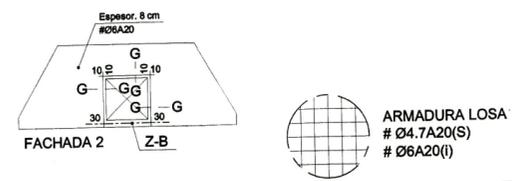
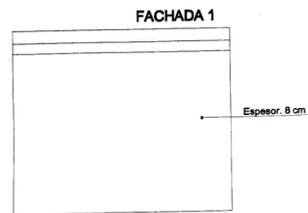
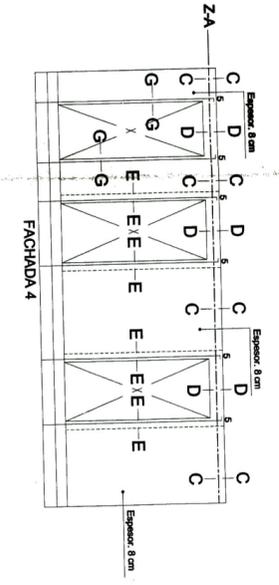
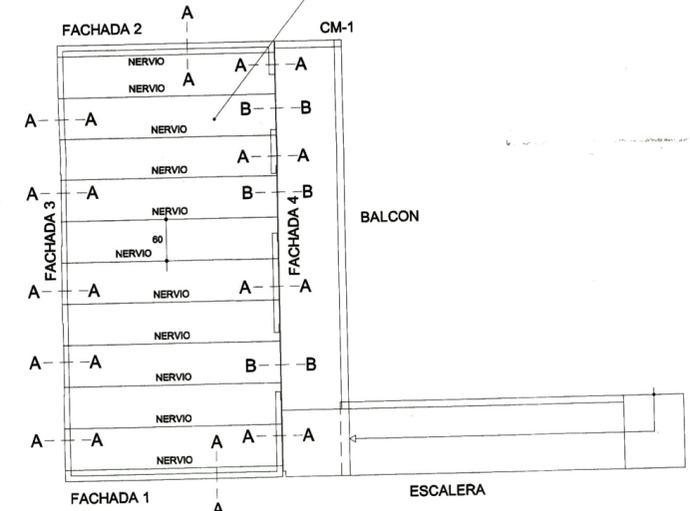
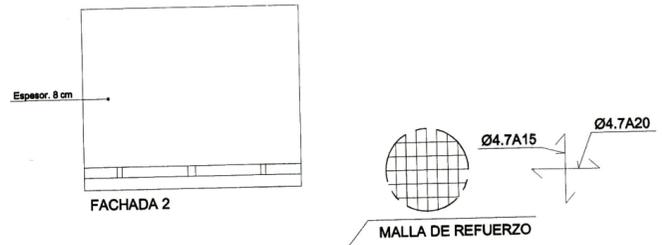
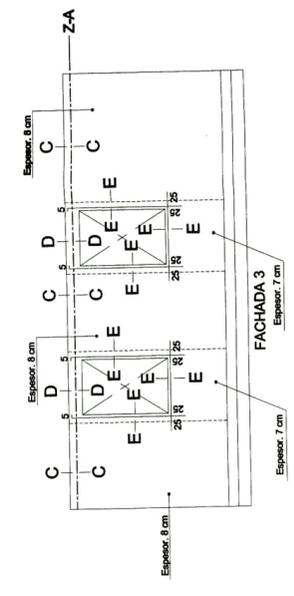
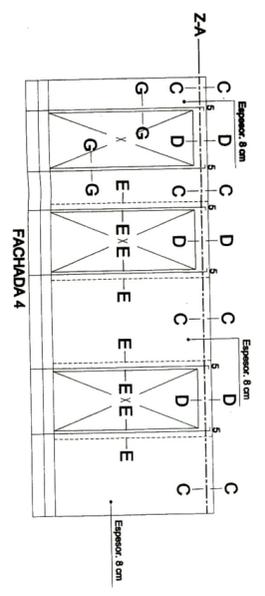
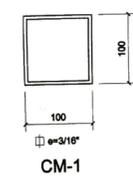
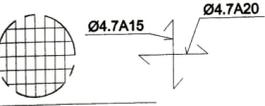
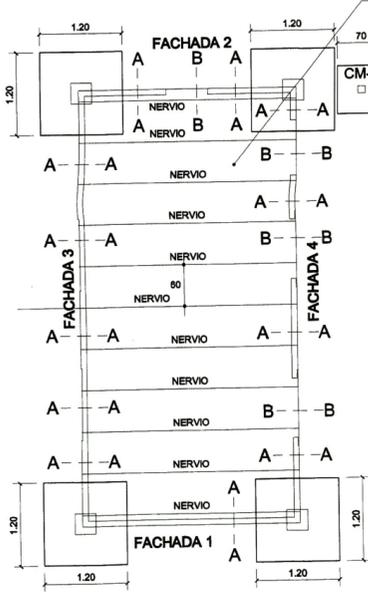
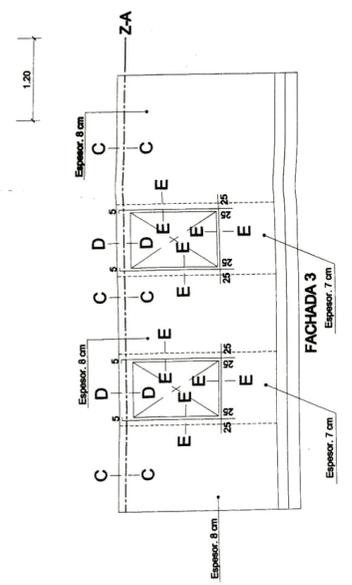
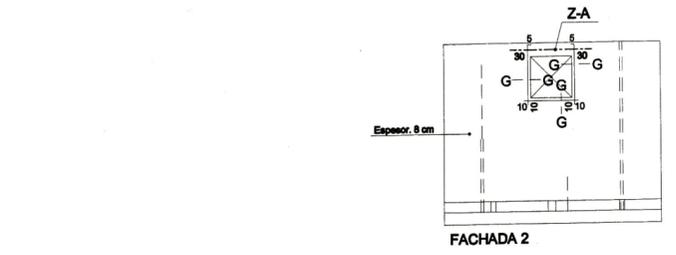
PLACA UNION MODULOS
ESCALA 1:5



POSICION BARRAS SOLDADAS (PLANTA)
ESCALA 1:5

DETALLE DE PLANCHA SUPERIOR DE CONEXION

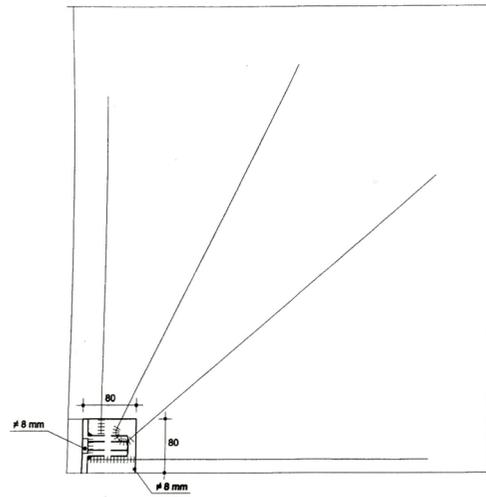
DANIEL TORREALVA DAVILA INGENIEROS ESTRUCTURALES					 <small>CALLE 1 A-8 LOS ALAMOS DE MONTECERRICO SURIDO - TELEFAX : 345-1915</small>
SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA ANCLAJE SUPERIOR					
Diseño : D.T.D.	Dibujo : C.V.P.	Rev. : D.T.D.	Fecha : 03-11	Escala : INDICADAS	Plano N° : E-03 de 8



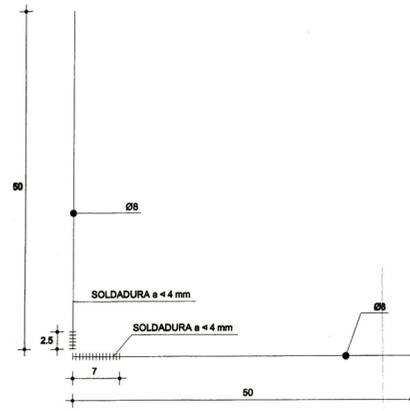
PLANTA CUBIERTA

SECCION VIVIENDA DORMITORIOS

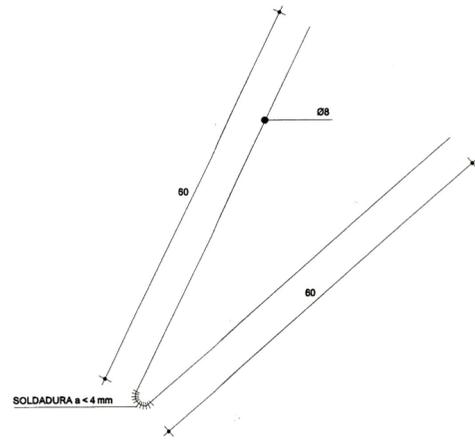
DANIEL TORREALVA DAVILA INGENIEROS ESTRUCTURALES					 <small>CALLE 1 A-8 LOS ALAMOS DE MONTERRICO SURCO - TELEFAX : 345-1915</small>
SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA ZONA DORMITORIOS					
Diseño : D.T.D.	Dibujo : C.V.P.	Rev. : D.T.D.	Fecha : 03-11	Escala : INDICADAS	Plano N° : E-04 de 8



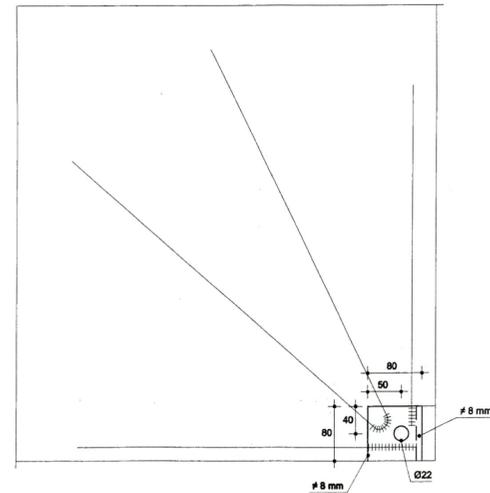
VISTA-1-
ESCALA 1:5



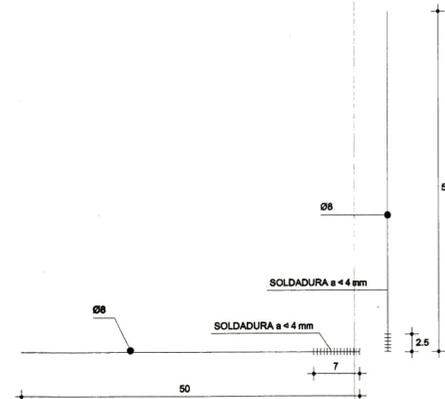
ARMADO -A-
ESCALA 1:5
(PLANTA)



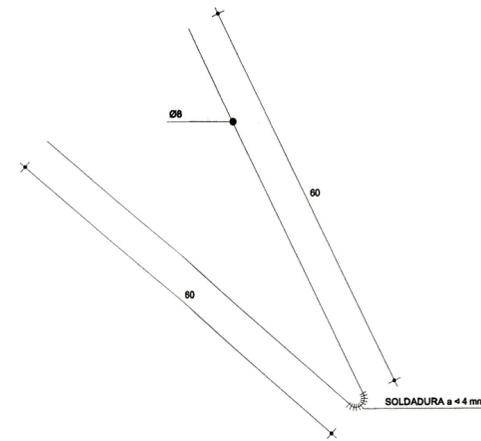
ARMADO -B-
ESCALA 1:5
(ALZADO)



VISTA-2-
ESCALA 1:5

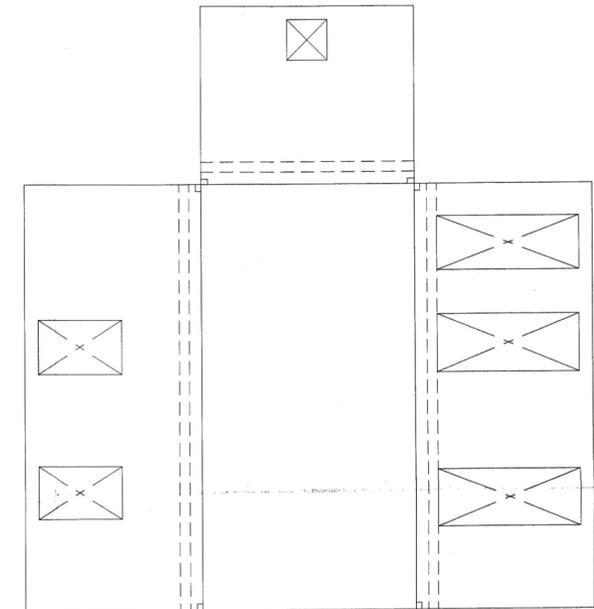


ARMADO -A-
ESCALA 1:5
(PLANTA)

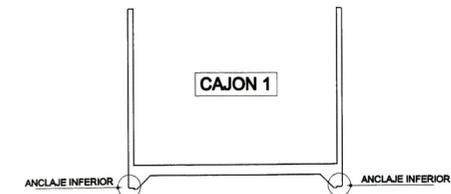
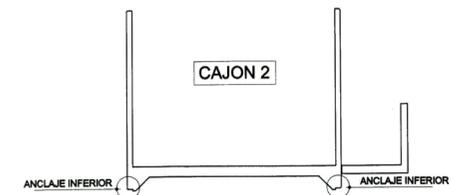
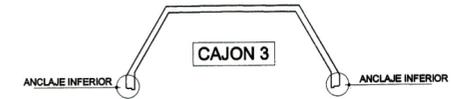


ARMADO -B-
ESCALA 1:5
(ALZADO)

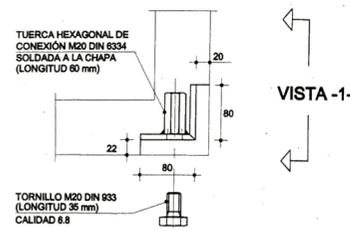
DETALLE DE PLANCHA INFERIOR DE CONEXION



POSICION REFUNDIDO (DESARROLLO FACHADAS)
(ANCLAJE ALTO)
ESCALA 1:50



SECCION VIVIENDA
DORMITORIOS
ESCALA 1:50



VISTA-1-

VISTA-2-

PLACA UNION MODULOS
ESCALA 1:5

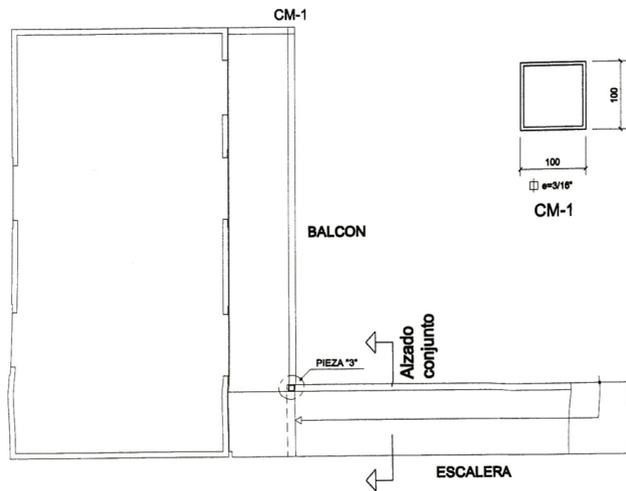
DANIEL TORREALVA DAVILA
INGENIEROS ESTRUCTURALES

SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA
ANCLAJE INFERIOR

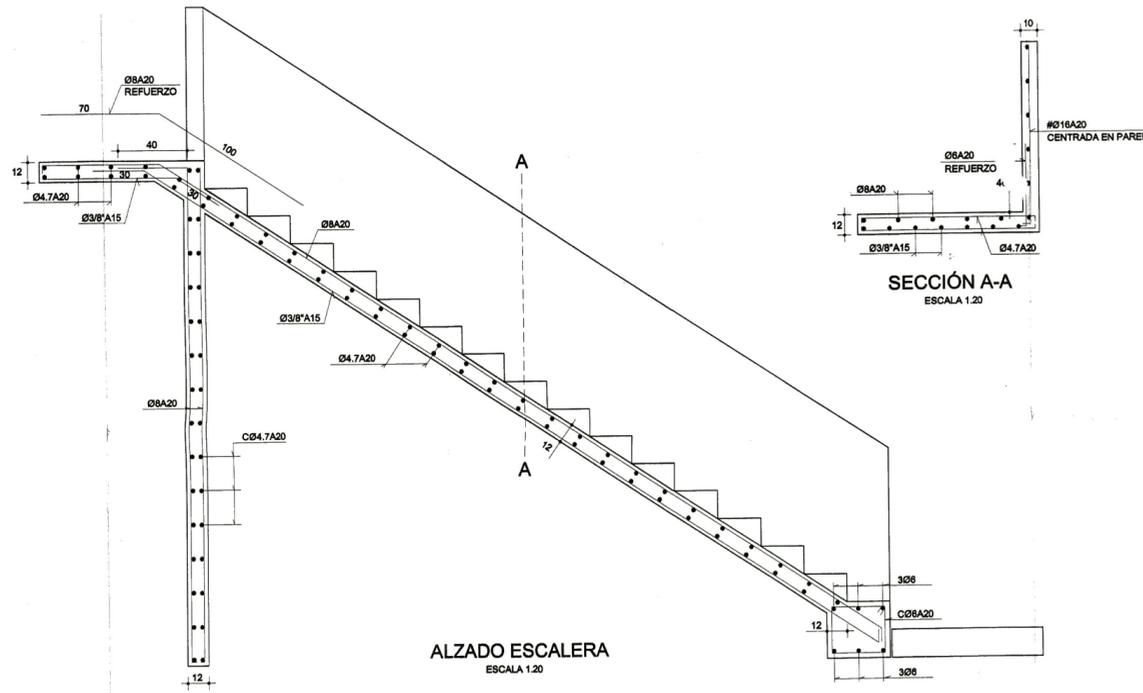


CALLE 1 A-8 LOS ALAMOS DE MONTEPRICO
SURCO - TELEFAX : 345-1915

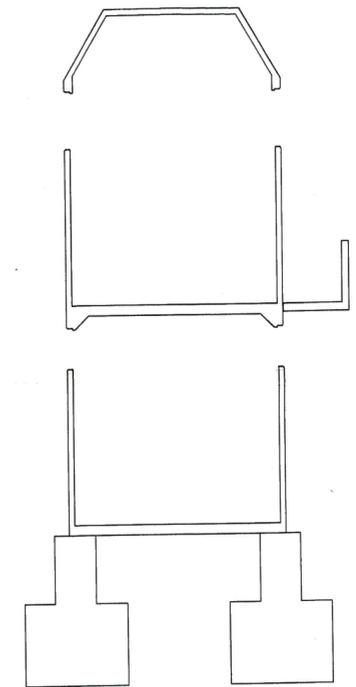
Diseño : D.T.D.	Dibujo : C.V.P.	Rev. : D.T.D.	Fecha : 03-11	Escala : INDICADAS	Piano N° : E-05 de 8
--------------------	--------------------	------------------	------------------	-----------------------	-------------------------



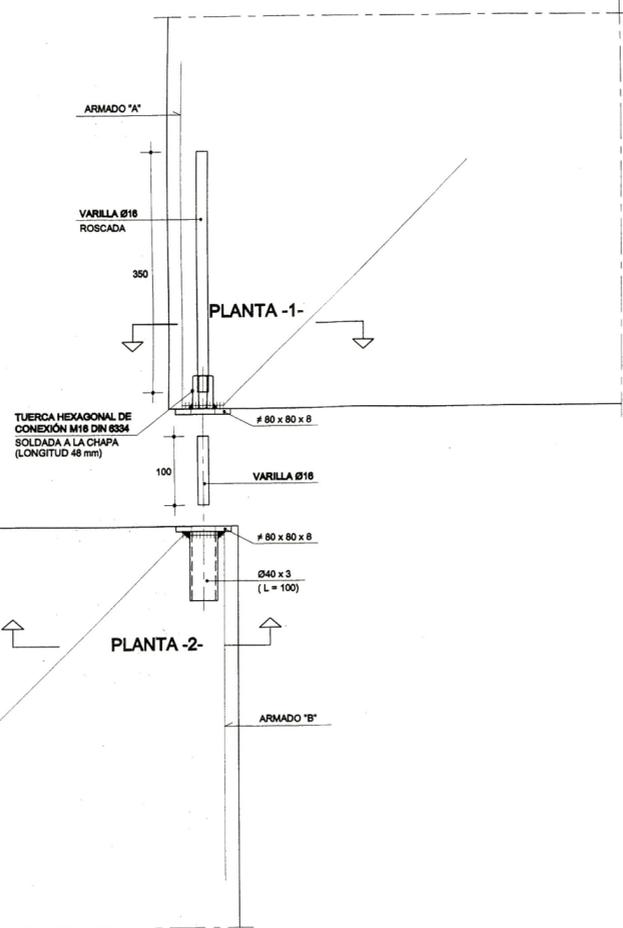
PLANTA SEGUNDO PISO
DORMITORIOS
ESCALA 1:50



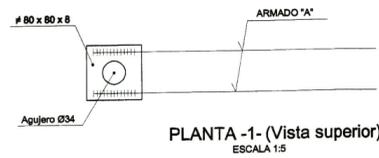
ALZADO ESCALERA
ESCALA 1:20



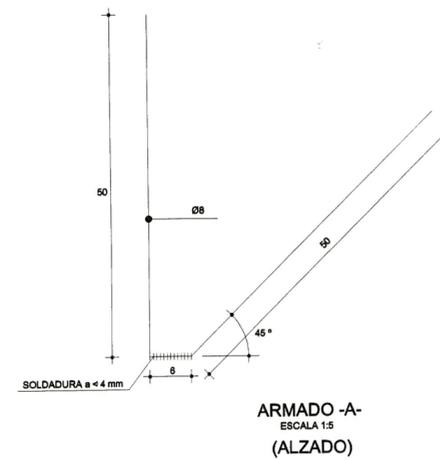
SECCION VIVIENDA
DORMITORIOS
ESCALA 1:50



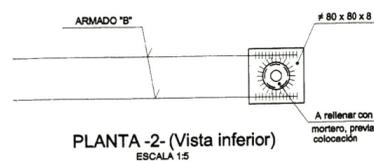
ALZADO CONJUNTO (PIEZA 3)
ESCALA 1:5



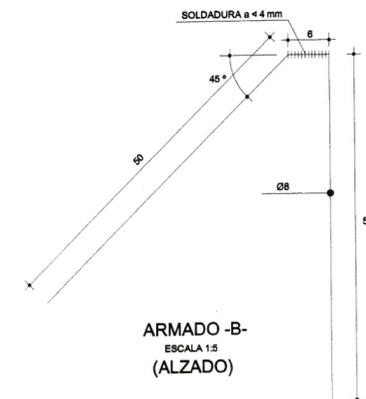
PLANTA -1- (Vista superior)
ESCALA 1:5



ARMADO -A-
ESCALA 1:5
(ALZADO)



PLANTA -2- (Vista inferior)
ESCALA 1:5



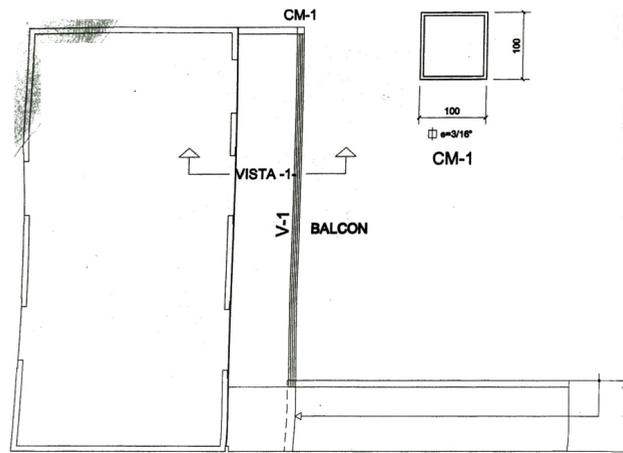
ARMADO -B-
ESCALA 1:5
(ALZADO)

DANIEL TORREALVA DAVILA
INGENIEROS ESTRUCTURALES

SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA
ARMADO ESCALERA

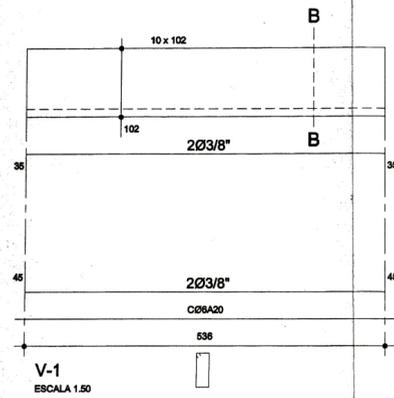


CALLE 1 A-8 LOS ALAMOS DE MONTERREICO
BUNCO - TELEFAX : 345-1915

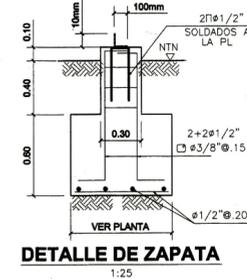
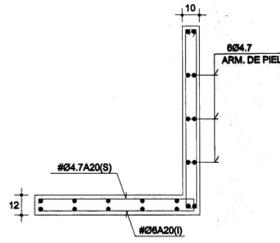


PLANTA SEGUNDO PISO
DORMITORIOS
ESCALA 1:50

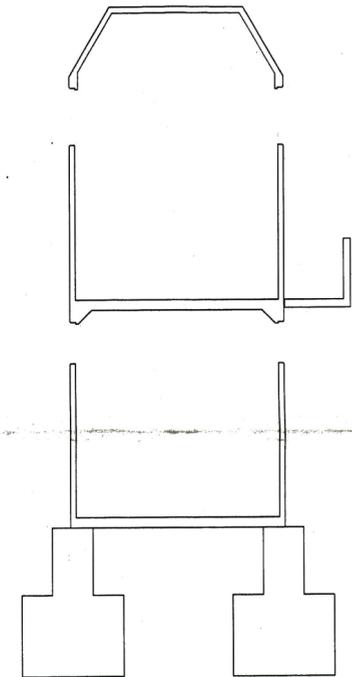
ESCALERA



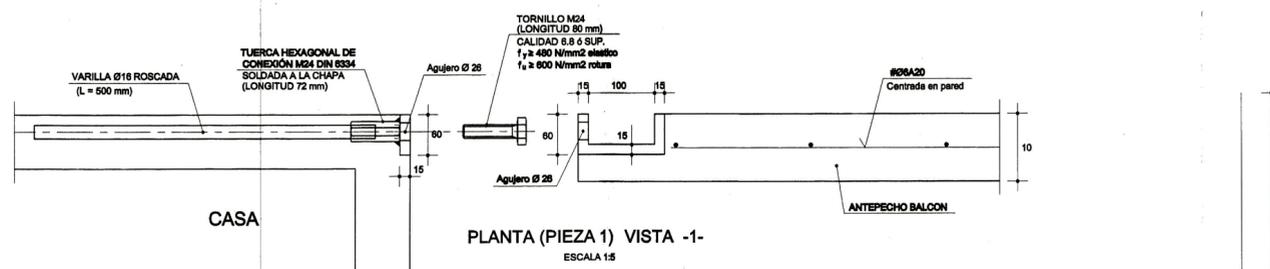
SECCIÓN B-B
ESCALA 1:20



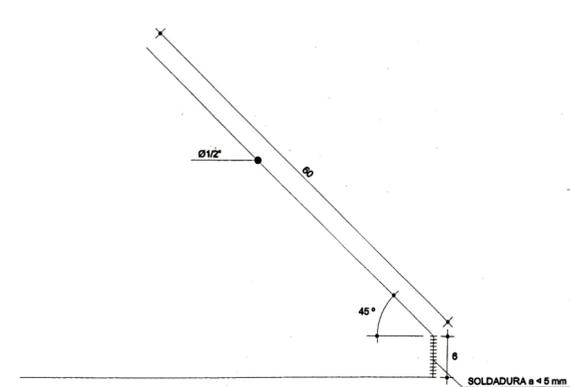
DETALLE DE ZAPATA
1:25



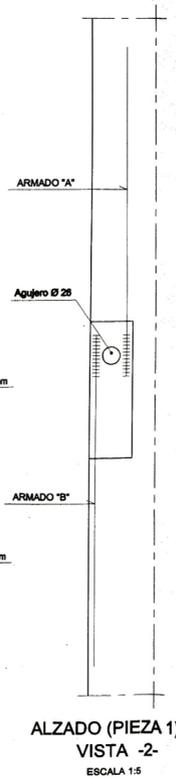
SECCION VIVIENDA
DORMITORIOS
ESCALA 1:50



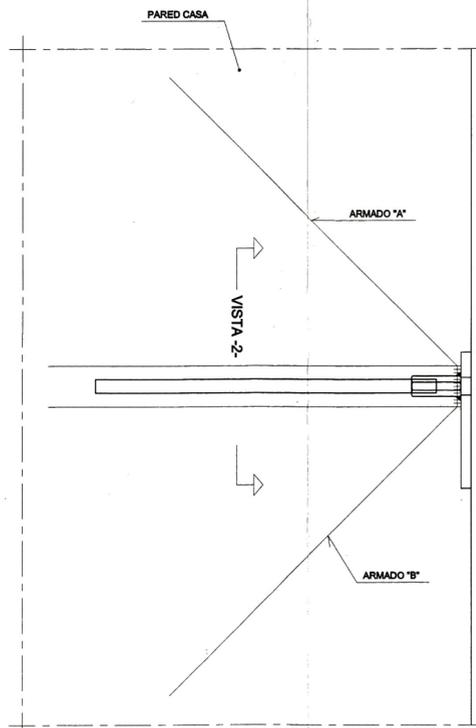
PLANTA (PIEZA 1) VISTA -1-
ESCALA 1:5



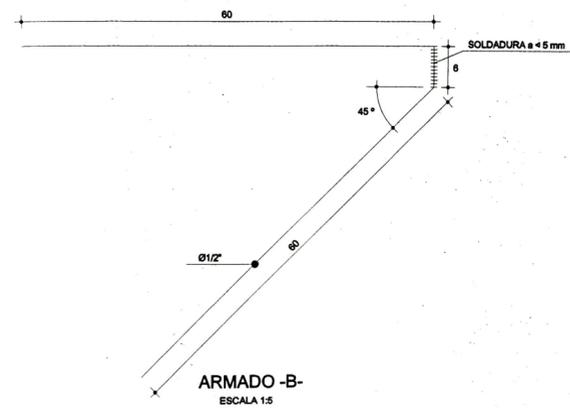
ARMADO -A-
ESCALA 1:5
(ALZADO)



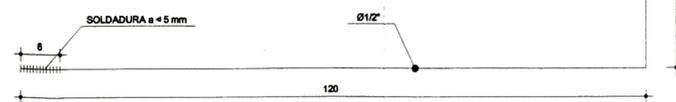
ALZADO (PIEZA 1)
VISTA -2-
ESCALA 1:5



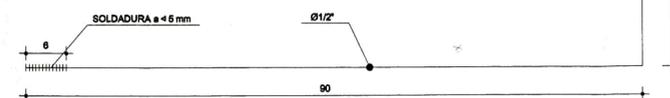
ALZADO (PIEZA 1) VISTA -1-
ESCALA 1:5



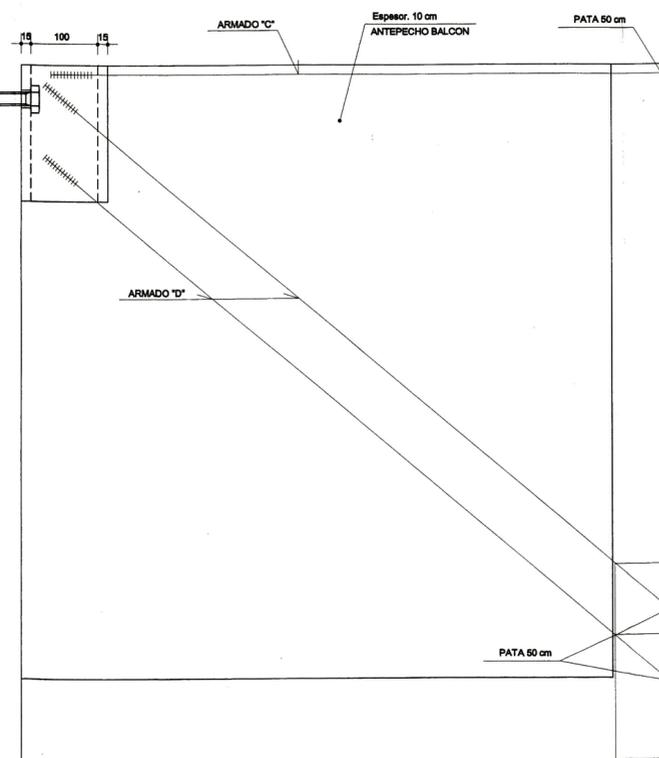
ARMADO -B-
ESCALA 1:5
(ALZADO)



ARMADO -D-
ESCALA 1:5
(PLANTA)



ARMADO -C-
ESCALA 1:5
(PLANTA)



ALZADO (PIEZA 1) VISTA -1-
ESCALA 1:5

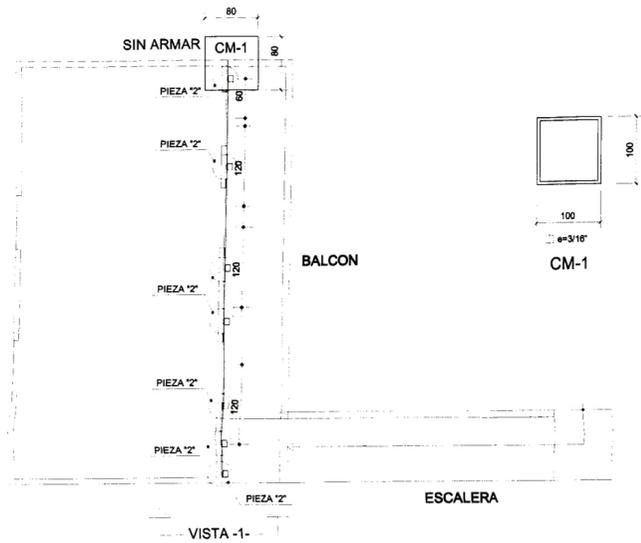
DANIEL TORREALVA DAVILA
INGENIEROS ESTRUCTURALES

SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA
ARMADO BALCON

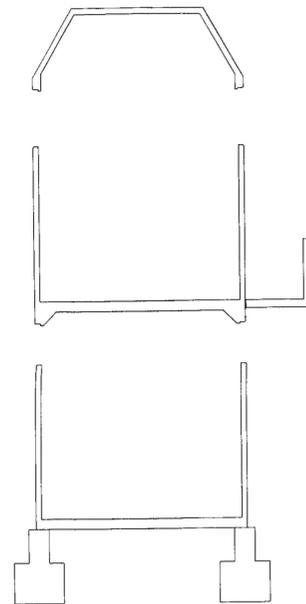


CALLE 1 A-8 LOS ALAMOS DE MONTECICO
SURCO - TELEFAX : 345-1915

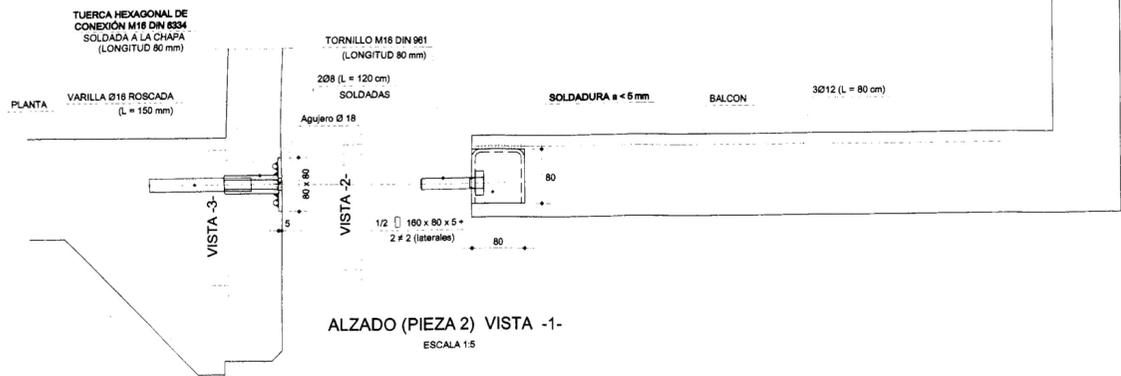
Diseño : D.T.D.	Dibujo : C.V.P.	Rev. : D.T.D.	Fecha : 03-11	Escala : INDICADAS	Piano N° : E-07 de 8
--------------------	--------------------	------------------	------------------	-----------------------	-------------------------



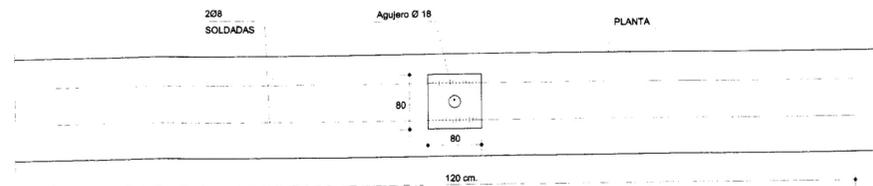
PLANTA SEGUNDO PISO
DORMITORIOS
ESCALA 1:50



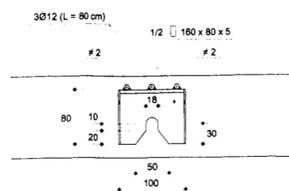
SECCION VIVIENDA
DORMITORIOS
ESCALA 1:50



ALZADO (PIEZA 2) VISTA -1-
ESCALA 1:5



VISTA -3- ALZADO (PIEZA 2)
ESCALA 1:5

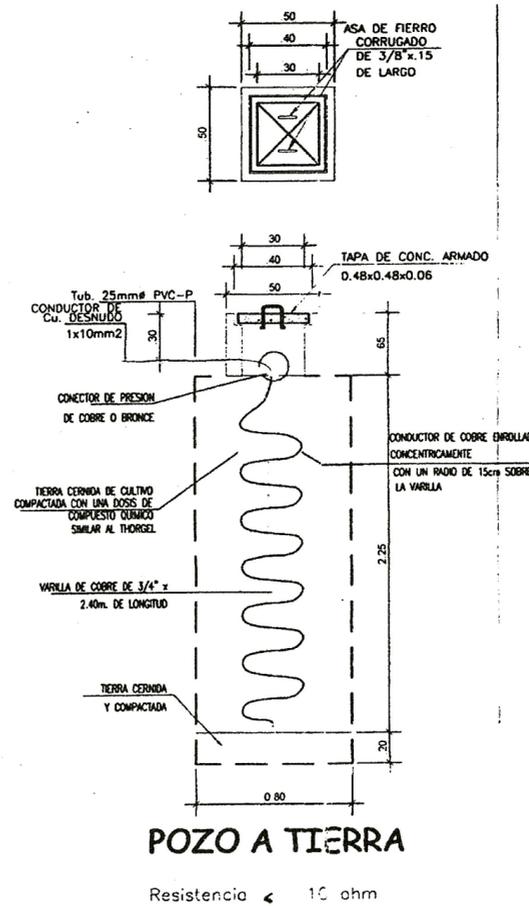
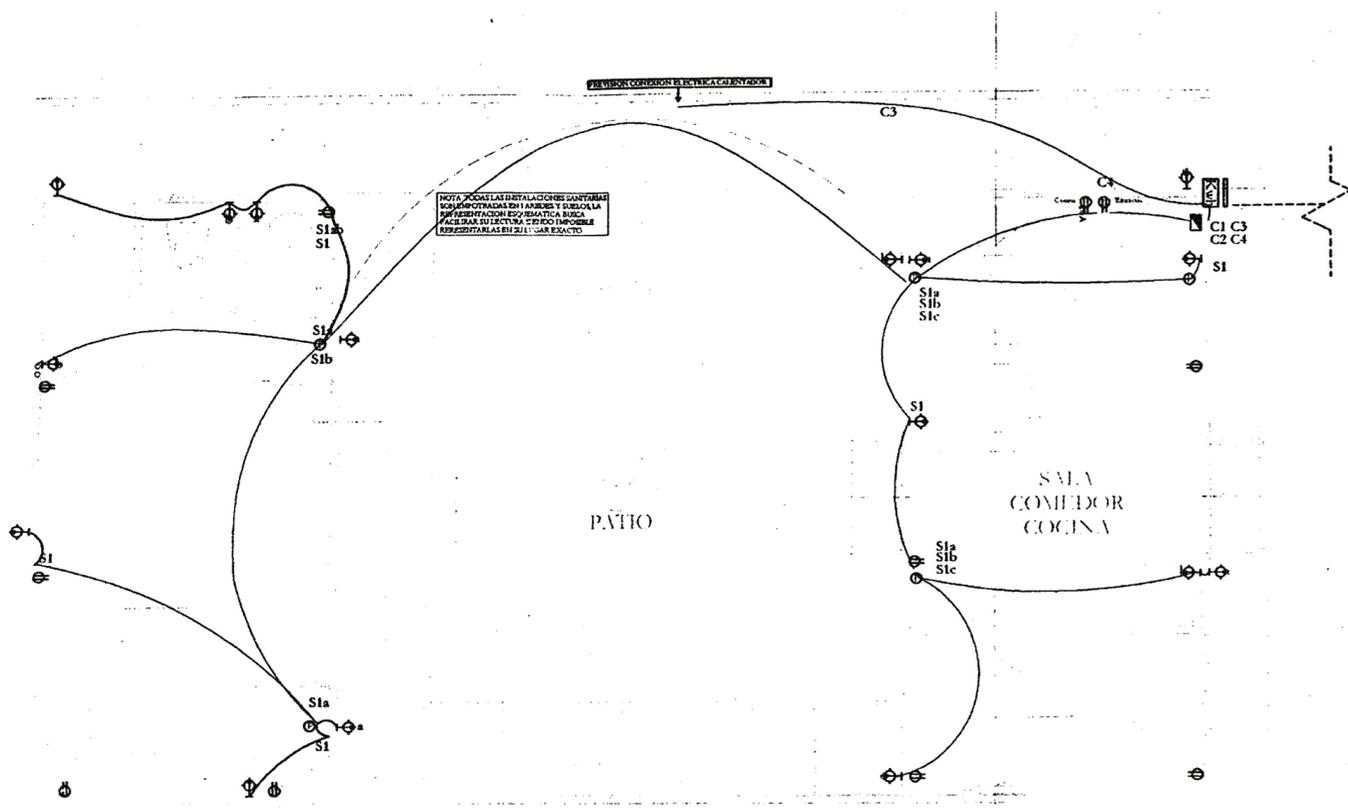


VISTA -2- ALZADO (PIEZA 2)
ESCALA 1:5

DANIEL TORREALVA DAVILA
INGENIEROS ESTRUCTURALES

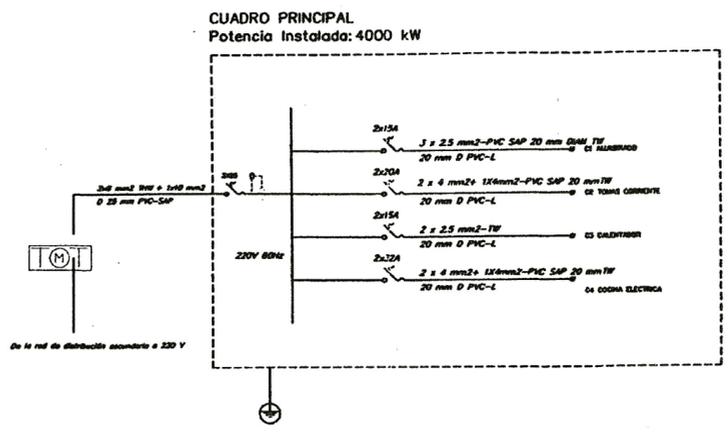
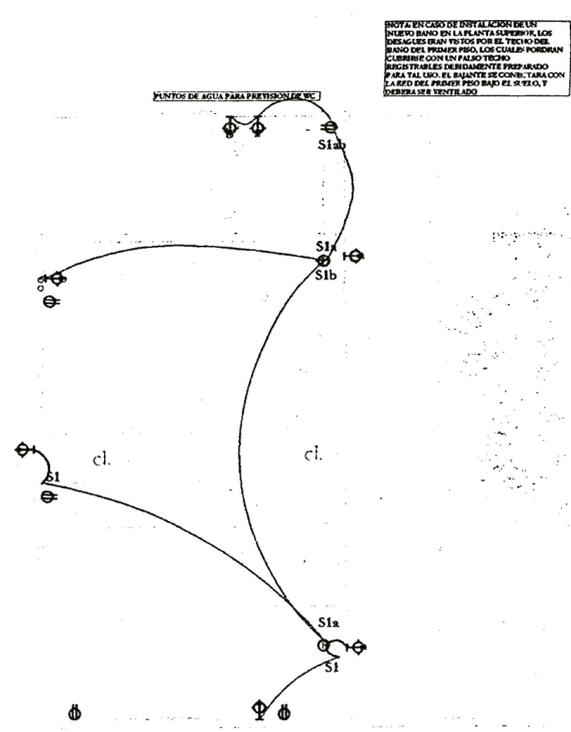
SISTEMA CONSTRUCTIVO LLAXTA
ARMADO BALCON





LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	MEDIDOR DE LUZ
	TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA EMPOTRADA EN PARED A 1.80m SNPT (BORDE SUPERIOR)
	CENTRO DE LUZ BRAQUETE, SPOT LIGHT
	TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE TIPO UNIVERSAL A 0.30m SNPT (EJE) CAJA RECTANGULAR 100x55x50mm
	TOMACORRIENTE BIPOLAR, CON ESPIGA A TIERRA DE ALT. A 1.20m SNPT. (EJE) (salvo otra indicacion) CAJA RECTANGULAR 100x55x50mm
	INTERRUPTOR UNIPOLAR DE 1, 2 O 3 GOLPES, A 1.20m SNPT(EJE) CAJA RECTANGULAR DE 100x55x55
	INTERRUPTOR EN CONMUTACION SIMPLE, DOBLE, TRIPLE. A 1.20m SNPT (EJE) CAJA RECTANGULAR DE 100x55x55mm.
	PULSADOR, TIMBRE
	SALIDA PARA TELEVISION, SALIDA PARA TELEFONO EXTERNO SALIDA PARA INTERCOMUNICADOR.
	TUB. PARA EL SISTEMA ELECTRICO DE TOMACORRIENTES CON CONDUCTOR 2x2.5mm2TW-PVC SAP # 20MM EMPOTRADO EN TECHO O PARED
	TUB. PARA EL SISTEMA ELECTRICO CON CONDUCTOR 2x2.5mm2TW-PVC SAP # 20 MM EMPOTRADO EN TECHO O PARED
	RED DE TIMBRE PVC # 20 MM 2x2.5MM2 TH
	Tubo #3/4\"/>
	CAJA DE PASE - 100x100x50
	POZO DE TIERRA
	TERMA
	INTERRUPTOR DIFERENCIAL Capacidad y Sensibilidad 17 70mA

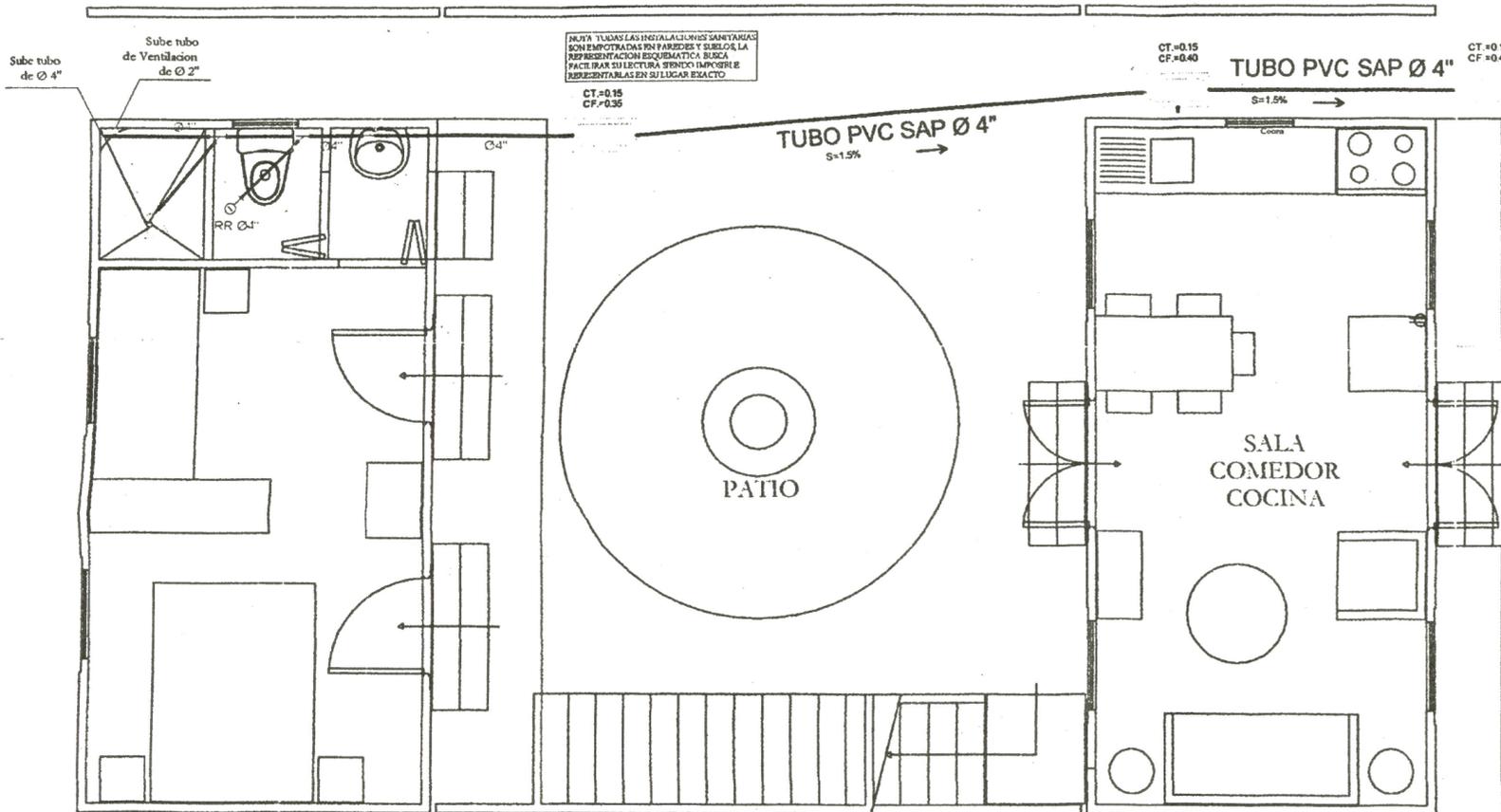
PLANTA PRIMER PISO



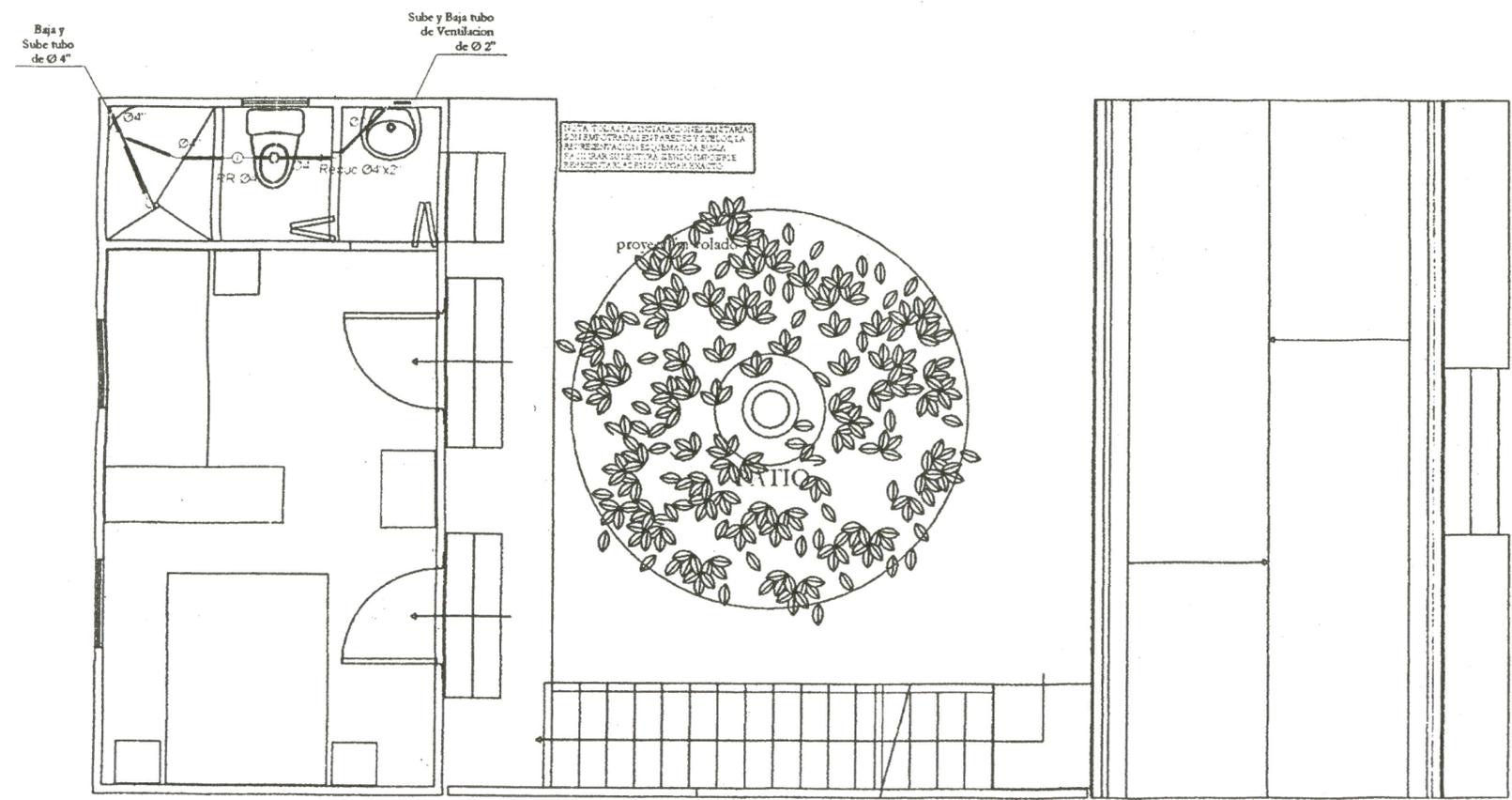
- ESPECIFICACIONES TECNICAS**
- INTERRUPTORES AUTOMATICOS TERMOMAGNETICOS
 - CAJAS OCTOGONALES DE 100X55 MM.
 - CAJAS RECTANGULARES DE 100X55X50 MM.
 - TUBERIAS DE PVC-L Ø=15 MM. COMO MINIMO
 - CONDUCTORES DE COBRE BLANDO DE 99.9% DE CONDUCTIBILIDAD Y SECCION MINIMA DE 2.5 MM2.
 - CONDUCTOR PUESTA A TIERRA DE 10 mm2

Oscar Consiglieri Peña
 Ing. OSCAR CONSIGLIERI PEÑA
 ING. MECÁNICO Y ELECTRICISTA
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 83226

Propietario:		
Proyecto:	VIVIENDA UNIFAMILIAR	Lámina
Plano:	INSTALACIONES ELECTRICAS	IE - 01
Cadista:	armando_serl@hotmail.com	Provincia:
Esc.:	1/50	Departamento:
		Fecha:



PLANTA PRIMER PISO



PLANTA SEGUNDO PISO

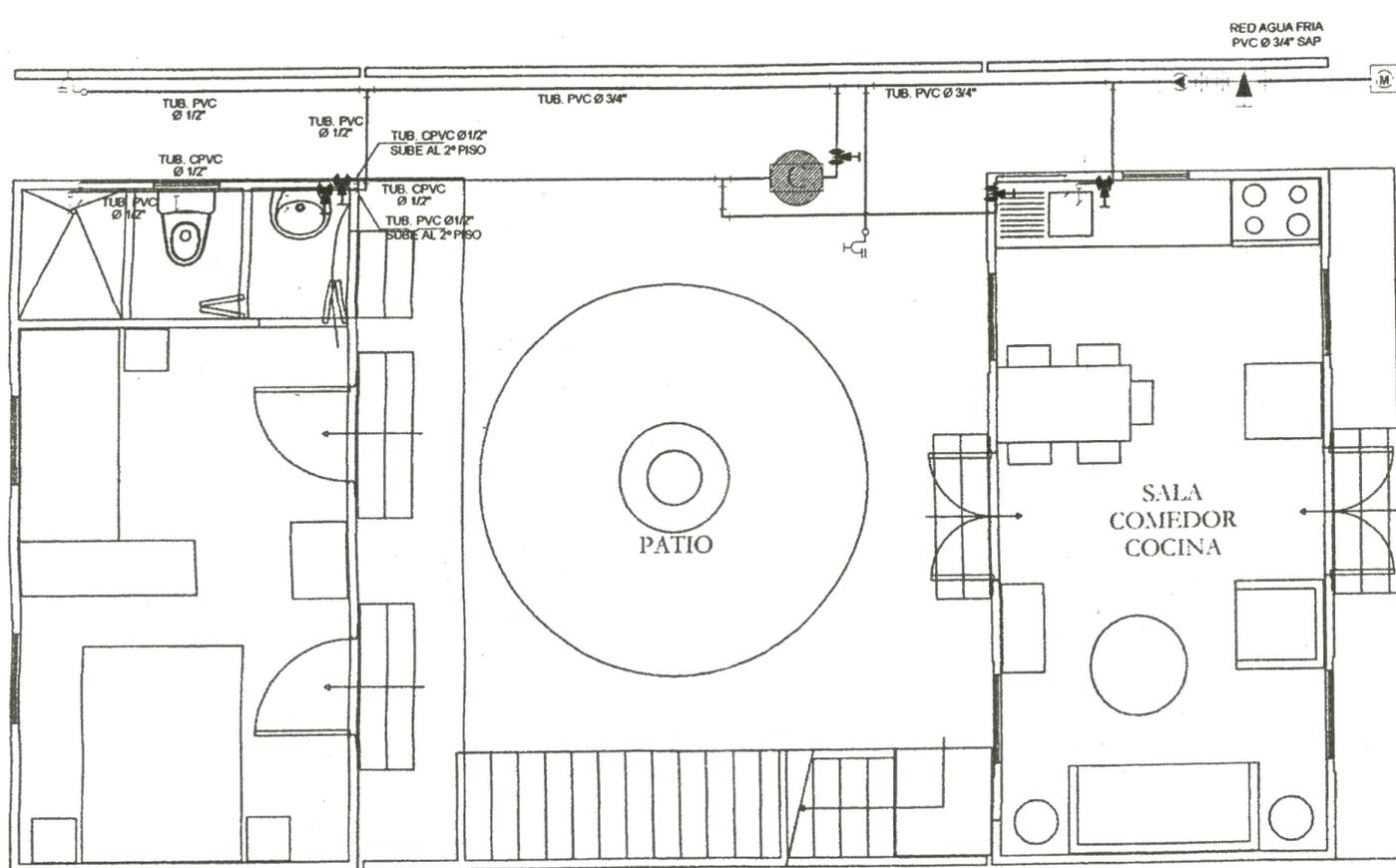
LEGENDA DESAGÜE	
	TUBERIA DE DESAGÜE
	TUB. VENTILACIÓN DE DESAGÜE
	CODO 90° SUBE DESAGÜE
	CODO 45° DESAGÜE
	Y DE 45° DESAGÜE
	REGISTRO ROSCADO DE BRONCE
	TEE SANITARIA
	TRAMPA P
	CAJA DE REGISTRO PARA DESAGÜE
	CAJA CIEGA PARA DESAGÜE

ESPECIFICACIONES:
(Desague)

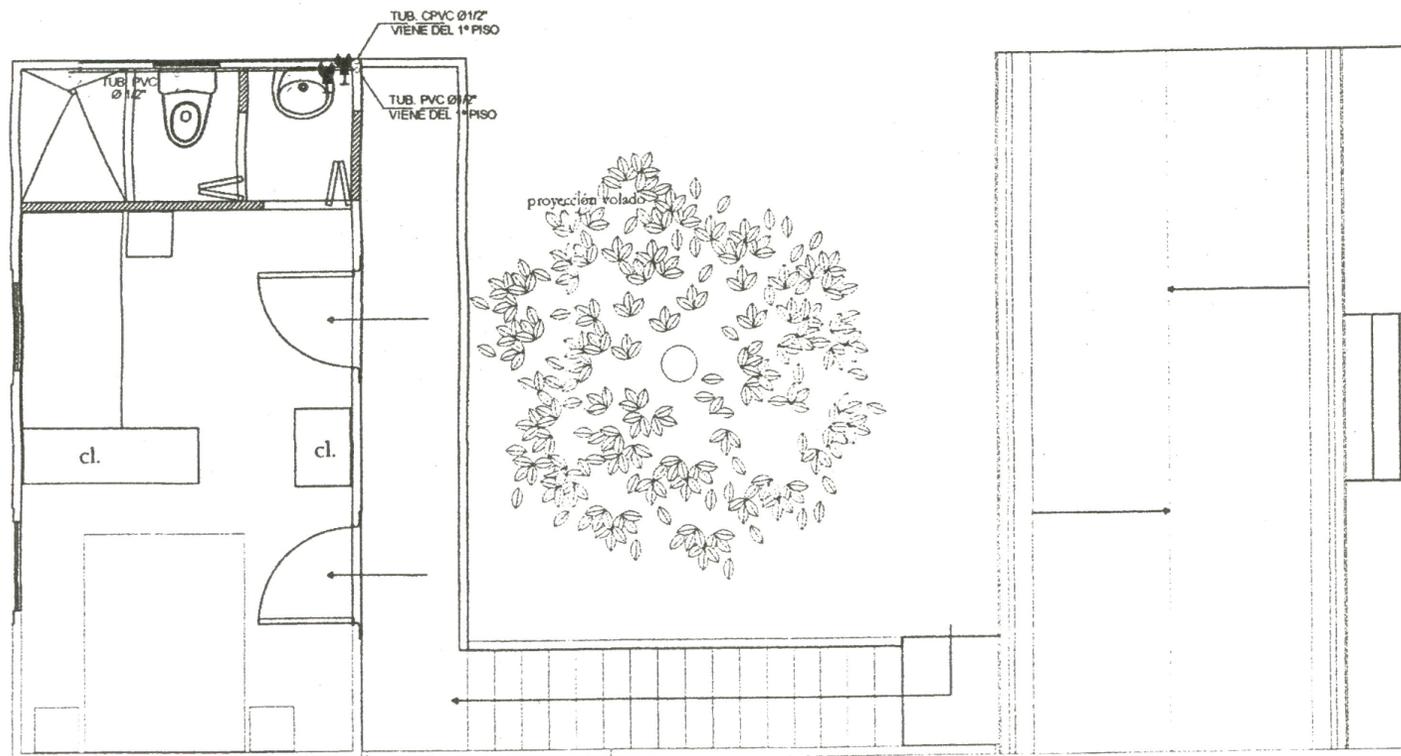
- TODAS LAS TUBERIAS Y ACCESORIOS DE DESAGUE SERAN DE PVC SAL, EXCEPTO EN LA RED DE EVACUACION QUE SERA DE PVC SAP.
- TODAS LAS TUBERIAS DE VENTILACION SERAN DE PVC SAL Y SUBIRAN HASTA 0.30 m. SOBRE EL NIVEL DEL TECHO, TERMINANDO EN SOMBRERO DE PVC.
- LAS PENDIENTES MINIMAS DE LAS TUBERIAS DE DESAGUE SERAN:
 $\varnothing 4" = 1\%$, $\varnothing 3" \text{ Y } \varnothing 2" = 1.5\%$.
- LAS CAJAS DE REGISTRO SERAN DE CONCRETO O DE ALBAÑILERIA, CON MARCO Y TAPA DE CONCRETO O METALICA SEGUN LO ESPECIFICADO.

Alex Heli Ayon Sarmien
 ALEX HELI AYON SARMIEN
 INGENIERO SANITARIO
 Reg. CIP N° 15555

Propietario:		
Proyecto:	VIVIENDA UNIFAMILIAR	Lámina
Plano	INSTALACIONES SANITARIAS(DESAGÜE)	IS - 01
Cadista:	armando_serl@hotmail.com	Dirección:
Esc.:	1/50	Provincia:
		Departamento:
		Fecha:
		ICA
		ABRIL 2011



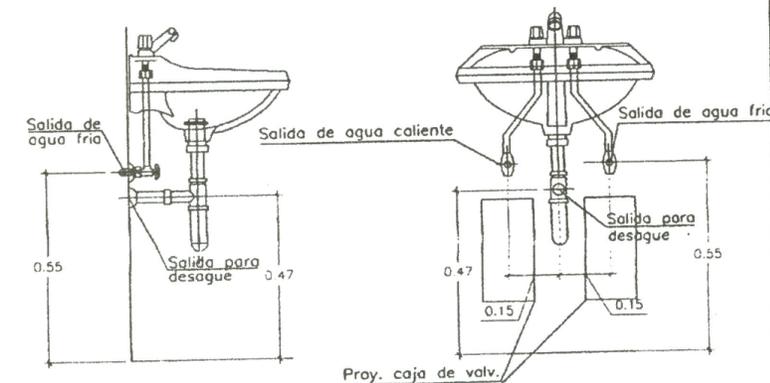
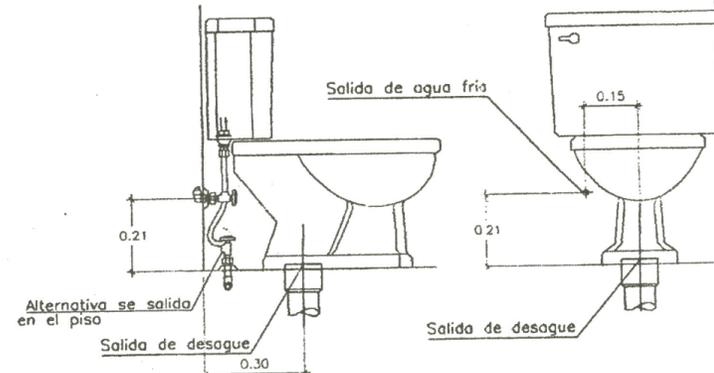
PLANTA PRIMER PISO



PLANTA SEGUNDO PISO

VIENE DE LA RED PÚBLICA PVC Ø 3/4"

RED AGUA FRIA PVC Ø 3/4" SAP



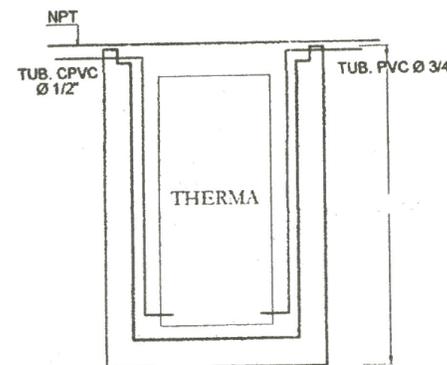
DET. DE SALIDAS DE AGUA Y DESAGUE EN SANITARIOS

ESPECIFICACIONES TECNICAS INSTALACIONES SANITARIAS

- PARA LAS REDES DE AGUA FRIA SE EMPLEARA TUBERIA DE PLASTICO PVC. SAP. PARA UNA PRESION DE 150 Lbs./pulg. 2
- PARA EL SISTEMA DE DESAGUE Y VENTILACION SE USARA TUBERIA DE PVC. SAL PARA UNA PRESION DE 10 Kg/cm. 2
- LAS UNIONES ENTRE LOS TUBOS SERA EJECUTADA USANDO PEGAMENTO ESPECIAL PARA PVC Y CINTA TEFLON.
- LAS VALVULAS EN MUROS IRAN ALQUILADAS EN CAJAS 0.15 x 0.30 CON MARCO Y PUERTA DE MADERA.

LEYENDA AGUA

SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	MEDIDOR DE AGUA
	TUBERIA DE AGUA CALIENTE
	TUBERIA DE AGUA FRIA
	CODO DE 90°
	CODO DE 45°
	CODO DE 90° SUBE/BAJA
	TEE
	TEE RECTA
	UNION UNIVERSAL
	VALVULA COMPUERTA ENTRE DOS VALV. UNIV.
	LLAVE DE RIEGO



DETALLE DE THERMA ENTERRADA

ALEX HELI AYON SARMIENTO
INGENIERO SANITARIO
Reg. CIP N° 53461

Propietario:			
Proyecto:	VIVIENDA UNIFAMILIAR	Lámina	
Plano:	INSTALACIONES SANITARIAS(AGUA)	IS - 02	
Cadista:	armando_scl1@hotmail.com	Dirección:	
Esc.:	1/50	Departamento:	ICA
		Provincia:	ICA
		Fecha:	ABRIL 2011