

Capítulo 9

Proyectos de Refuerzo de Edificios Escolares



Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela

Informe Técnico
Responsable: Oscar A. López (IMME–FI-UCV)

Nota: En la versión impresa de este Capítulo 9, solamente se presenta el Resumen Ejecutivo y algunos planos del refuerzo estructural de cada uno de los 10 edificios escolares a los cuales se les desarrolló un proyecto de refuerzo sismorresistente. Los informes detallados y todos los planos se presentan en la versión digital de este informe.

9.1.-PROYECTO DE EVALUACIÓN Y ADECUACIÓN SISMORRESISTENTE DE LA UEN DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto consiste en el desarrollo de la ingeniería estructural básica y de detalle correspondiente al refuerzo de la U.E.N. Domingo Faustino Sarmiento, ubicada en Maripérez, Municipio Libertador en el Distrito Capital. Esta escuela es del tipo Cajetón.

El refuerzo consiste en una estructura de concreto armado que se anexará a la estructura ya existente de la escuela para mejorar el comportamiento sismorresistente de la misma y evitar así un colapso durante un evento sísmico de grandes magnitudes.

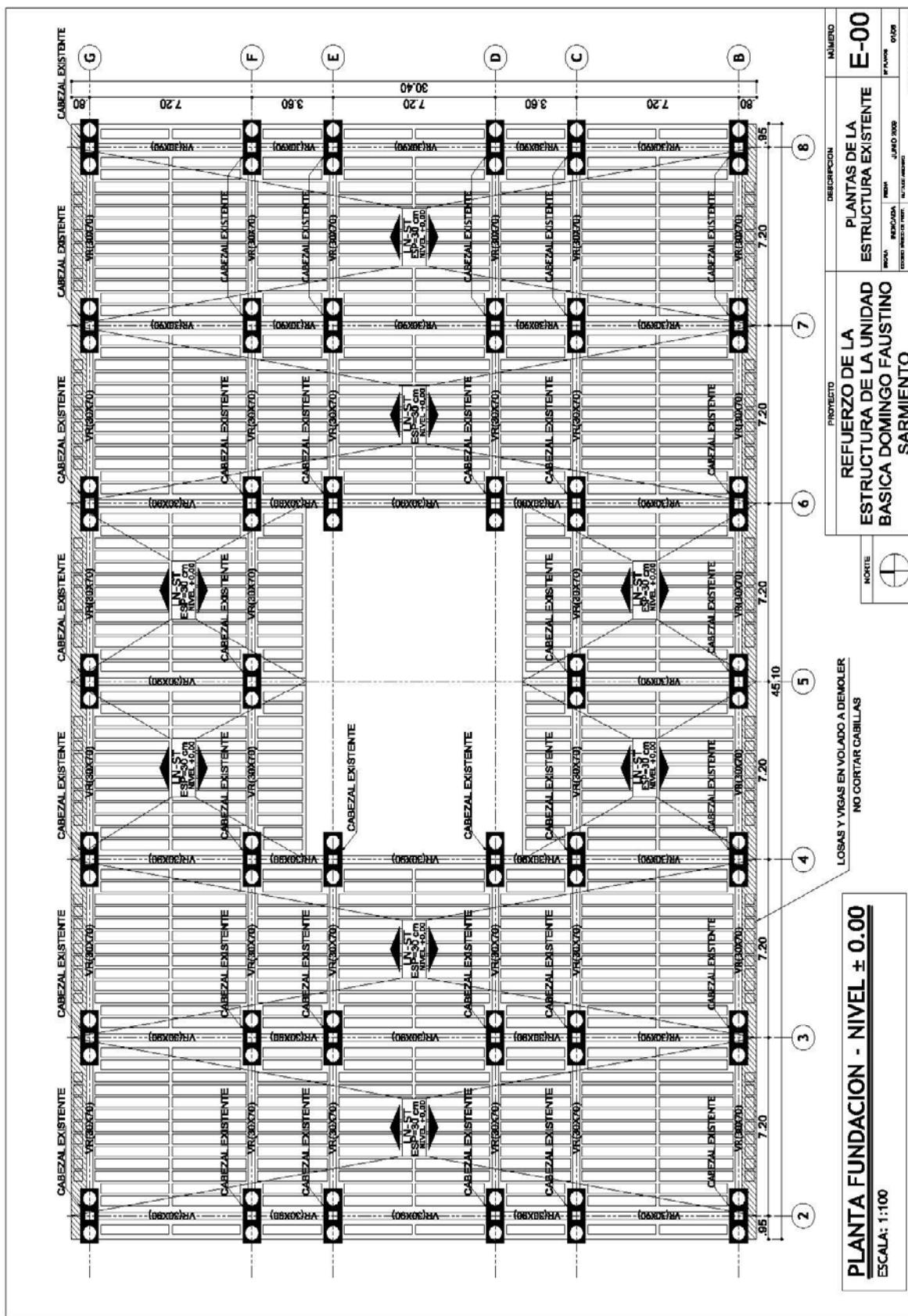
El análisis estructural se ejecuta de acuerdo a los datos recolectados en campo y de acuerdo al uso, cargas y arquitectura de la edificación, según la zonificación sísmica del lugar (Zona 5). Se utilizó un espectro normativo adecuado al estudio de suelo realizado.

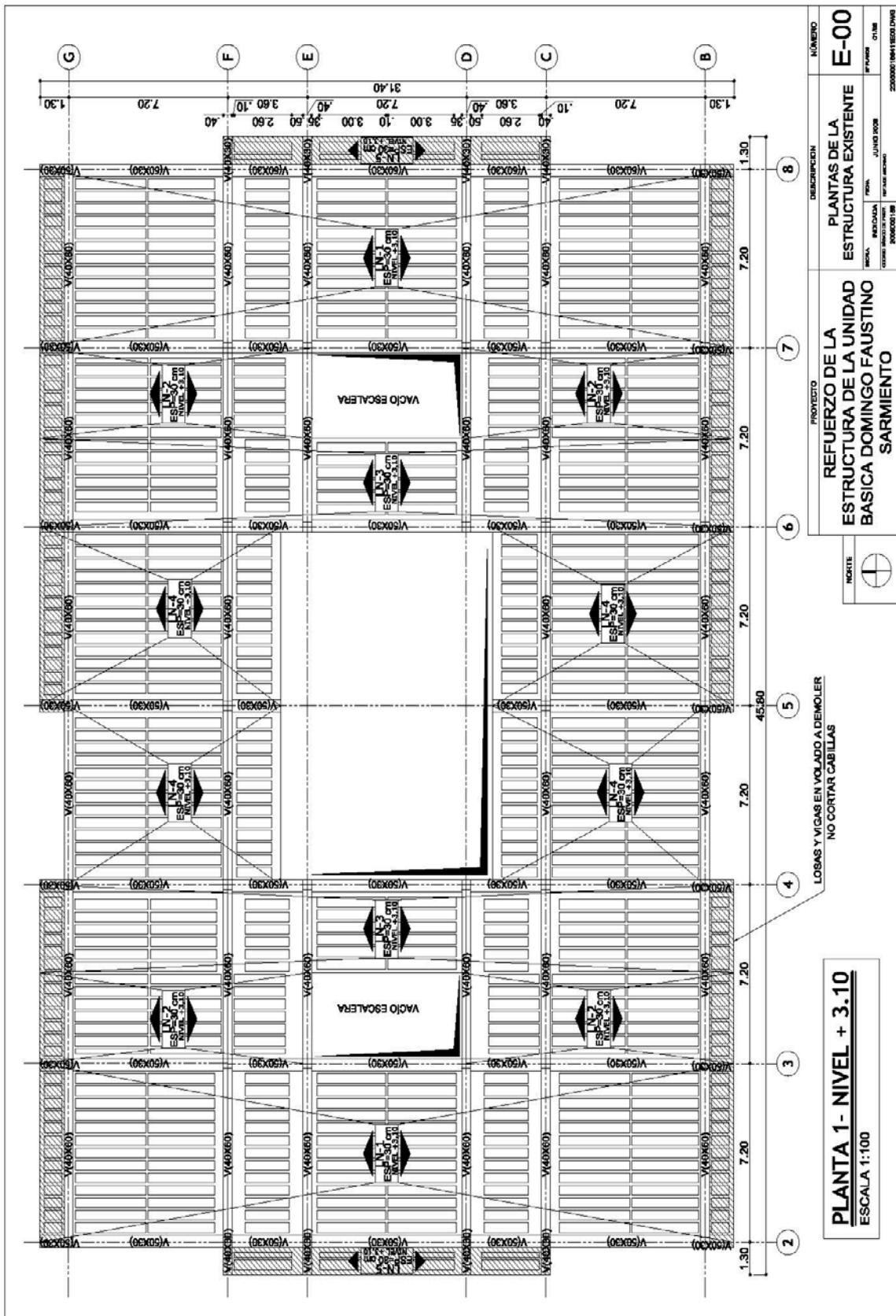
El análisis y diseño de la estructura se realizó a través de los programas SAP2000 y ETABS, para el análisis y diseño de pórticos planos ortogonales sometidos a cargas verticales (de gravedad) y horizontales (sísmicas). Para el detallado de vigas se utilizó el software HRT-CBDS. Para el diseño de los cabezales se utilizó el software IP3.

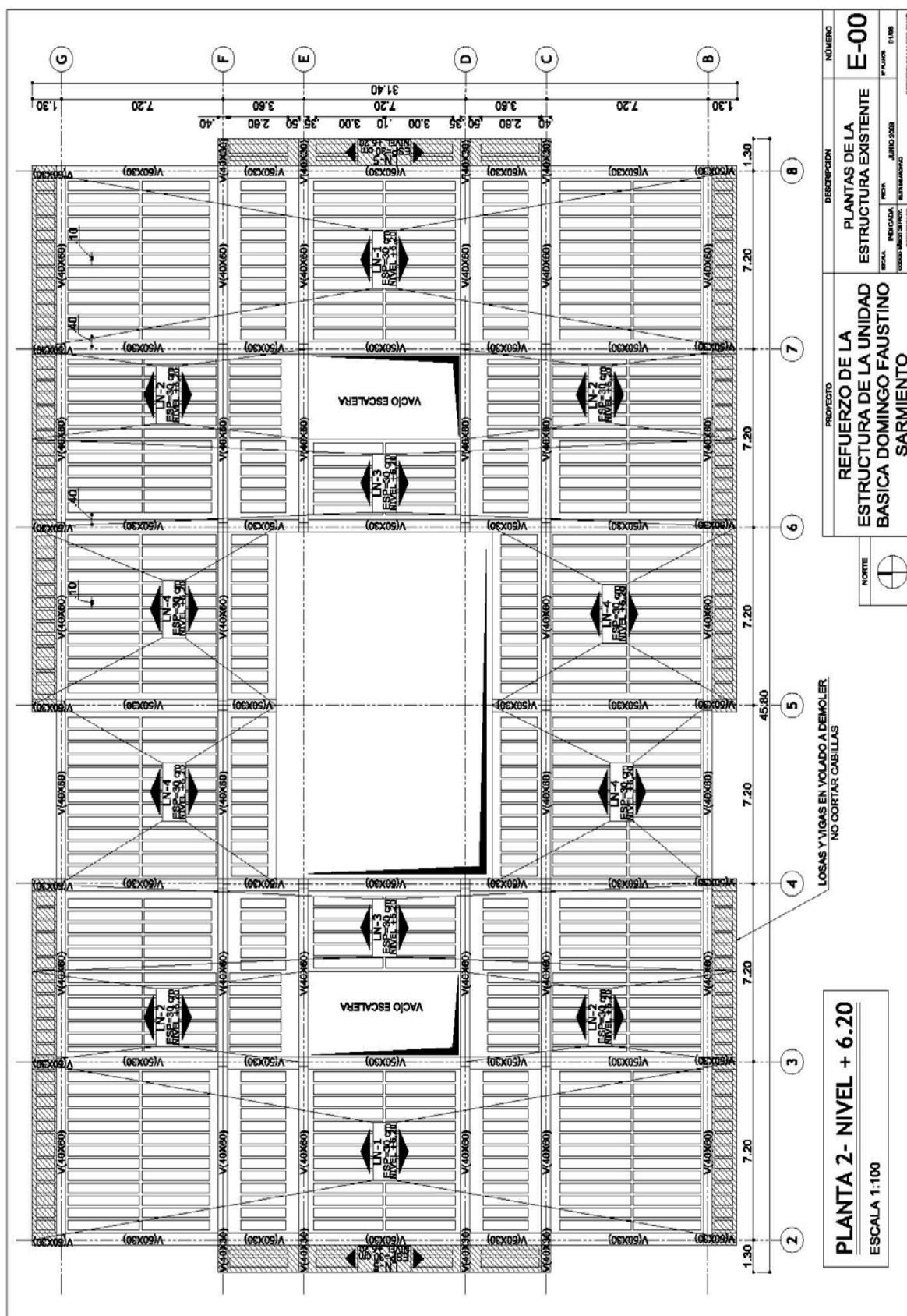
Para el cálculo estructural se idealizó cada pórtico como un modelo matemático lineal, la solución del mismo está basada en el método de los desplazamientos en su formulación matricial tomando en cuenta las deformaciones por flexión y fuerza axial en columnas y deformaciones por flexión en vigas. Se considera la rigidez infinita en los extremos de vigas. El diseño de las vigas y columnas se basó en la teoría de los estados límites (Teoría de Rotura) siguiendo las Normas Covenin-Mindur 1753-87, la repartición sísmica se efectuó por el método de las rigideces en su formulación matricial, suponiendo las placas como diafragmas rígidos siguiendo las Normas Covenin-Mindur (Provisional) 1756-2001.

Los resultados obtenidos fueron revisados y analizados, luego se procedió a la realización de los detalles y la elaboración de los planos de estructura donde se detallan las plantas estructurales, dimensiones de los elementos, conexiones, armados, notas etc.

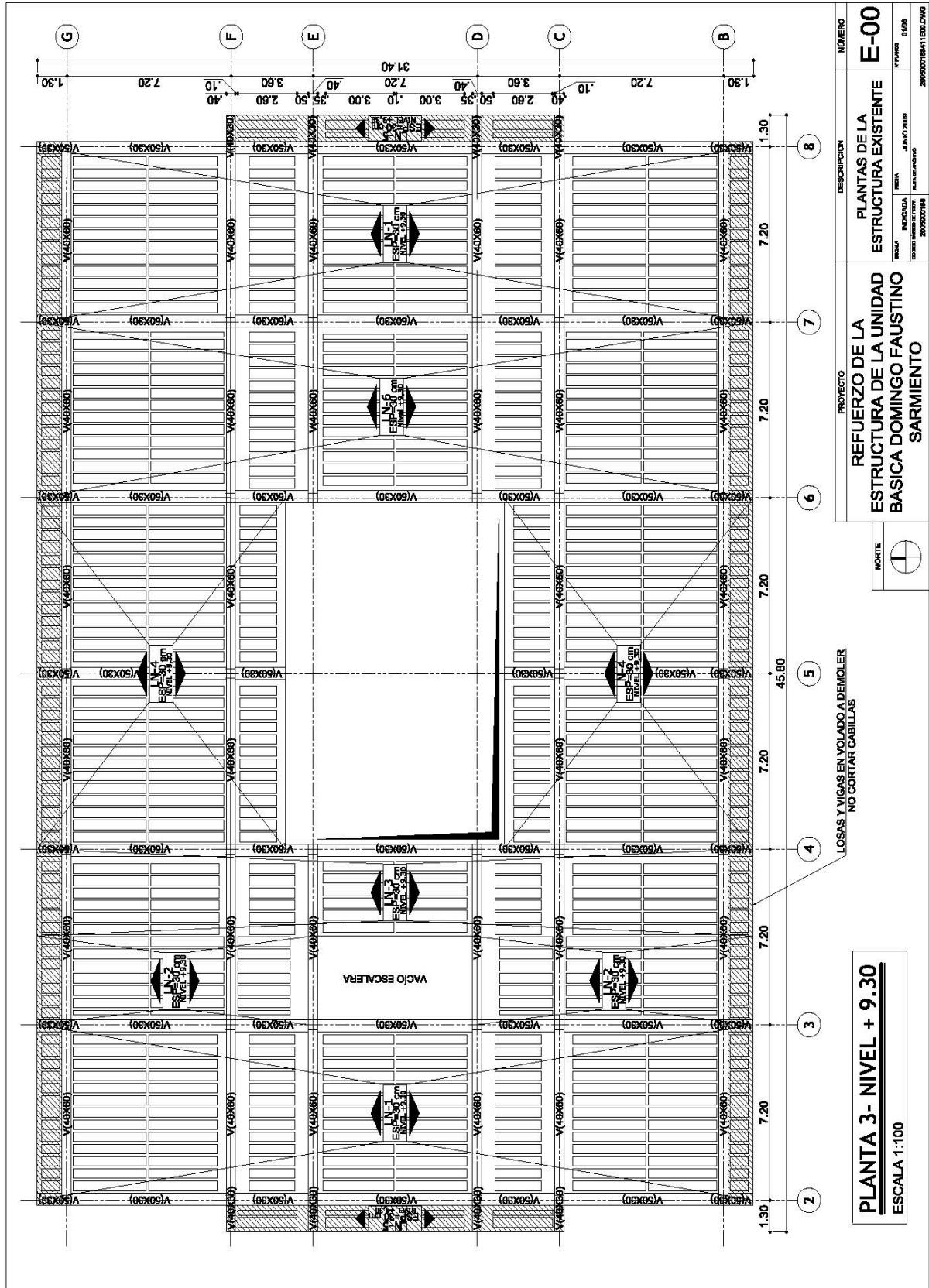
Ing. Esteban Tenreiro
Ingeniero Civil
C.I.V. 65.199



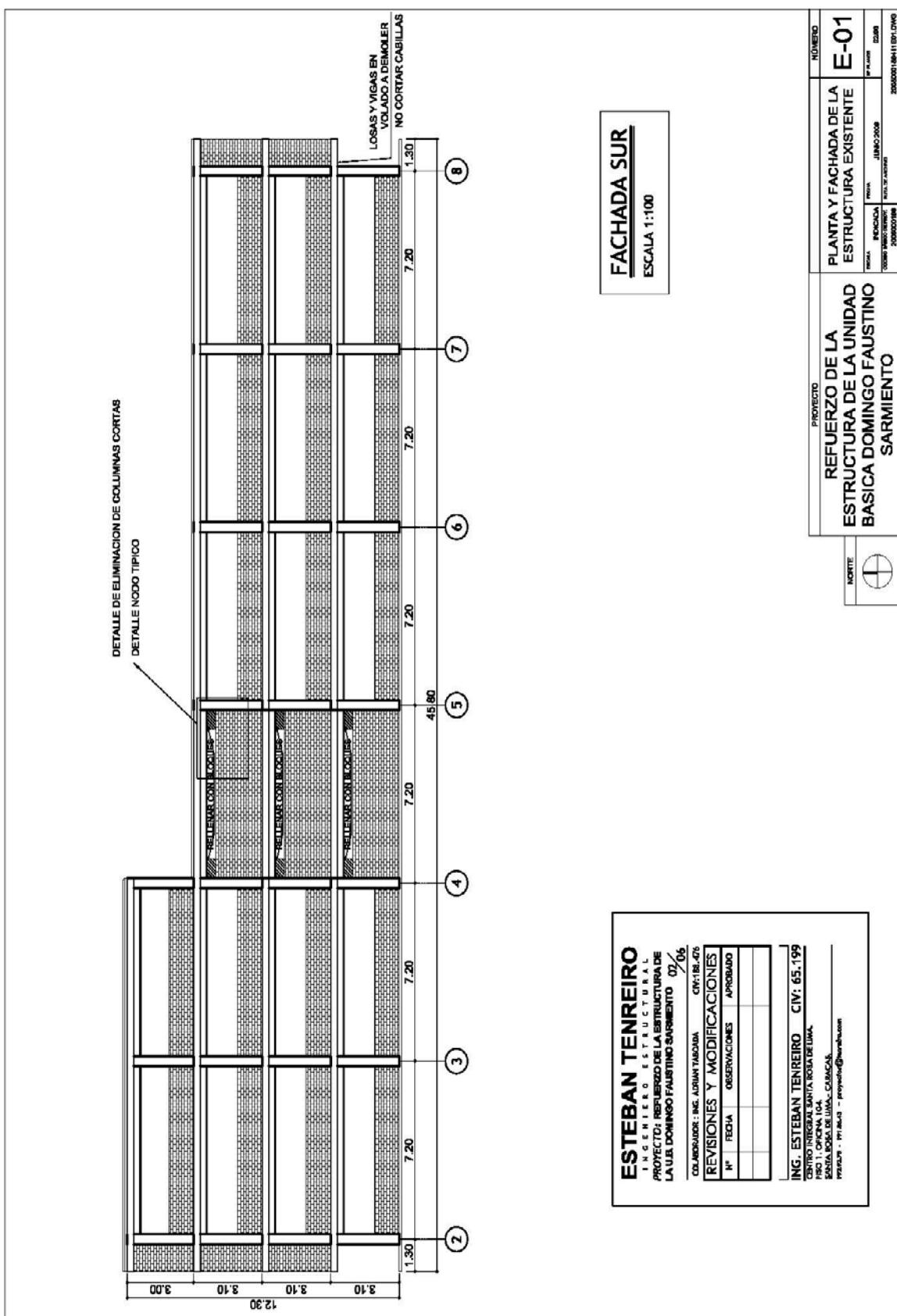


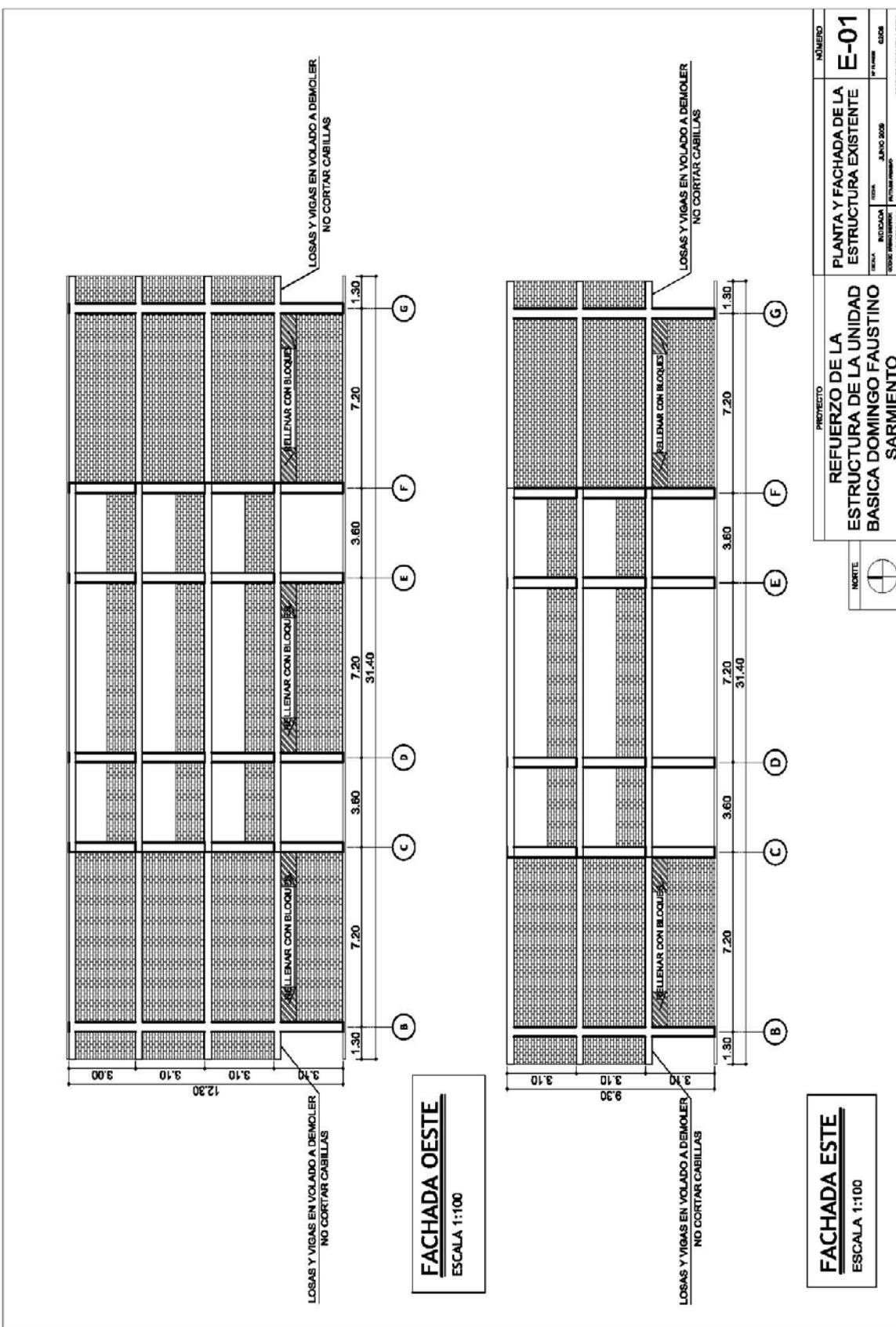


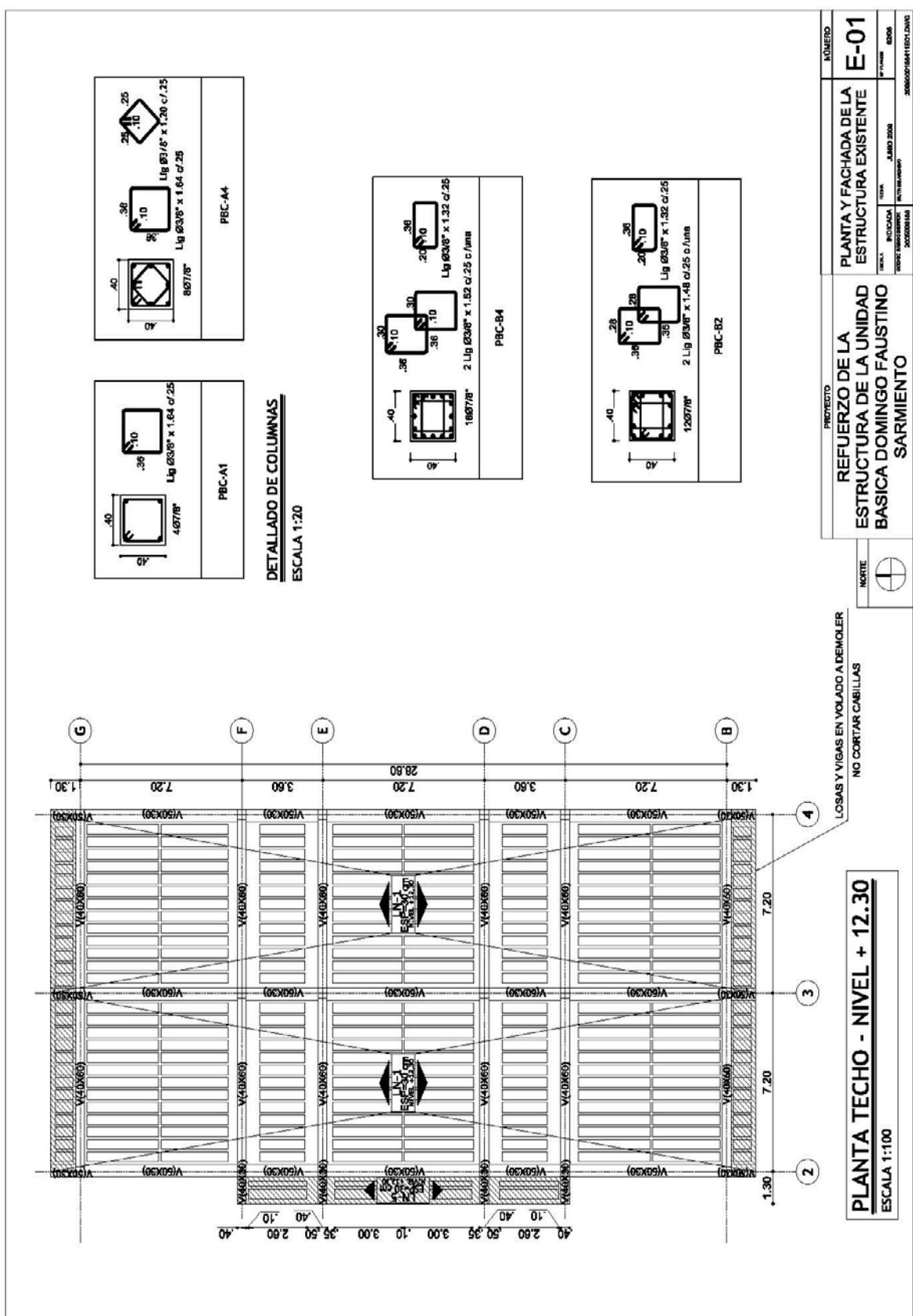
PLANTA 2- NIVEL + 6.20
ESCALA 1:100

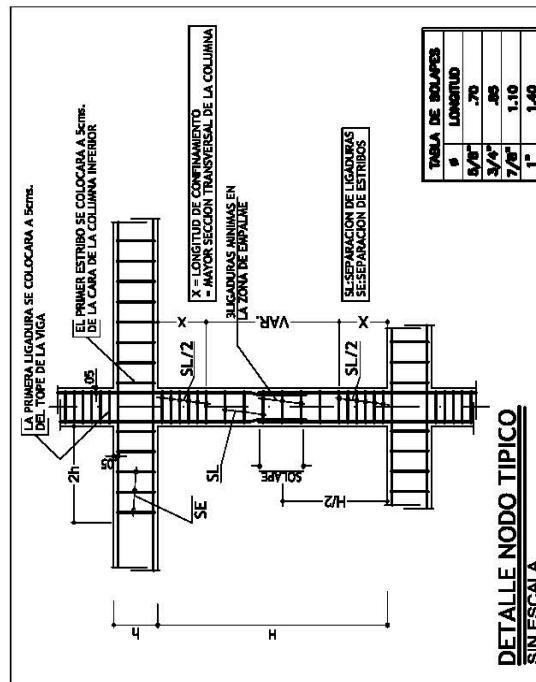


| NOTAS GENERALES | | NOTAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|----------------------|---------------|--|------------------------------------|-------------|--------|-------|--|----------|-----------|------|---|--|---------------------------|----------------------|----------|-----------------------------|-------------------|-------------------------------|--------|-------|----------|---------|------------|--------|--------------|-----------------------------|
| PROTOCOLO DE CONSTRUCCIÓN SUGERIDO: <ol style="list-style-type: none"> REUBICACION DE TANQUILLAS DE AGUAS Y ELECTRICAS EXISTENTES EN EL PERIMETRO DE CONSTRUCCION. DEMOLICION Y REUBICACION DEL COMEDOR EXISTENTE (COCINA), ANEXO A LA EDIFICACION. DEMOLICION DE PARASOLES DE TRINCOTE EXISTENTES EN EL PERIMETRO DE CADA NIVEL. DEMOLICION DE LOSA NERVADA PERIMETRAL (EN VOLADO) Y VIGAS EN VOLADO, EN TODOS LOS NIVELES SIN CORTAR EL ACERO DE REFUERZO. REPLANTEO Y CONSTRUCCION DE MICROPILOTES DE L=12.00m ARMADOS CON IPN 120. EXCAVACION Y DESCABEZAMIENTO DE LOS MICROPILOTES. CONSTRUCCION DE CABEZALES Y VIGAS DE RIOSTRA. CONSTRUCCION POR NIVEL DE MUROS DE REFUERZO JUNTO CON VIGA DE REFUERZO PERIMETRAL, EN LAS ZONAS DONDE NO HAY ACERO DE LA LOSA ORIGINAL, SE CONSTRUIRA CON PLANCHAS DE CONEXION Y PERNOS DE ANCLAJE SEGUN DETALLE. RECONSTRUCCION DE PARASOLES DE TRINCOTES SIMILARES A LOS DEMOLIDOS ANTERIORMENTE. | | NOTAS: <ul style="list-style-type: none"> ESTOS PLANOS SE LEERAN EN CONJUNTO CON LOS PLANOS DE ARQUITECTURA E INSTALACIONES. EL INGENIERO RESIDENTE VERIFICARA EN OBRA QUE EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES ARMADOS SEGUN UN CORTE TRANSVERSAL SE CUMPLAN LAS LONGITUDES DE SOLAPE Y ANCLAJE NORMATIVO PARA LOS DIFERENTES DIAMETROS DE ACERO UTILIZADO. CUALQUIER CAMBIO O DISCREPANCIA SERA PREVIAMENTE CONSULTADO CON LOS PROYECTISTAS. EL INGENIERO RESIDENTE VERIFICARA EN OBRA QUE SE CUMPLAN TODAS LAS EXIGENCIAS DEL ESTUDIO DE SUELO EN CUANTO A LOS DRENajes DE AGUAS DE LLUVIA Y LAS RECOMENDACIONES EN EL SISTEMA DE AGUAS BLANCAS Y NEGRAS. EL INGENIERO RESIDENTE VERIFICARA EN OBRA QUE EN LA COTA DE ASIENTO DE LAS FUNDACIONES LA RESISTENCIA DEL SUELLO SEA MAYOR O IGUAL A LOS ESPECIFICADO EN EL ESTUDIO DE SUELOS. LOS MACIZADOS SE EJECUTARAN SEGUN LO INDICADO EN LOS CORTES TRANSVERSALES DE LAS LOSAS. EL MACIZADO SE PUEDE SUSTITUIR COLOCANDO GANCHO DE CABILLA Ø12x15CM EN CADA NERVO A LO LARGO DE LAS ZONAS INDICADAS CON MACIZADOS. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ESTEban TENREIRO <small>H. N. G. E. H. I. E. B. E. S T R U C T U R A L</small> <small>PROYECTO REFUERZO DE LA EDIFICACION DE LA U.E DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO 01/06</small> <small>COLABORADOR: ING. ADRIAN TABADA CIV:188-476</small> REVISIones Y MODIFICACIONEs <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>FECHA</th> <th>OBSERVACIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <small>ING. ESTEBAN TENREIRO CIV: 65.199</small> <small>CENTRO INTEGRAL SANTO NERVO DE LIMA.</small> <small>PERU OFICINA: CALLE 100, 100-A, SANTA ACACIA DE LIMA - CARACAS.</small> <small>TEL: 0222-274 - 991-8443 • estebanteneiro@outlook.com</small> | | Nº | FECHA | OBSERVACIONES | | | APROBADO | | | | | | | MATERIALES <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RESISTENCIA DE MATERIALES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CONCRETO</td> <td>$f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$</td> </tr> <tr> <td>ACERO DE REFUERZO</td> <td>$f_y = 420.0 \text{ Kg/cm}^2$</td> </tr> <tr> <td>PERNOS</td> <td>A-325</td> </tr> <tr> <td>PLANCHAS</td> <td>ASTM-36</td> </tr> <tr> <td>ELECTRODOS</td> <td>E 7018</td> </tr> <tr> <td>PERFILES IPN</td> <td>$f_y = 230 \text{ Kg/cm}^2$</td> </tr> </tbody> </table> DETALLE DE EJECUCION DE SOLDADURAS <small>LA SOLDADURA A TOPE SE REALIZARA PREVIA PARAFACION DE LAS ARISTAS A 45° SEGUN LOS ESQUEMAS ADJUNTOS. LA SOLDADURA DE FILETE SE EJECUTARA CON LOS ESPESORES DE GARGANTA (Ø) SEGUN LAS INDICACIONES DE LOS PLANOS DE TALLER.</small> | | RESISTENCIA DE MATERIALES | | CONCRETO | $f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ | ACERO DE REFUERZO | $f_y = 420.0 \text{ Kg/cm}^2$ | PERNOS | A-325 | PLANCHAS | ASTM-36 | ELECTRODOS | E 7018 | PERFILES IPN | $f_y = 230 \text{ Kg/cm}^2$ |
| Nº | FECHA | OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | APROBADO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESISTENCIA DE MATERIALES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONCRETO | $f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ACERO DE REFUERZO | $f_y = 420.0 \text{ Kg/cm}^2$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PERNOS | A-325 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLANCHAS | ASTM-36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ELECTRODOS | E 7018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PERFILES IPN | $f_y = 230 \text{ Kg/cm}^2$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>PROYECTO</th> <th>REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD BASICA DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO</th> <th>PLANTAS DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>NUMERO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NORTE</td> <td></td> <td>JMA-2008</td> <td>IPNA-2008</td> <td>E-00</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>2008000188-1800.0008</td> <td>2008000188-1800.0008</td> <td>0108</td> </tr> </tbody> </table> | | PROYECTO | REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD BASICA DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO | PLANTAS DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE | DESCRIPCION | NUMERO | NORTE | | JMA-2008 | IPNA-2008 | E-00 | | | 2008000188-1800.0008 | 2008000188-1800.0008 | 0108 | | | | | | | | | | | |
| PROYECTO | REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD BASICA DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO | PLANTAS DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE | DESCRIPCION | NUMERO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NORTE | | JMA-2008 | IPNA-2008 | E-00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2008000188-1800.0008 | 2008000188-1800.0008 | 0108 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



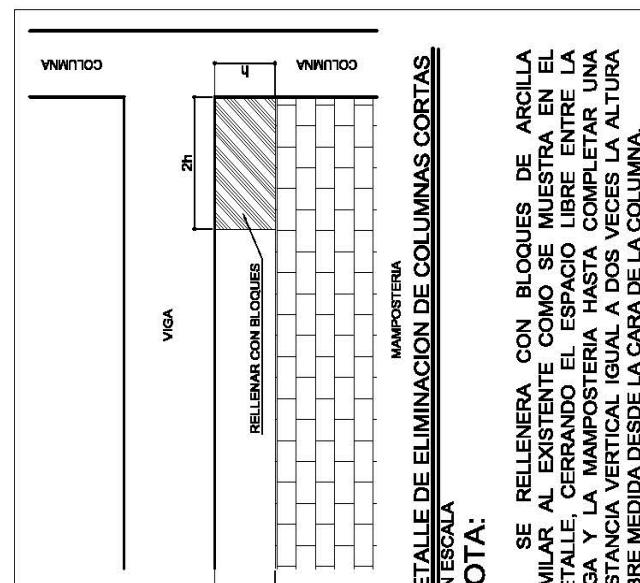




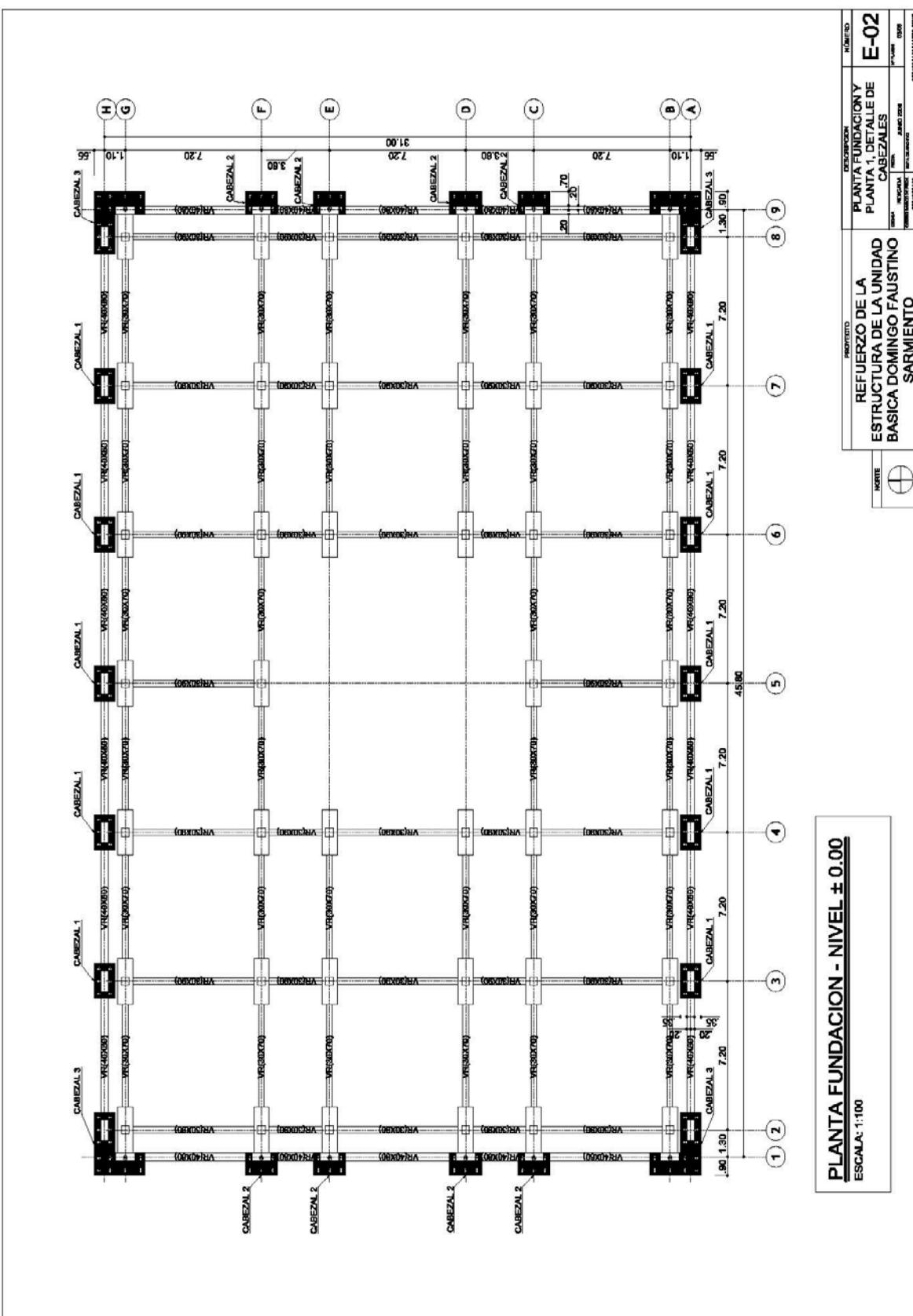


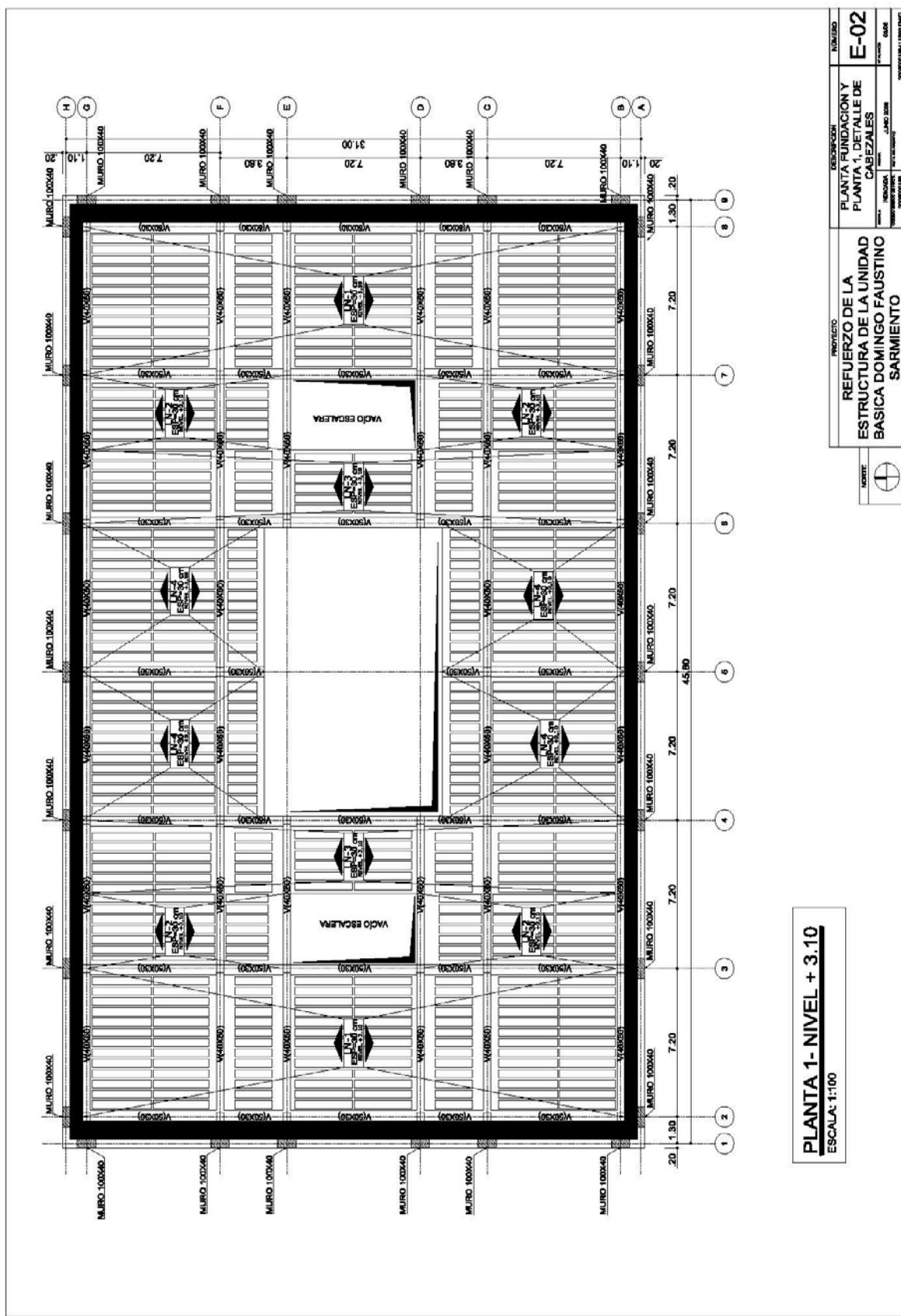
DETALLE NODO TÍPICO
SIN ESCALA

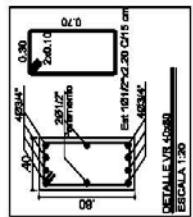
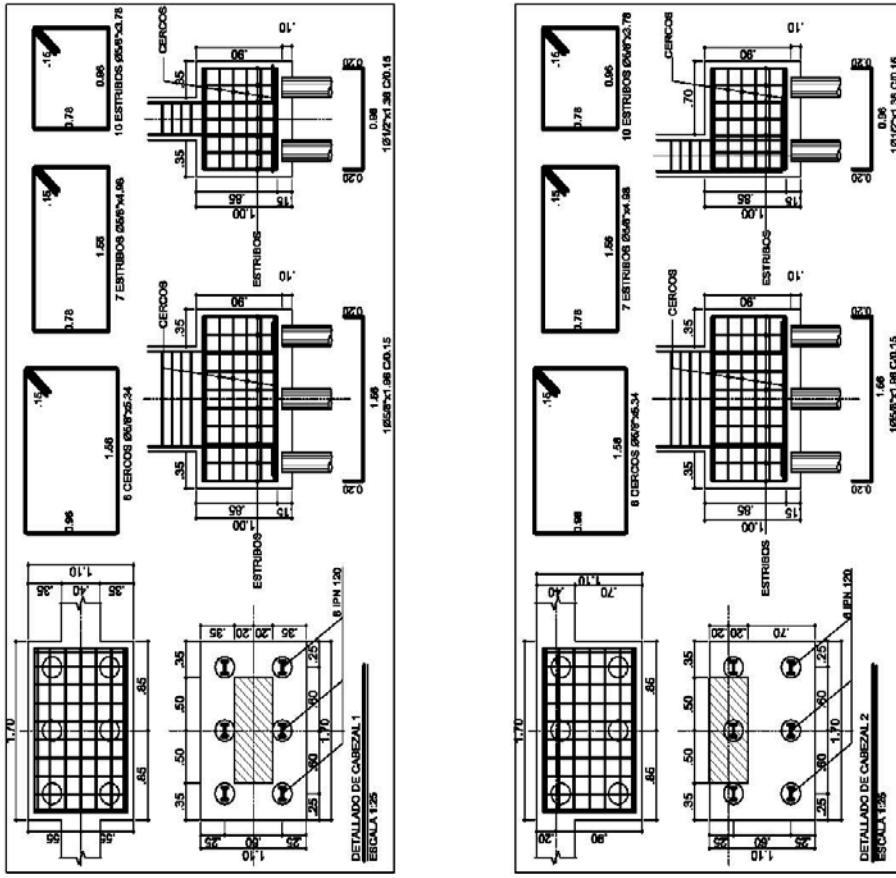
| | | | |
|--|---|------------|----------------|
| PROYECTO | REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD BÁSICA DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO | | NÚMERO E-01 |
| PLANTA Y FACHADA DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE | | | |
| | VERANO | INVIerno | VERANO |
| | INDIA POLA | INDIA POLA | INDIA POLA |
| | COPROV. DARIO VASCONCELOS | | JUNIO 2000 |
| | | | 0717-4408 |
| | | | 0220-56 |



NOTA: SE RELLENERÁ CON BLOQUES DE ARCILLA SIMILAR AL EXISTENTE COMO SE MUESTRA EN EL DETALLE, CERRANDO EL ESPACIO LIBRE ENTRE LA VIGA Y LA MAMPOSTERÍA HASTA COMPLETAR UNA DISTANCIA VERTICAL IGUAL A DOS VECES LA ALTURA LIBRE MEDIDA DESDE LA CARA DE LA COLUMNA.







ESTEBAN TENREIRO
PROYECTO: REFUERZO EN LA ESTRUCTURA DE
LA UNIDAD EDUCATIVO FAUSTINO SARMIENTO
CONCEPCION - IL. ARENA TAHUA
REVISIONES Y MODIFICACIONES

| Nº | FECHA | COMENTARIOS | APROBADO |
|----|-------|-------------|----------|
| | | | |
| | | | |

ING. ESTEBAN TENREIRO CIV: 65.199
TEL: 994.123.4567 CEL: 994.123.4567
AD: OFICINA 100, EDIFICIO 100, CALLE 100
CORRIENTE: PUEBLA, PUEBLA, PUEBLA, PUEBLA

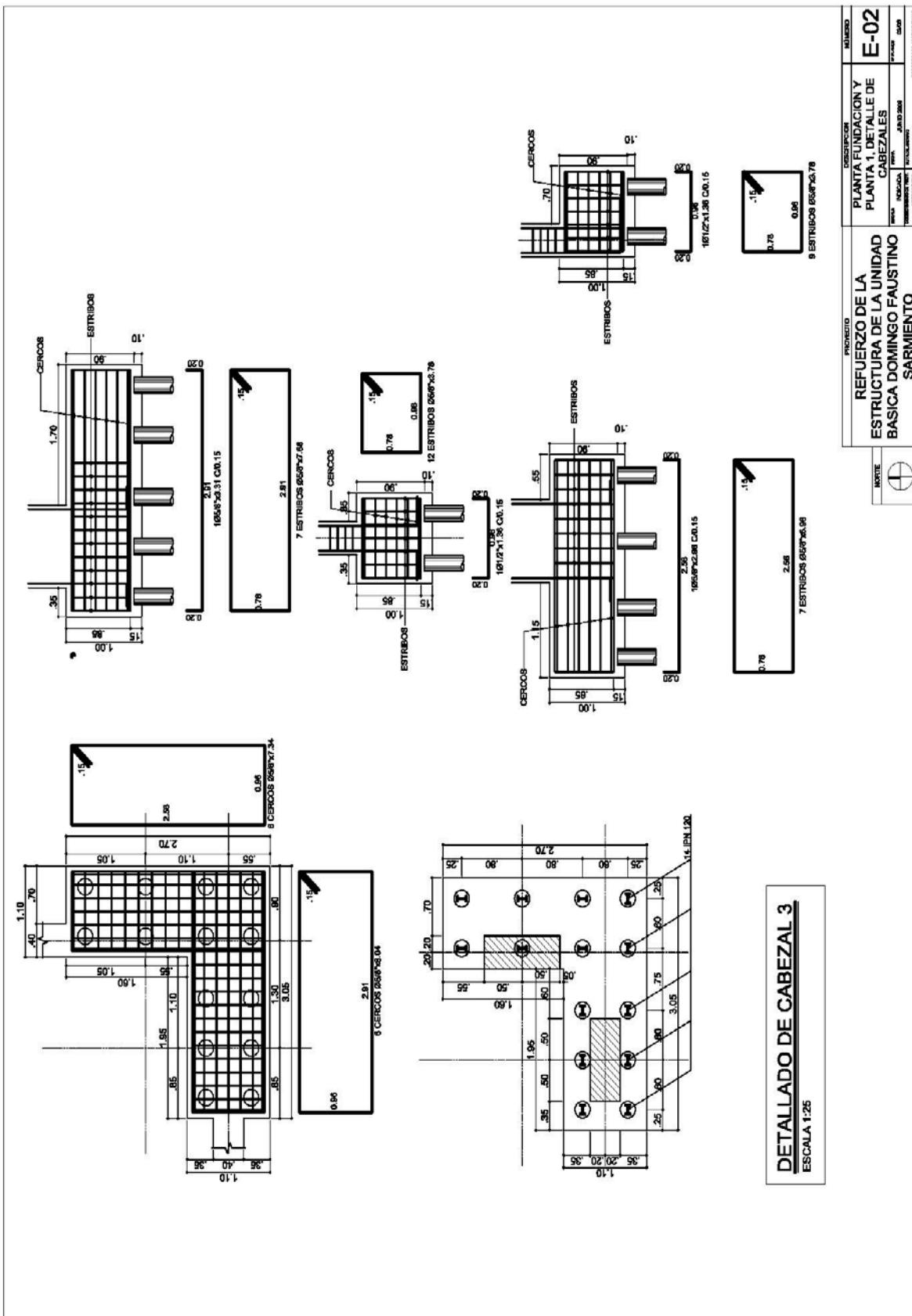
| PROYECTO | DETALLE DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD EDUCATIVO FAUSTINO SARMIENTO | PLANTA FUNDACION Y PLANTA 1. DETALLE DE CABEZALES | DESCRIPCION | NOMBRE |
|---|--|---|-------------|--------|
| REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD EDUCATIVO FAUSTINO SARMIENTO | | | E-02 | |

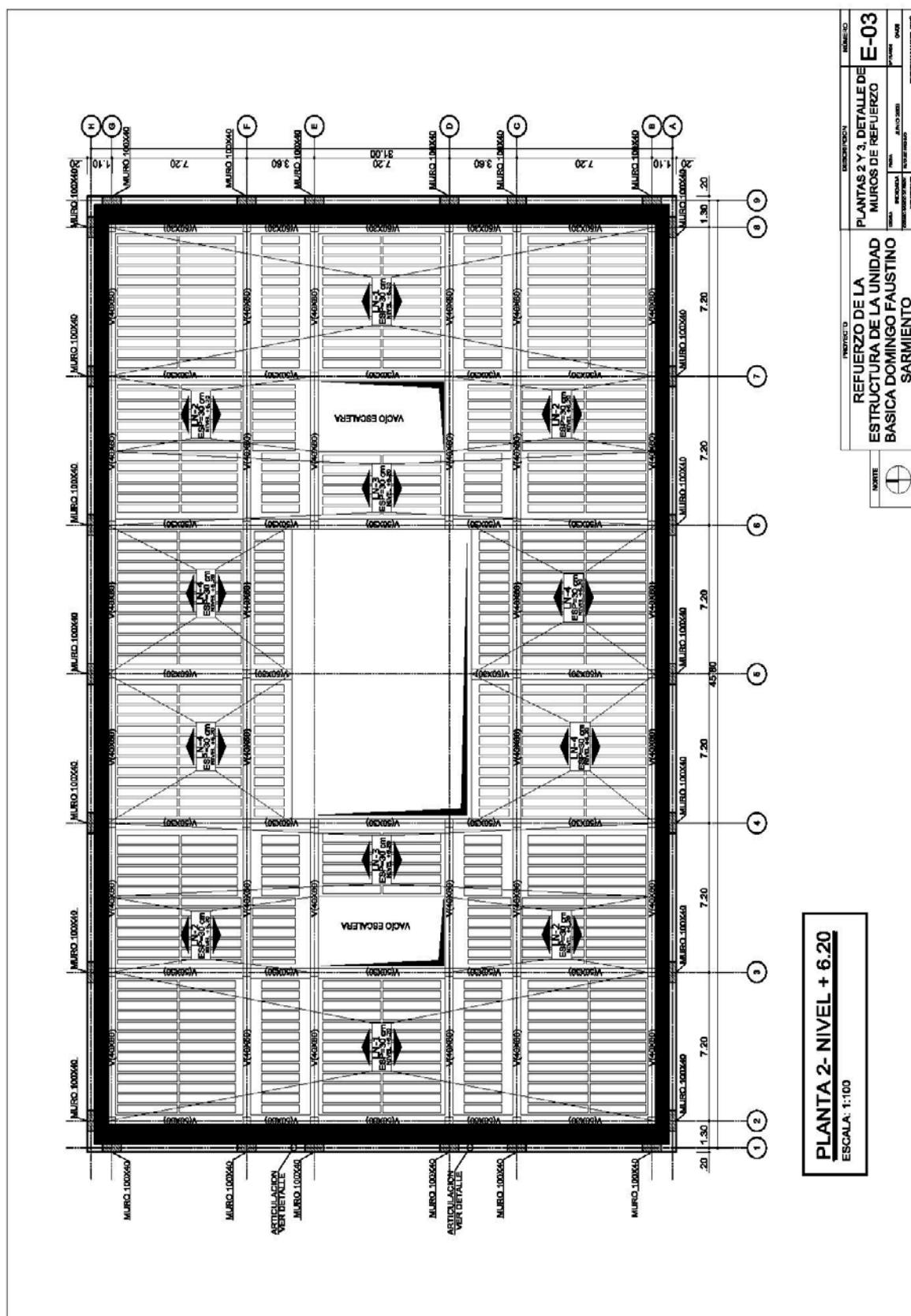
VERANO 2009

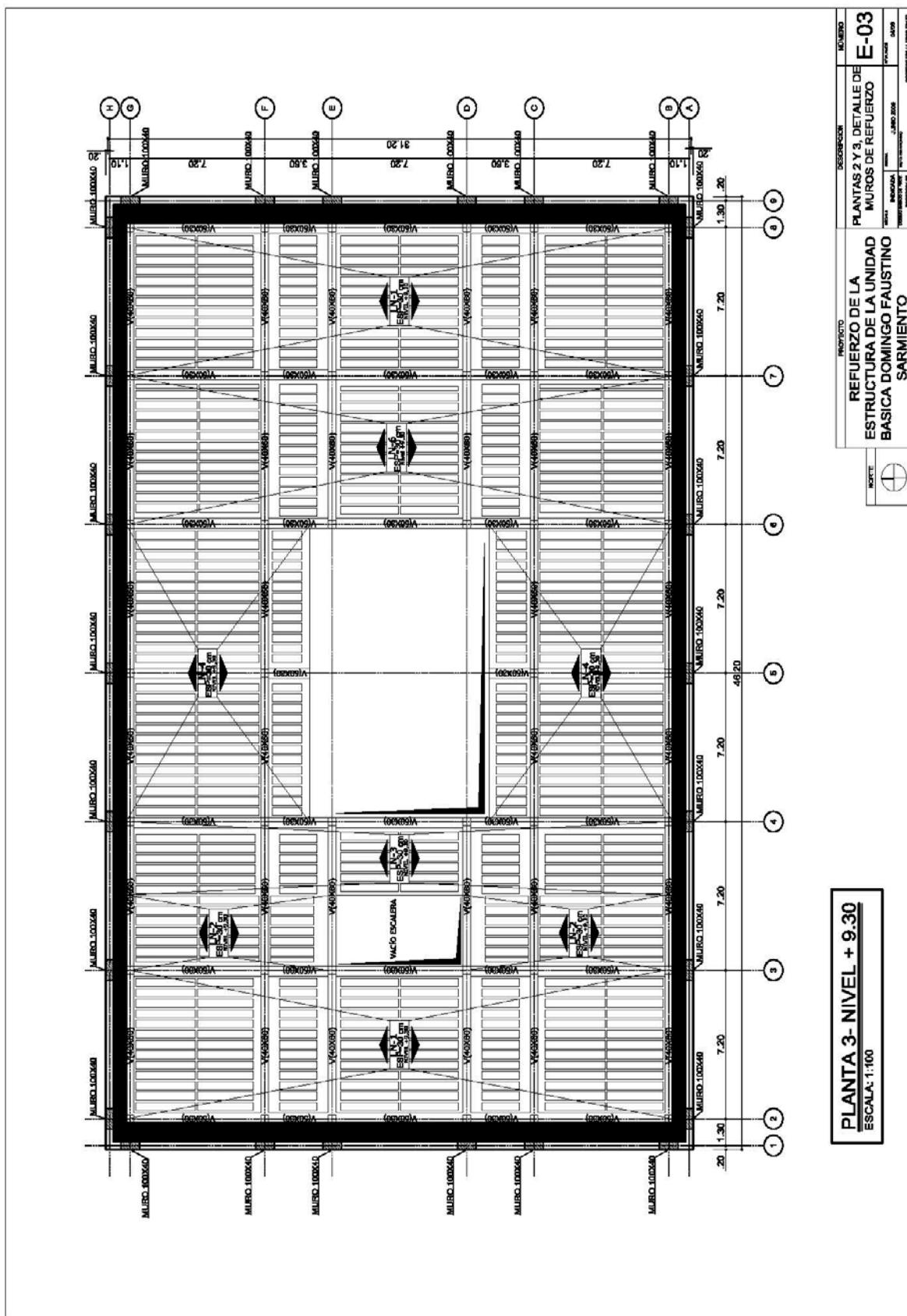
VERANO 2009

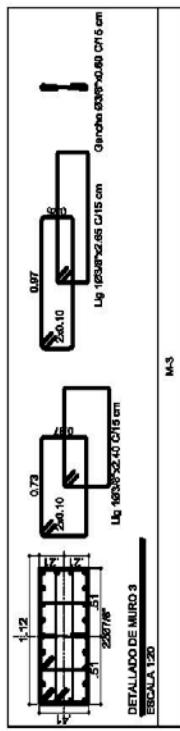
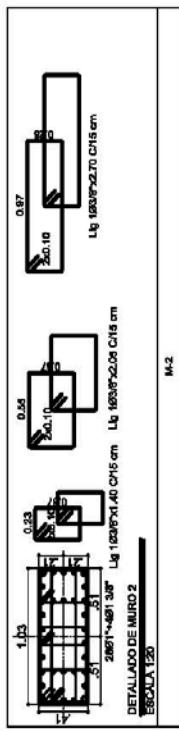
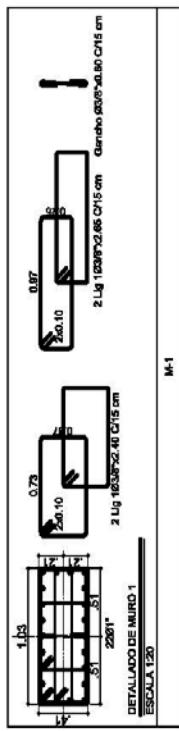
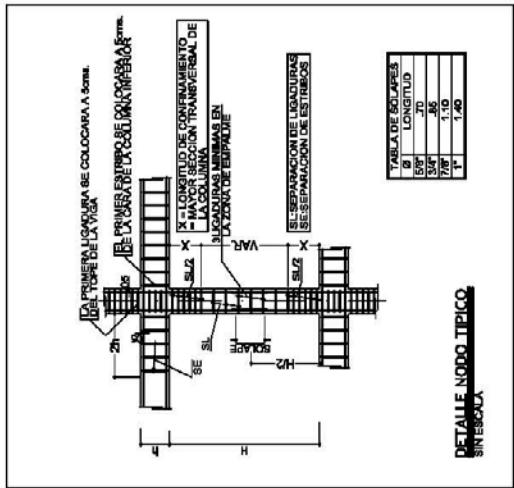
VERANO 2009

VERANO 2009

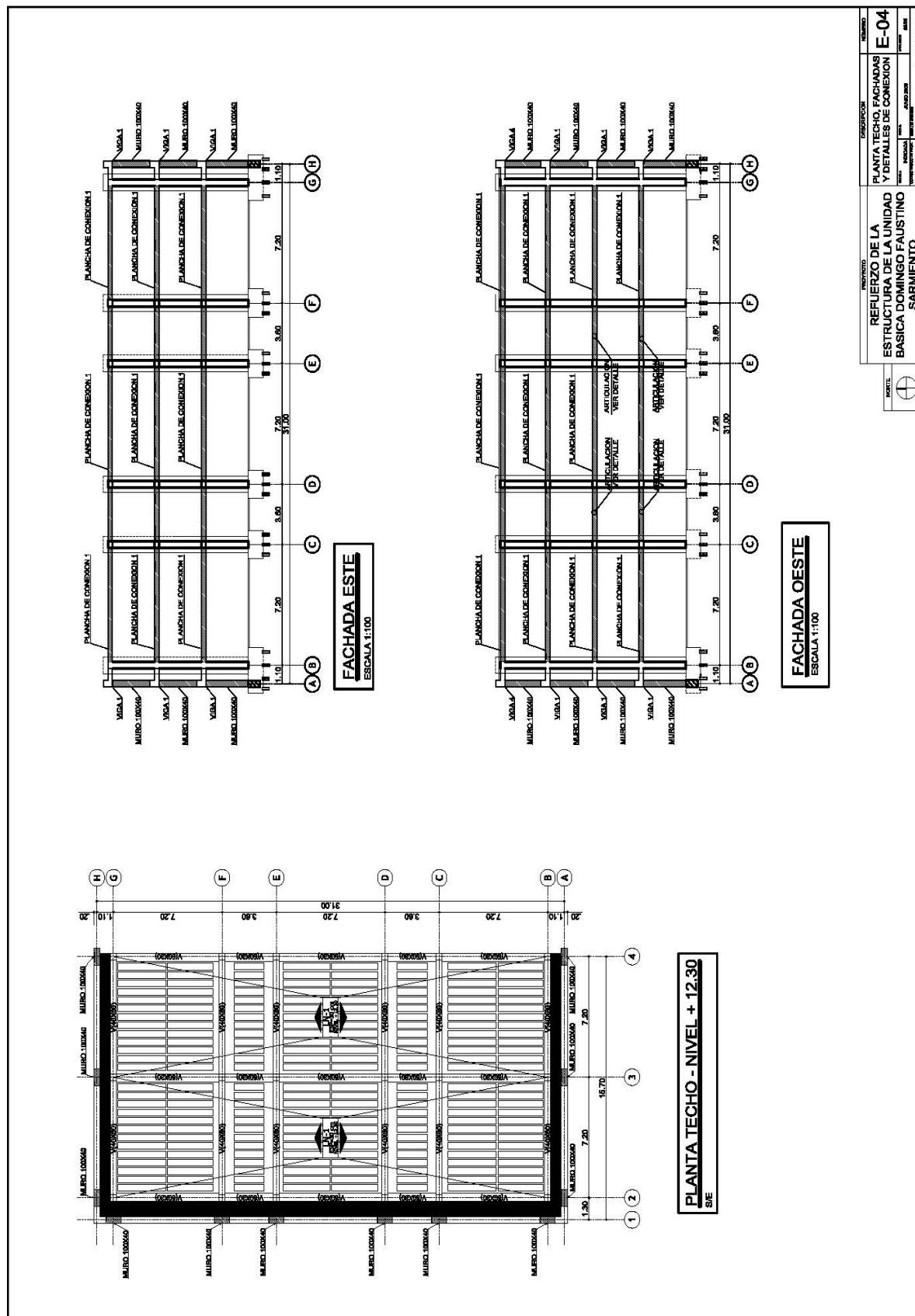


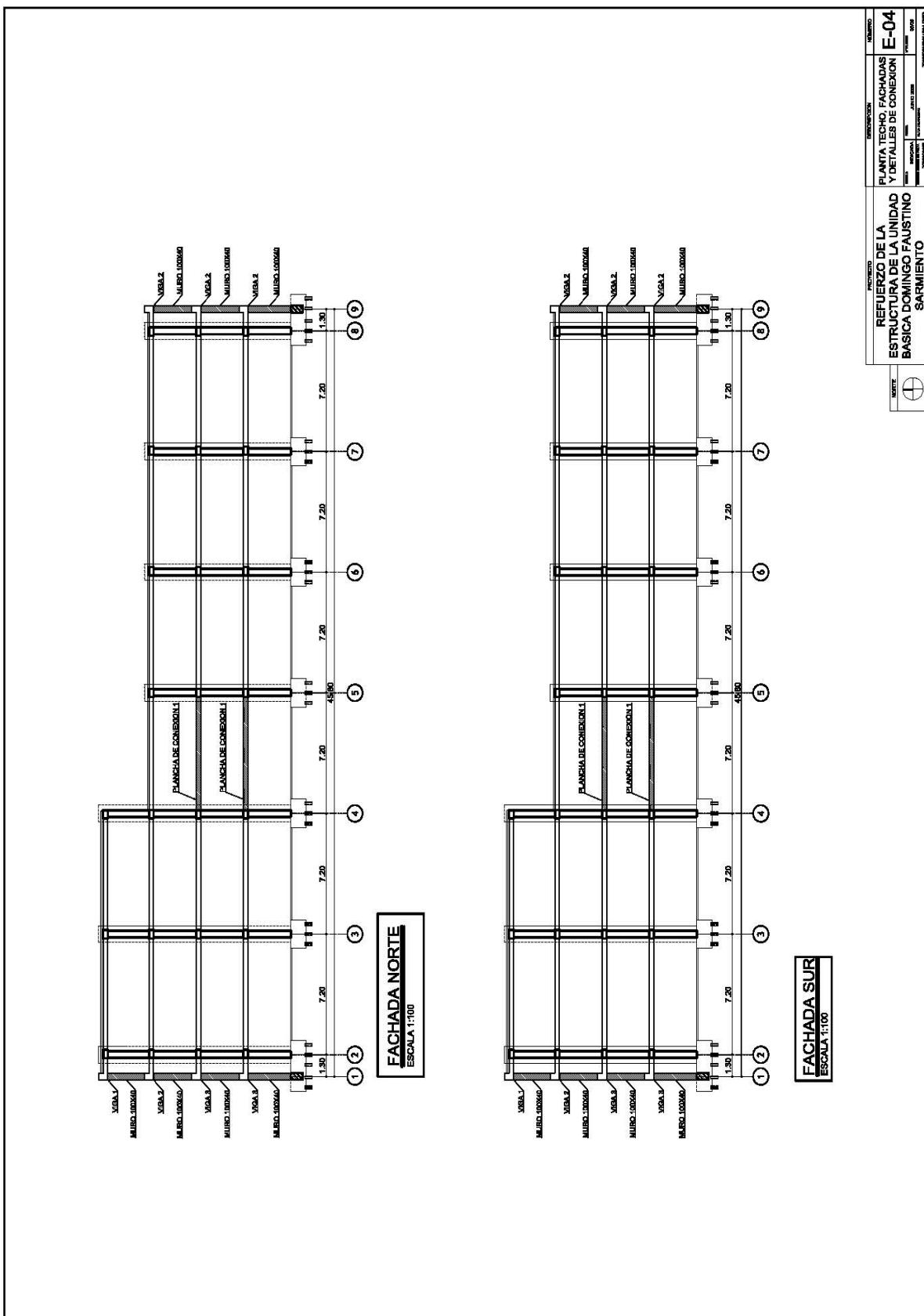






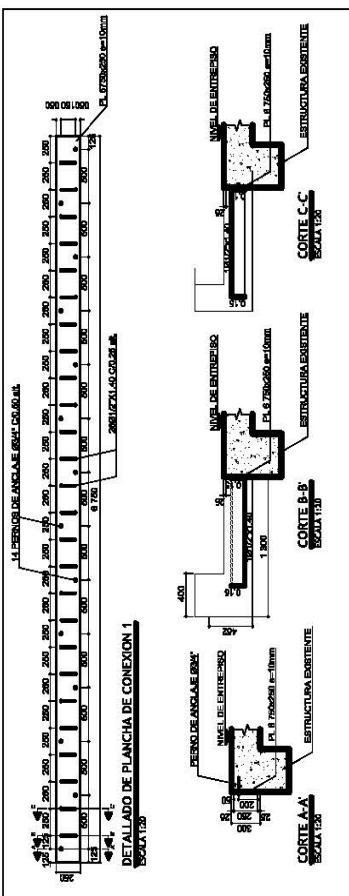
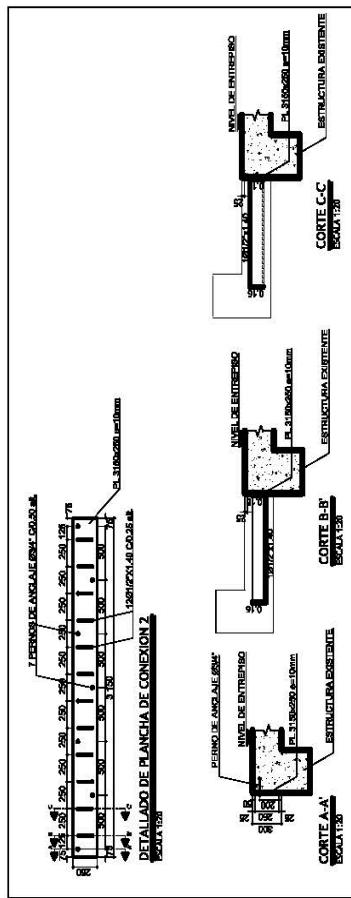
| DETALLE | DISPOSICIÓN | MATERIAL |
|---|---|-------------|
| REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD BÁSICA DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO | PLANTAS 2 Y 3, DETALLE DE MURIOS DE REFUERZO | E-03 |

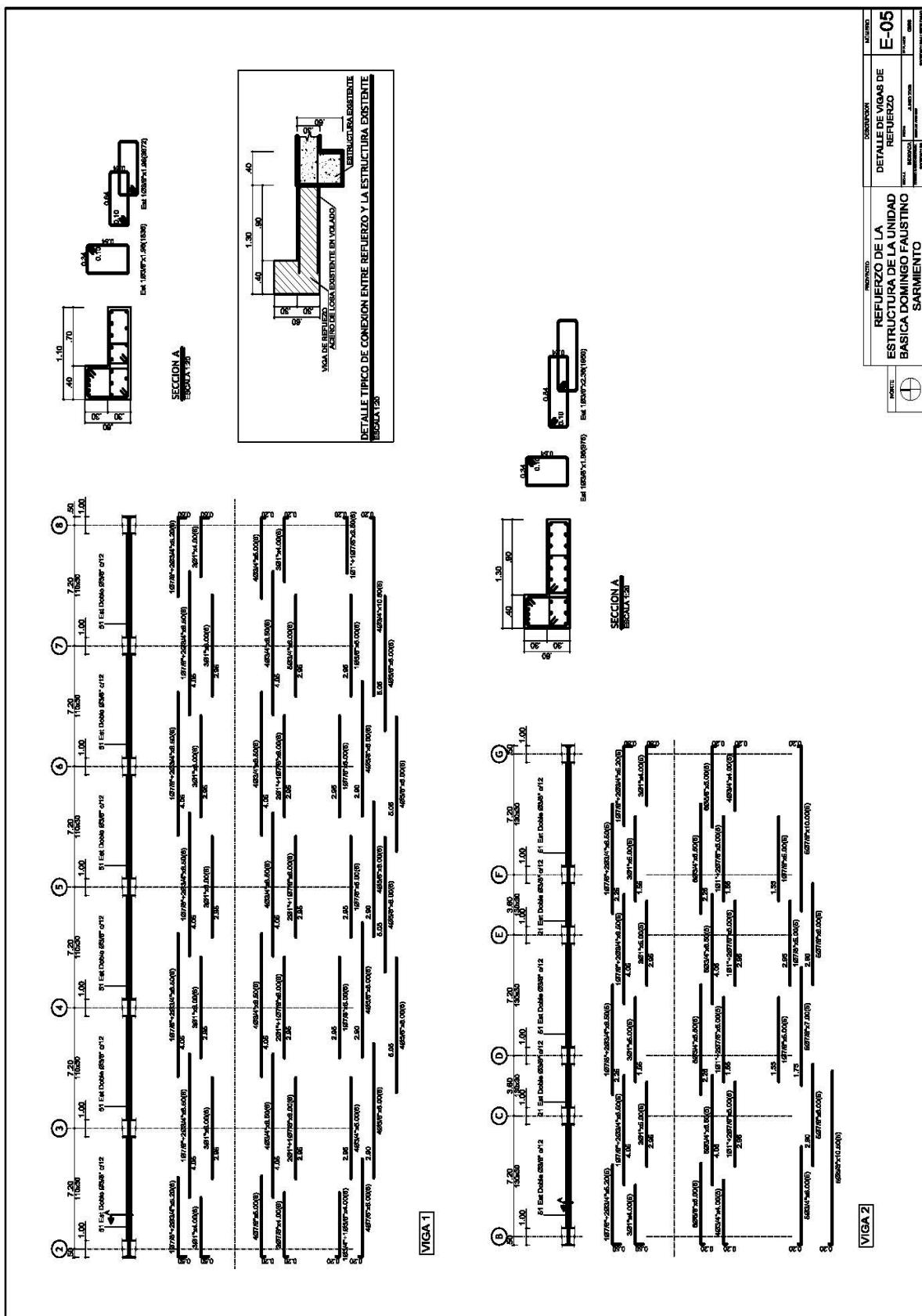


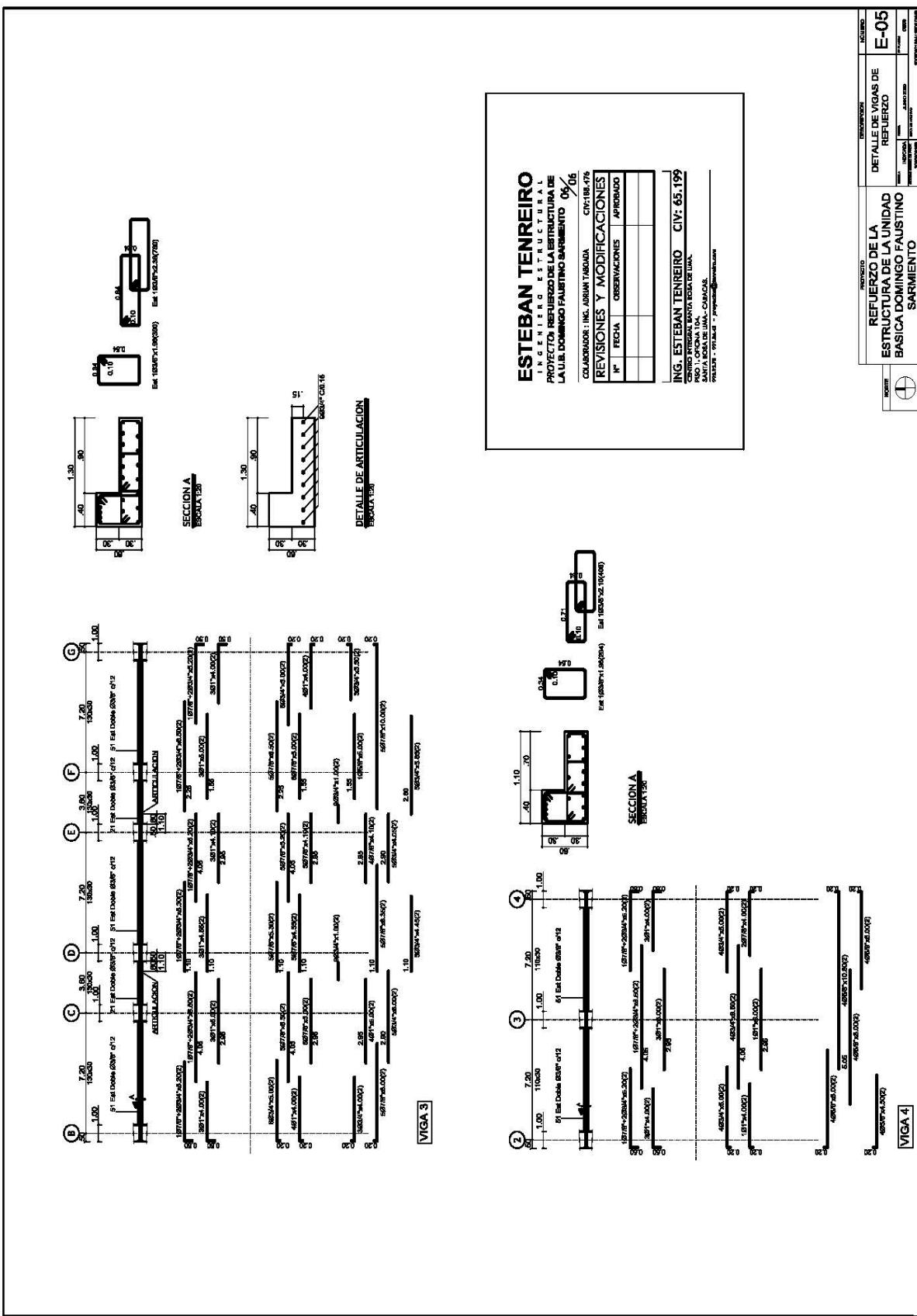


- SOLO SE COLOCARAN PLANCHAS DE CONEXION DONDE NO QUEDE ACERO DE REFUERZO EXISTENTE LUEGO DE HABER DEMOLIDO LA LOSA NERVADA, COMO SE MUESTRA EN LAS FACHADAS.

- LA PLANCHA SE UNIRÁ A LA ESTRUCTURA EXISTENTE A TRAVÉS DE PERNOS DE ANCLAJE MECÁNICO, COLLOCADOS A CADA 50 cm. EN LA PARTE SUPERIOR, LUEGO EN LA INFERIOR Y ASÍ SUCESSIONALMENTE. VER DETALLE.
 - YA INSTALADA LA PLANCHA SE SOLDARAN CABILLAS DE 1/2" DOBLADAS EN "U" CADA 25 cm. DE FORMA ALTERNADA, ES DECIR, UNA CON LOS DOBLECES HACIA ARRIBA Y LA SIGUIENTE CON LOS DOBLECES HACIA ABAJO.
 - EL ENCOFRADO PARA LA VIGA A VACIAR SOBRE LA CONEXIÓN, SE COLOCARA A 2.5 cm. DEL BORDE DE LA PLANCHA PARA GARANTIZAR UN RECORRIDO DE CONCRETO.







9.2.-PROYECTO DE EVALUACIÓN Y ADECUACIÓN ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE, U.E. MARÍA REINA DE LÓPEZ, CARÚPANO, ESTADO SUCRE

RESUMEN EJECUTIVO

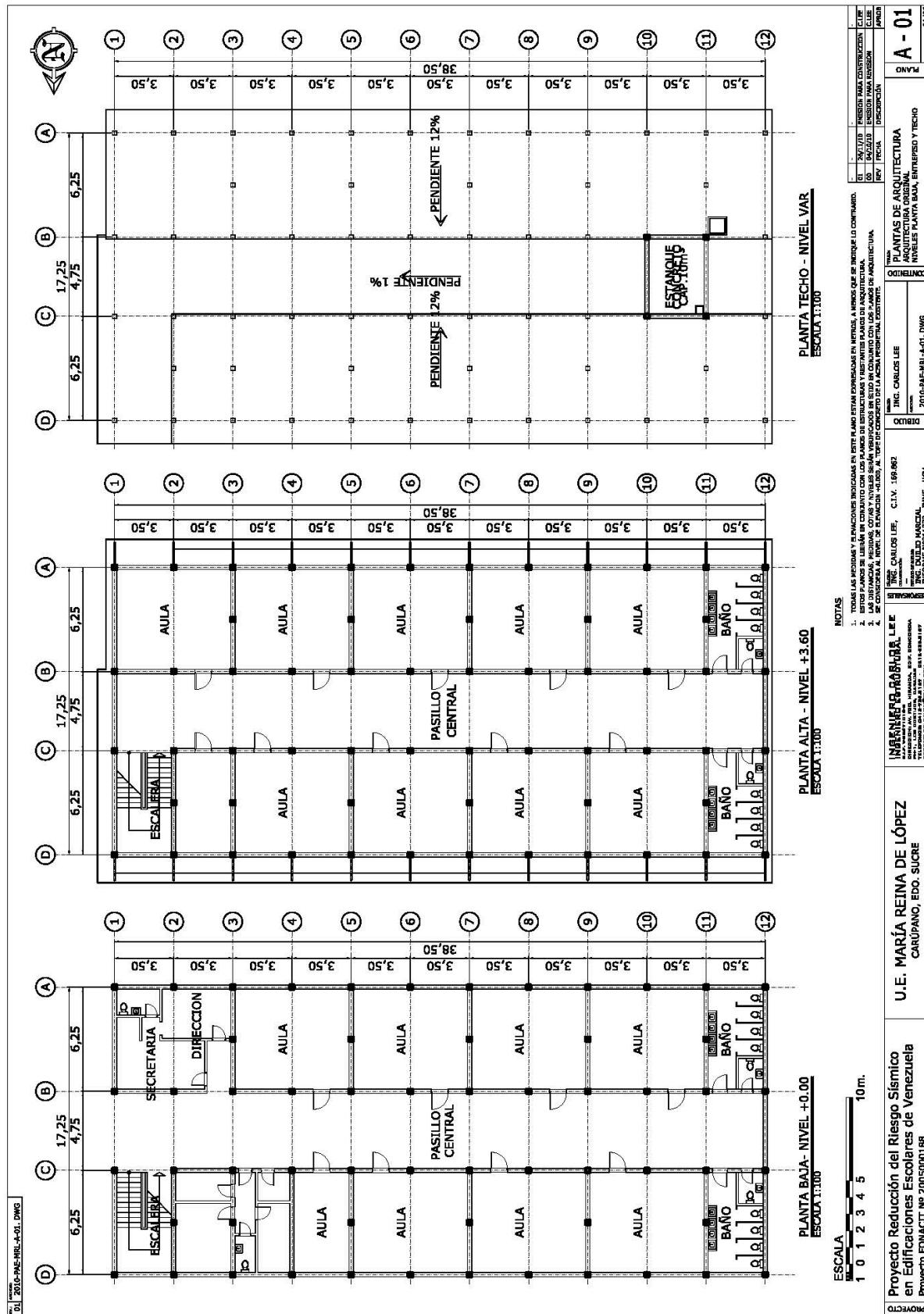
El trabajo efectuado fue la evaluación y adecuación estructural con fines sismorresistente de la Unidad Educativa María Reina de López, ubicada la Avenida Principal San Martín, vía Carúpano Arriba, en la Ciudad de Carúpano, Estado Sucre. El propósito de la adecuación fue lograr un comportamiento apropiado de la edificación ante acciones sísmicas con bajo impacto sobre la estructura existente, con un mínimo de costos y el evitando la alteración de las actividades del plantel.

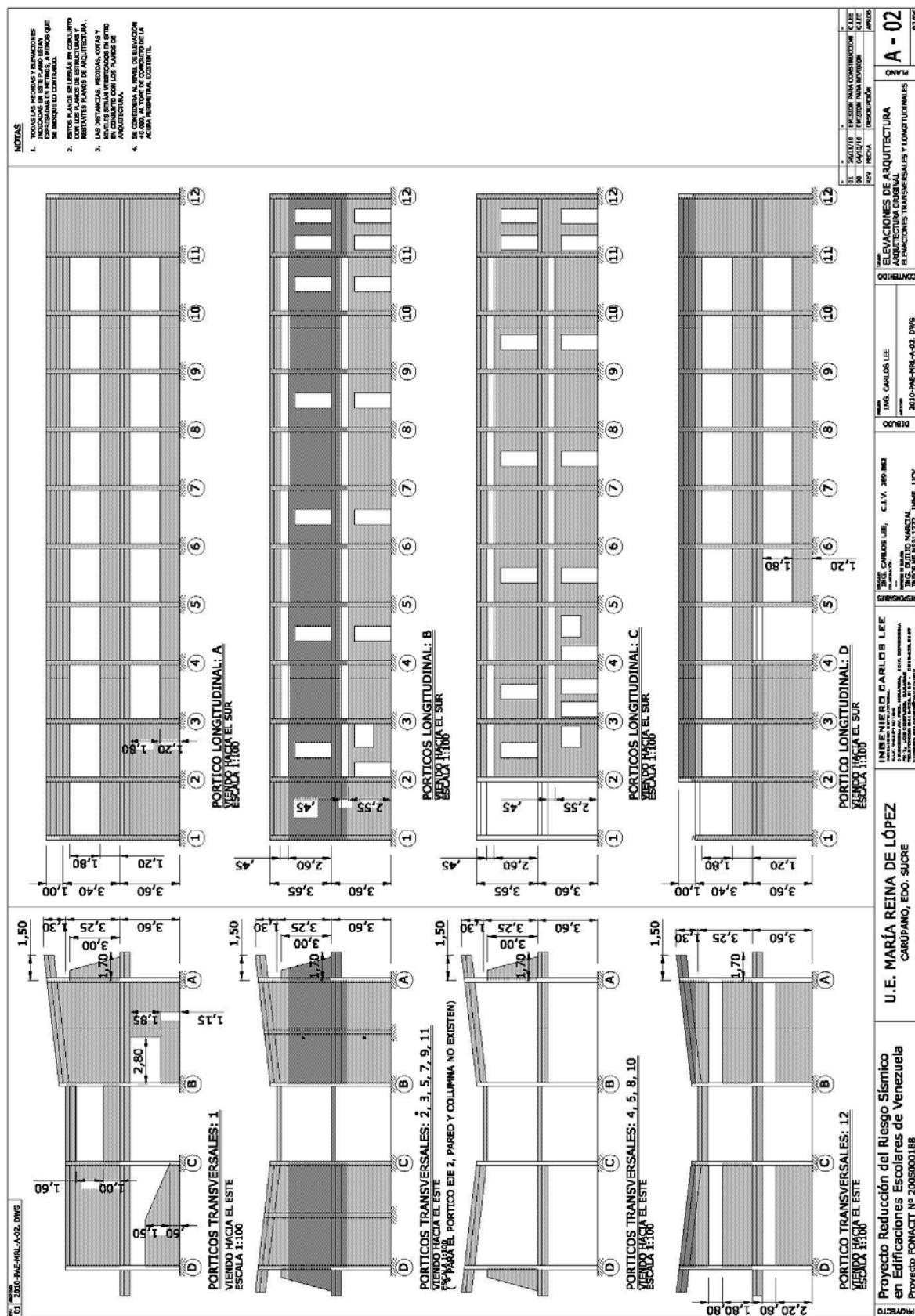
Con resultados de análisis no lineales efectuados quedó comprobado que la rigidez y la resistencia de la estructura original no era aceptable debido al pobre desempeño de los pórticos ante la acción de sismos, por lo que se vio la necesidad del reforzamiento de la estructura. El proyecto de adecuación estructural sismorresistente consistió en el diseño y detallado de una estructura adicional formada por muros de concreto armado, resolviendo previamente las indeseadas situaciones de “columna corta” para mejorar el comportamiento sísmico global de la edificación.

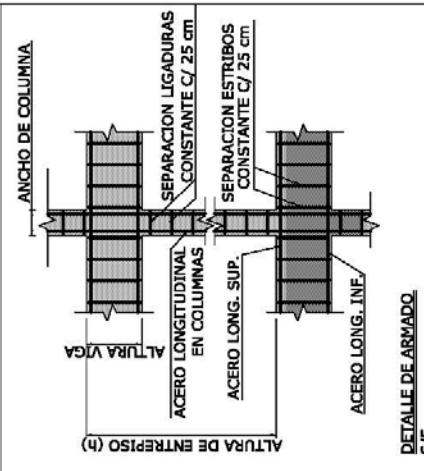
Los muros de concreto estarán distribuidos en pares ubicados en cada una de las fachadas, conectados entre sí por medio de vigas/dinteles de acople y transmitiendo las cargas sísmicas directamente a través de las losas de entrepiso y techo. Los muros poseen un sistema de fundación con pilotes y cabezales según las recomendaciones y capacidades mostradas en el estudio de suelos contratado al Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Universidad Central de Venezuela. Para reforzar el diafragma del entropiso y techo, permitir una correcta distribución de las fuerzas sísmicas y además asegurar una uniformización de desplazamientos se utilizaron vigas perimetrales colectoras.

El conjunto formado por la estructura original y la de refuerzo aumenta en más de cinco veces su resistencia original y permite una mayor capacidad de deformación antes de producirse colapso.

Carlos Lee
Ingeniero Civil
C.I.V. 169.862
R.I.F. V-22671016-3

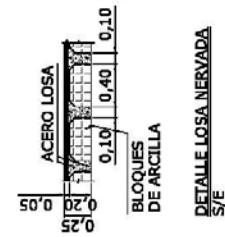






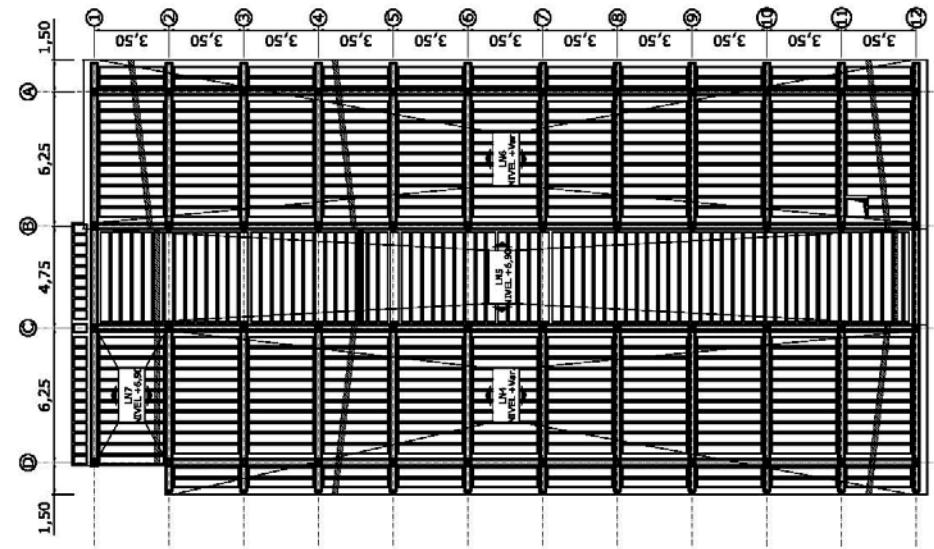
100

- EN VÍAS DE COLOCACIÓN:
- PINTURAS Y TINTAS
- MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
- MATERIALES DE ARQUITECTURA
- MATERIALES DE DECORACIÓN
- MATERIALES DE MUEBLES
- MATERIALES DE INDUSTRIAS
- MATERIALES DE ALIMENTOS

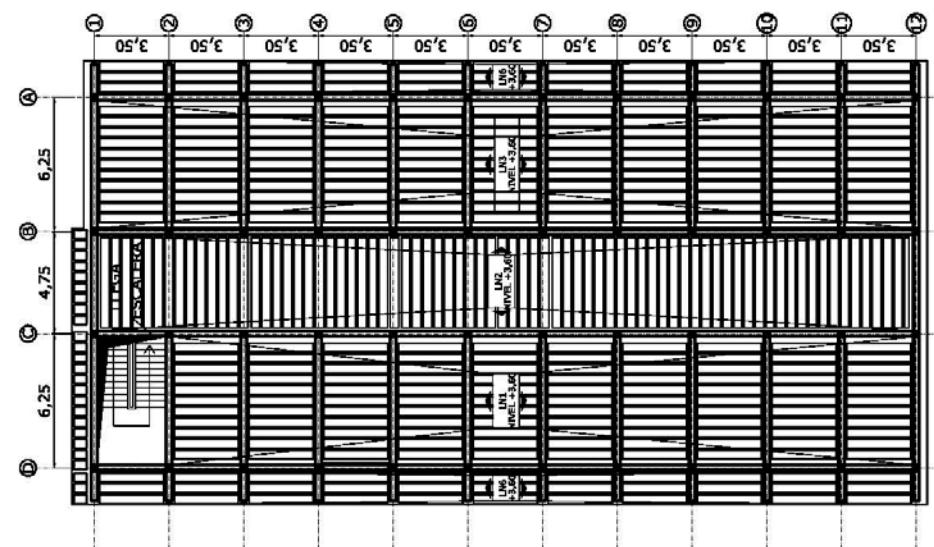


DETALLE LOSA NERVADA

E - 01

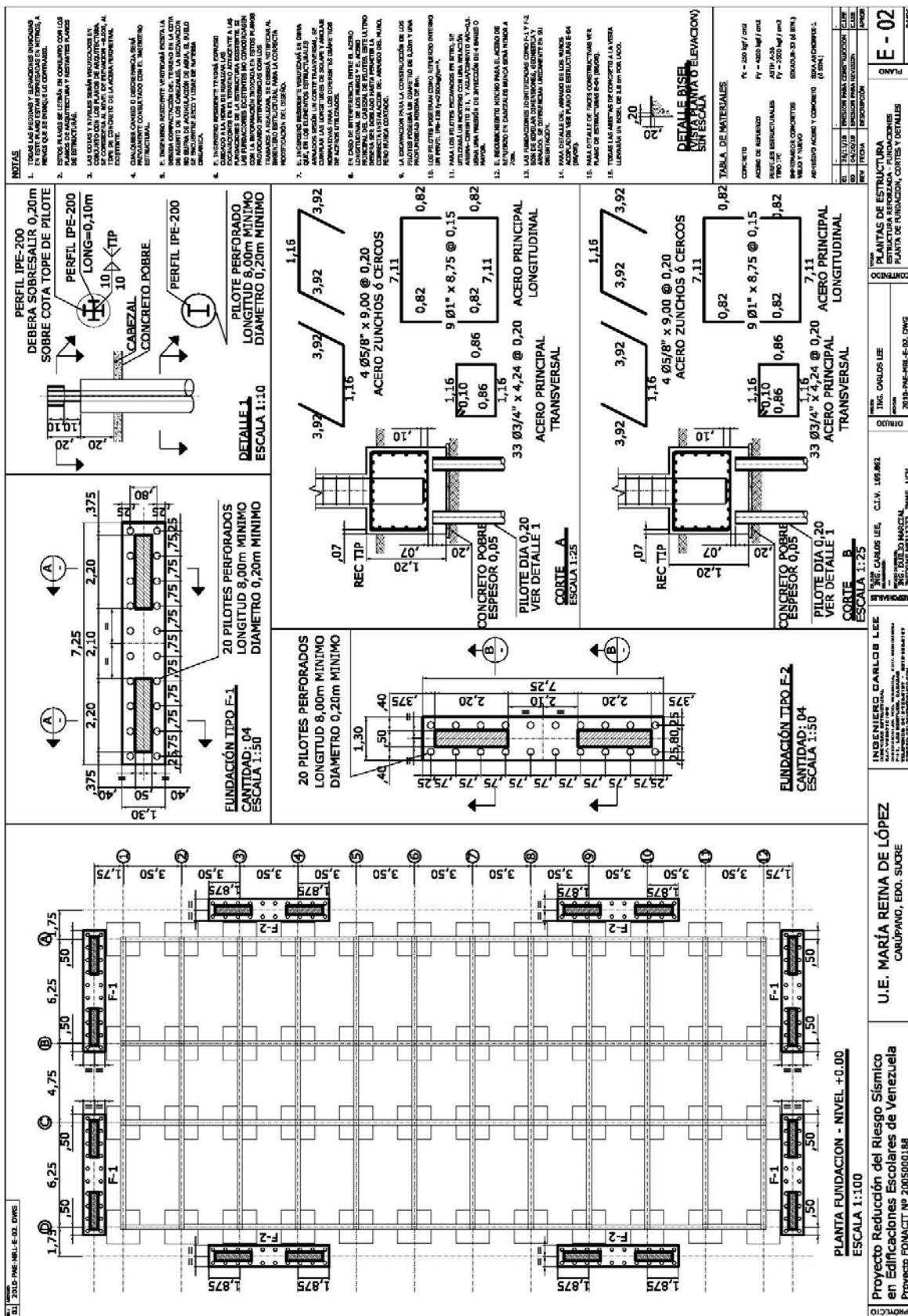


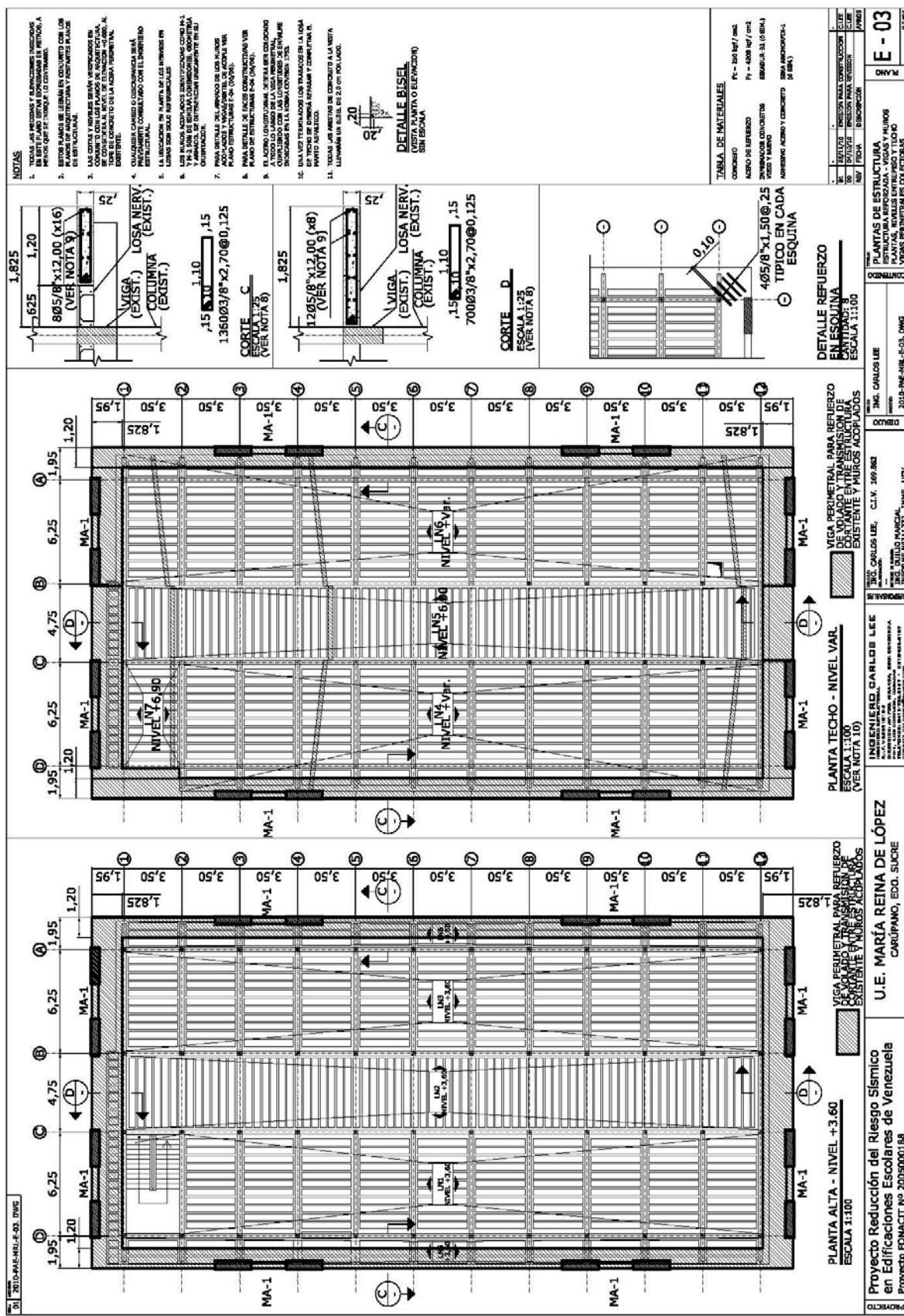
PLANTA TECHO - NIVEL VAR.
ESCALA 1:100



PLANTA ALTA - NIVEL +3.60
ESCALA 1:100

**PROYECTO Reducción del Riesgo Sísmico
en Edificios Escolares de Venezuela**
Proyecto FONACIT N° 2005000198.





9.3.- PROYECTO DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL E.B. MANUEL MARÍA URBANEJA, CARÚPANO, ESTADO SUCRE

RESUMEN EJECUTIVO

La E.B. Manuel María Urbaneja se encuentra ubicada en la calle principal de Curacho de la población de Carúpano en el Estado Sucre. Fue construida alrededor de los años 1950. La edificación está conformada por dos (2) módulos alineados que están separados mediante una junta de construcción, presentando cada uno siete (7) pórticos en la dirección más corta, mientras que en la dirección larga presenta vigas planas. La estructura original se plantea con elementos de concreto armado y la losa de entrepiso y techo del tipo nervada armada en una sola dirección. Es evidente por la fecha de construcción la necesidad de elaborar un Proyecto de Reforzamiento Estructural.

El resultado de este trabajo conducirá a un proyecto de reforzamiento estructural en concreto armado que tendrá la función de absorber y disipar toda solicitud proveniente de las acciones originadas por un movimiento sísmico. Por lo tanto, la estructura original (existente) seguirá cumpliendo las funciones actuales de soportar todas las cargas provenientes de acciones gravitatorias (cargas muertas y vivas).

Se realizó un modelo para la estructura de reforzamiento, en el cual se incluyeron los elementos originales de la estructura existente más los elementos del sistema de reforzamiento. La estructura de reforzamiento consistió en sustituir los pórticos de los ejes “1” y “7” (pórticos extremos) por muros en forma de “C” que van desde el nivel fundación hasta el nivel techo, y también se reemplazó el pórtico “4” (pórtico intermedio) por muros y nuevas vigas. En la vecindad de los ejes 1, 4 y 7 se propone armar parte de la losa como maciza para generar la conexión entre el diafragma (losa) y los nuevos elementos estructurales.

Todo este análisis condujo a la utilización de muros en forma de “C” para los ejes 1 y 7, donde las alas de los muros miden 1,0 mts de largo y el alma del muro está comprendida entre los ejes A y C. Para el pórtico 4 se sustituyó las columnas A4 y B4 por muros de dimensiones de 0,80 x 0,25 mts y las vigas del eje 4 (tanto entepiso como techo) se reemplazan por nuevos elementos con la misma geometría y armado de la original. En cuanto al sistema de fundación se optó por la solución de micro-pilotes.

Ing. Civil Norberto Fernández

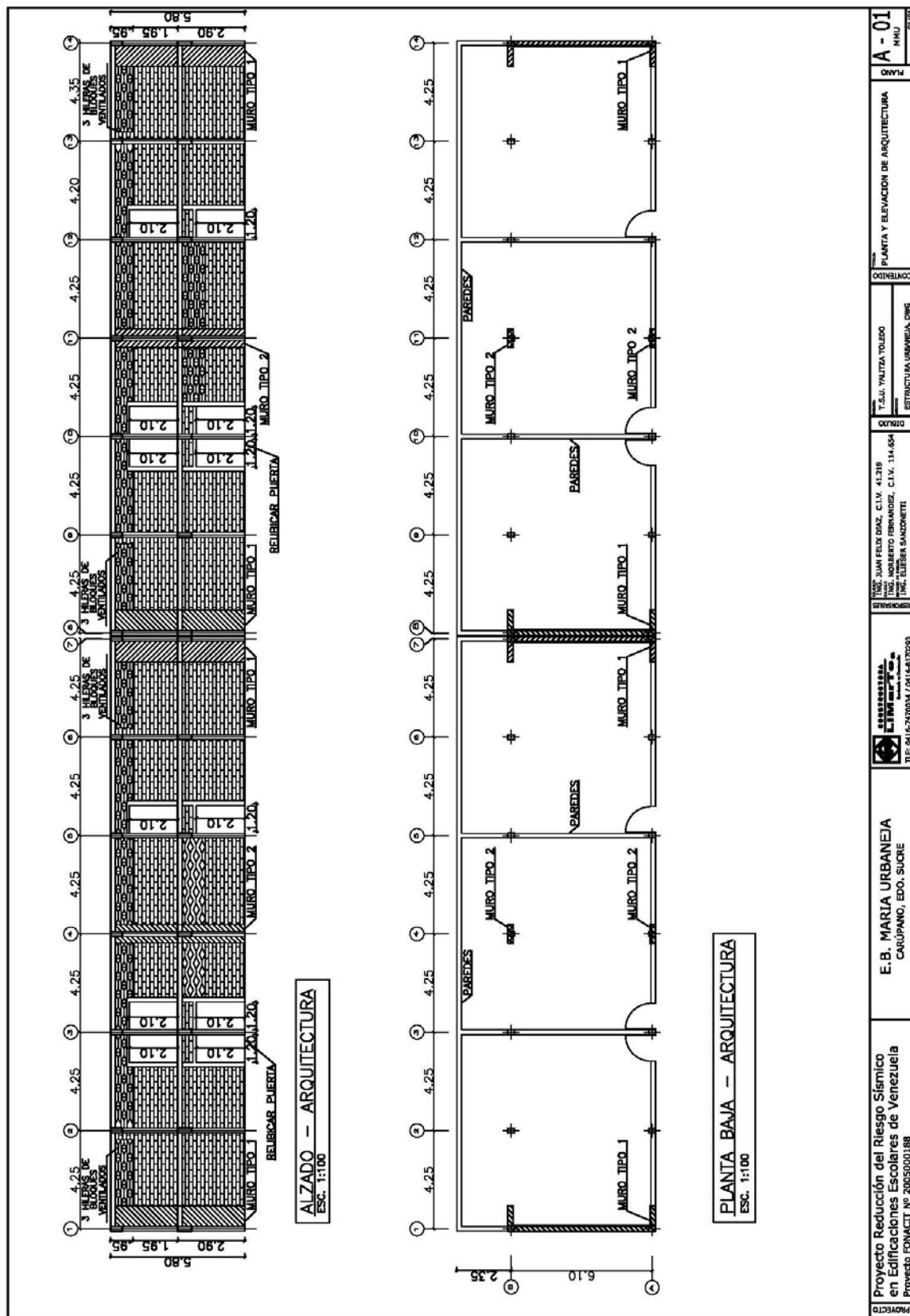
C.I.V. 114.654

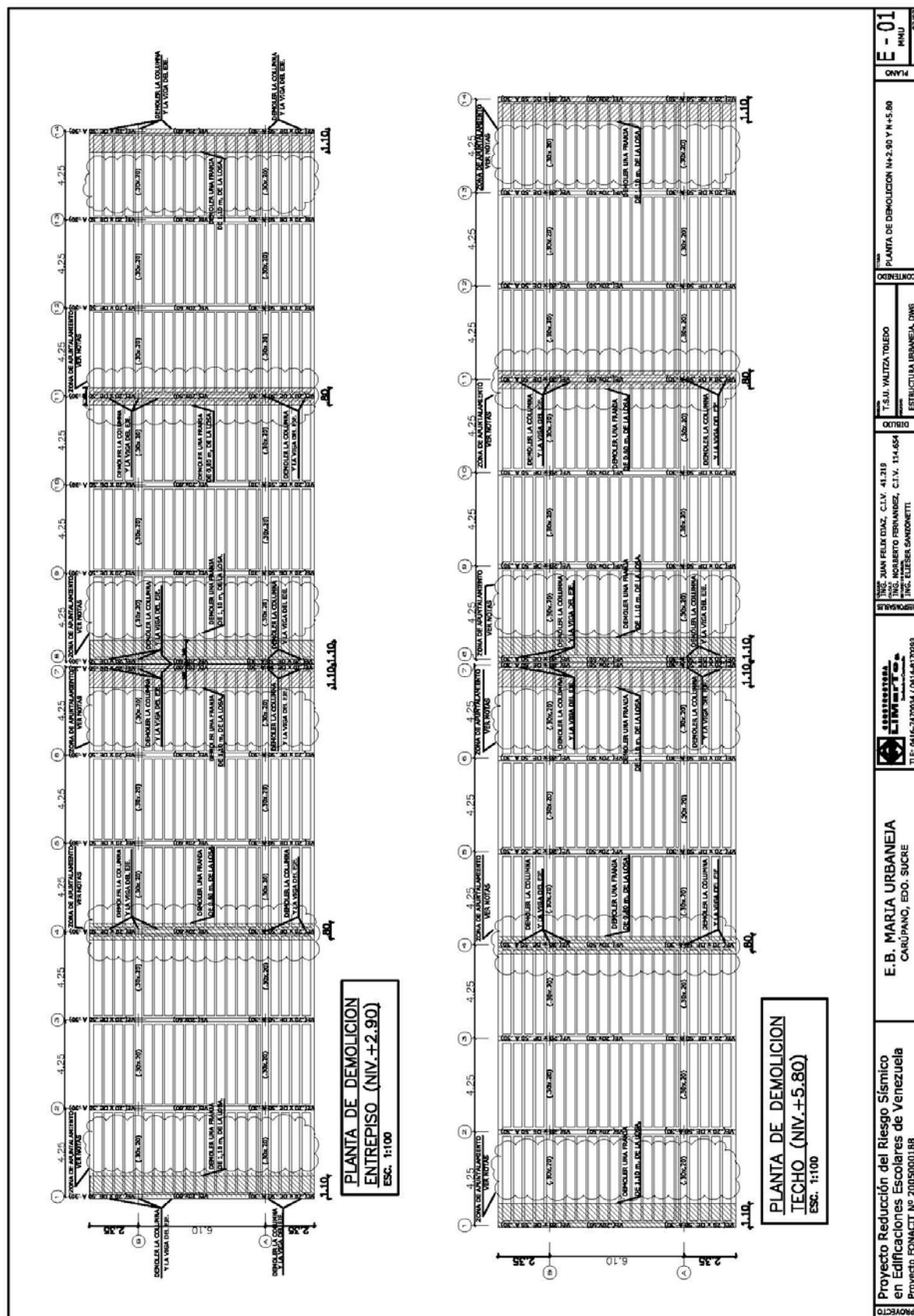
C.I. 12.343.530

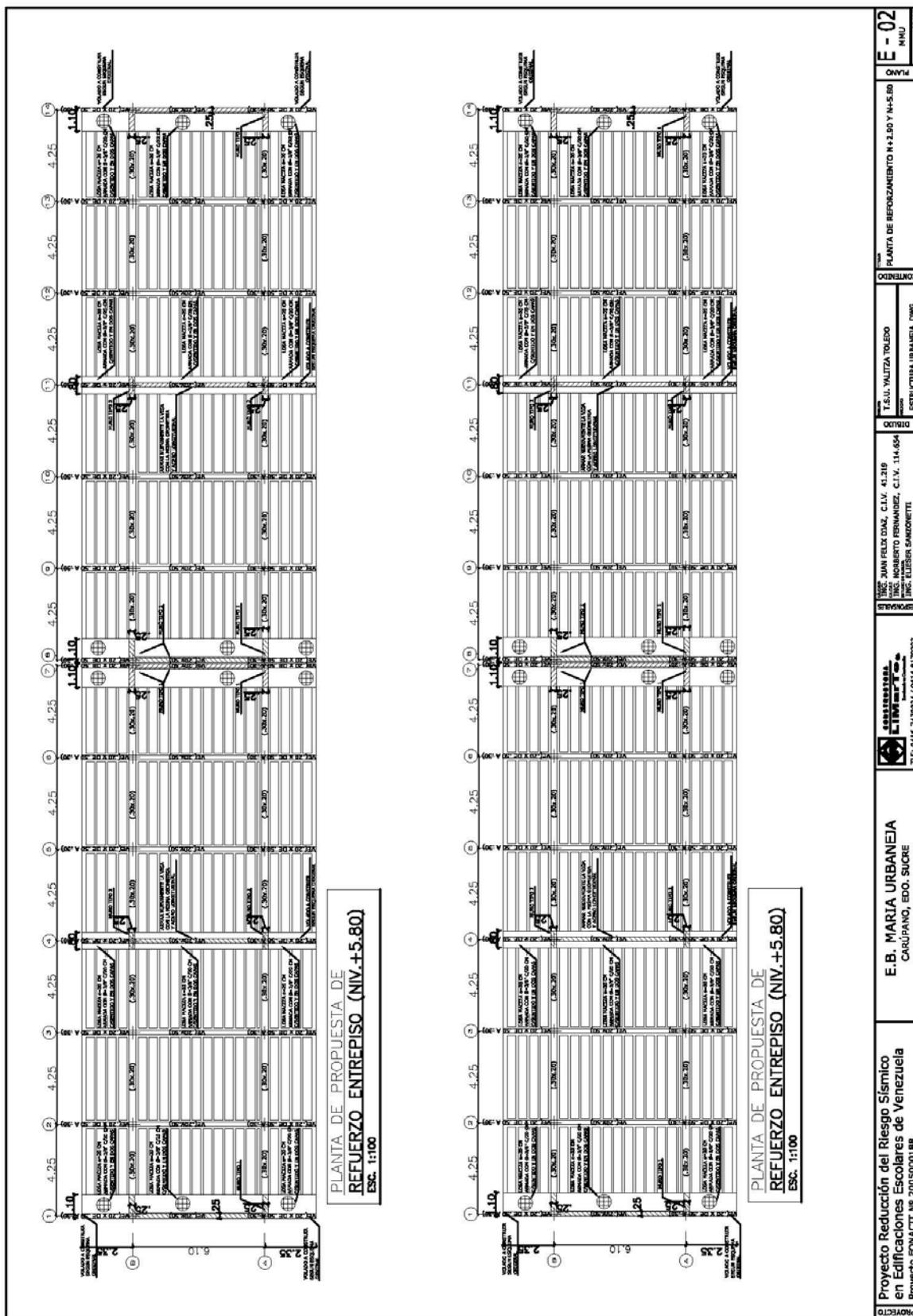
Ing. Civil Juan Félix Díaz C.

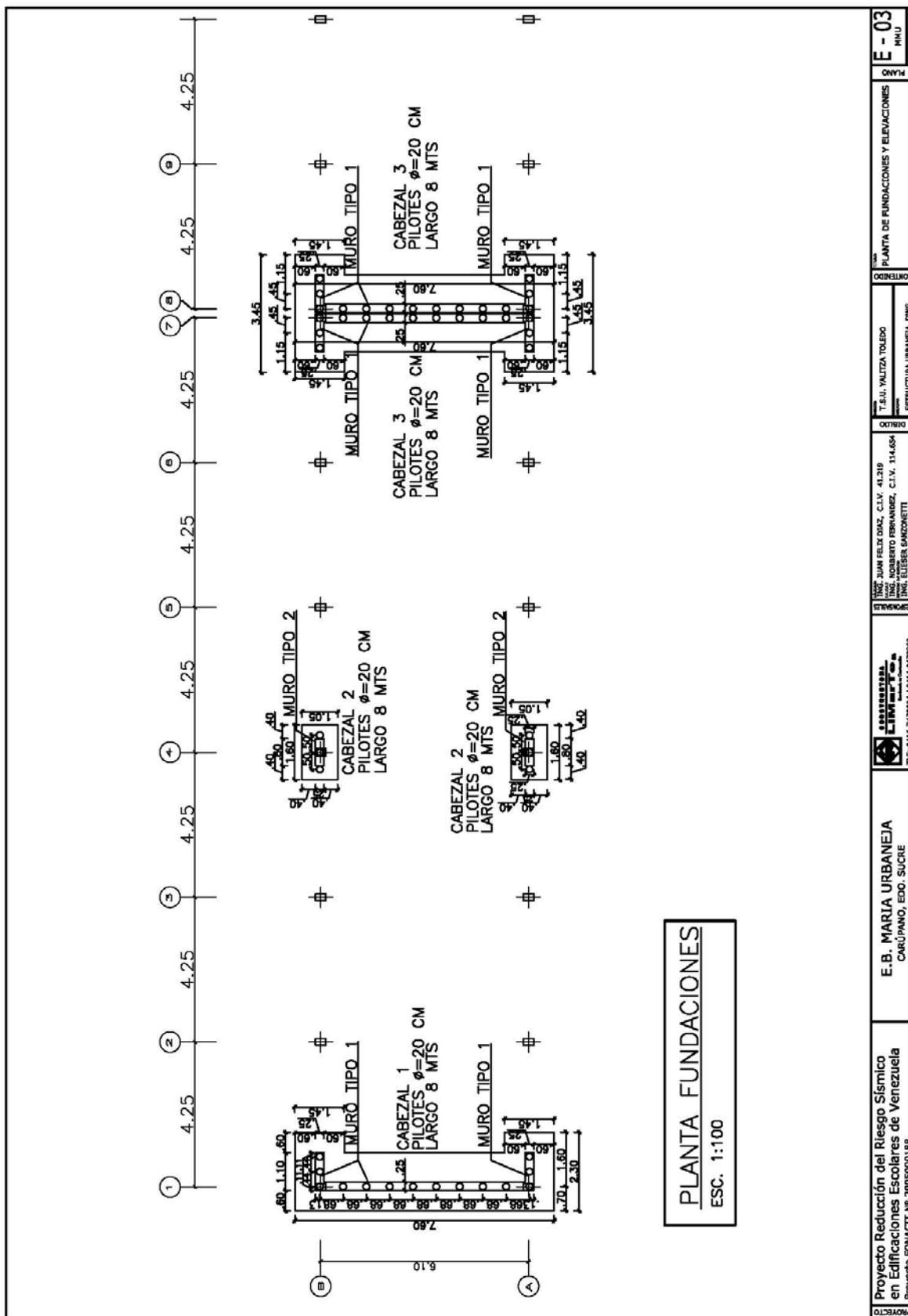
C.I.V. 41.219

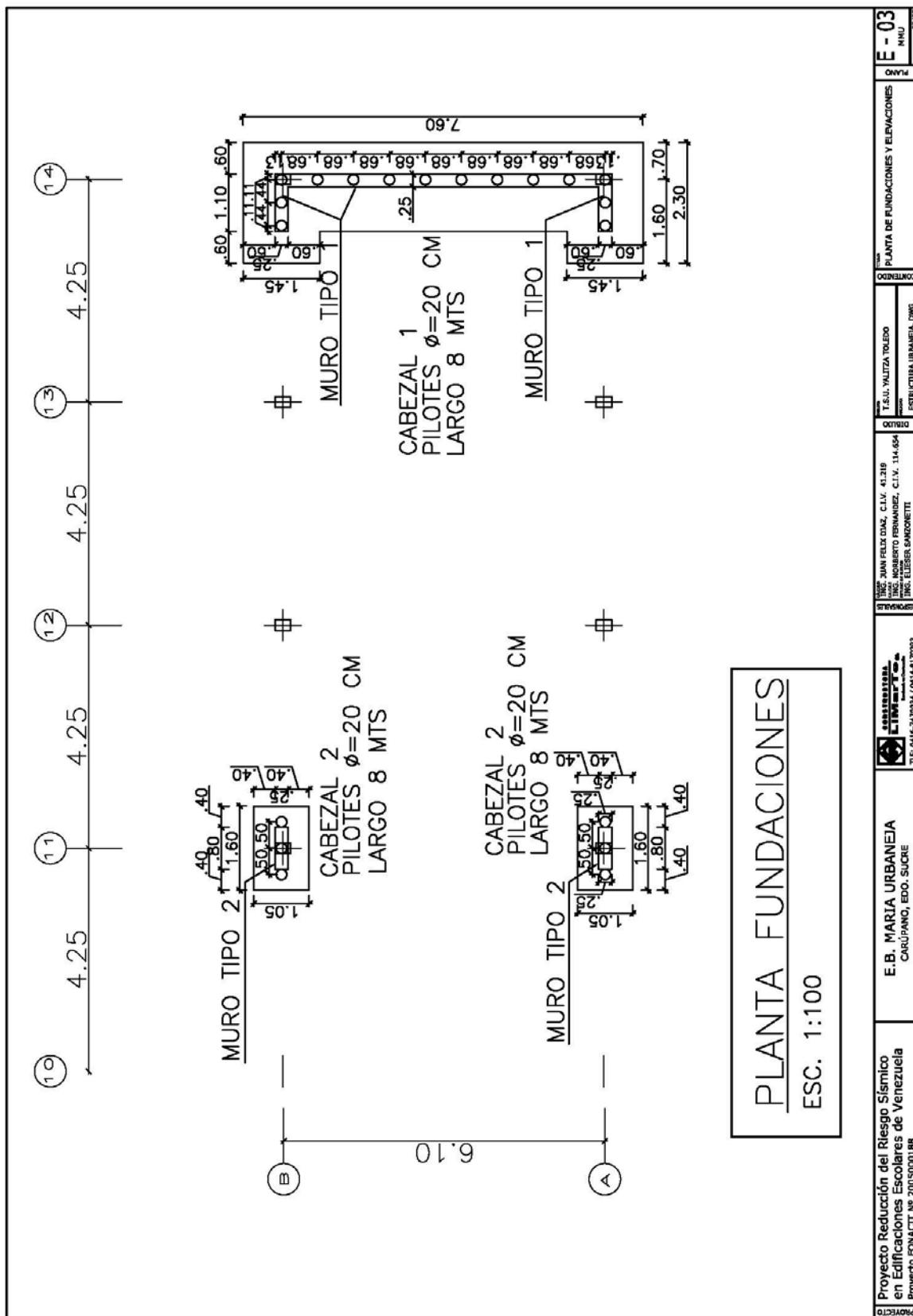
C.I. 8.256.085

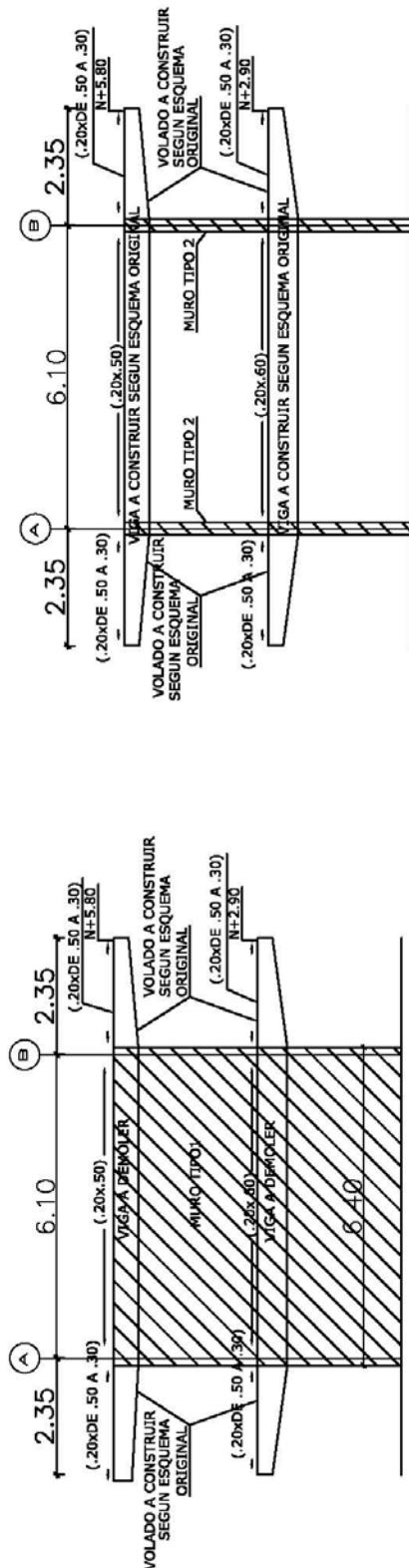












| | | | | | | |
|---|--|--|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Proyecto Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela | E.B. MARIA URBANEA CARUPANO, EDO. SUCRE | ENGENIERO: ING. JUAN FELIX DIAZ-CLAV. #11-219 C.I.V. 11.654 TELÉFONO: 015-2470347 / 0914-8170033 FAX: 015-2470347 / 0914-8170033 | PROYECTO: ING. ING. HENRY FRANQUINER, C.I.V. 11.654 TELÉFONO: 015-2470347 / 0914-8170033 FAX: 015-2470347 / 0914-8170033 | REVISOR: ING. ELIJASER SANZONETTI | REVISOR: ING. ELIJASER SANZONETTI | REVISOR: ING. ELIJASER SANZONETTI |
| 2005000188 | 2005000188 | 2005000188 | 2005000188 | 2005000188 | 2005000188 | 2005000188 |

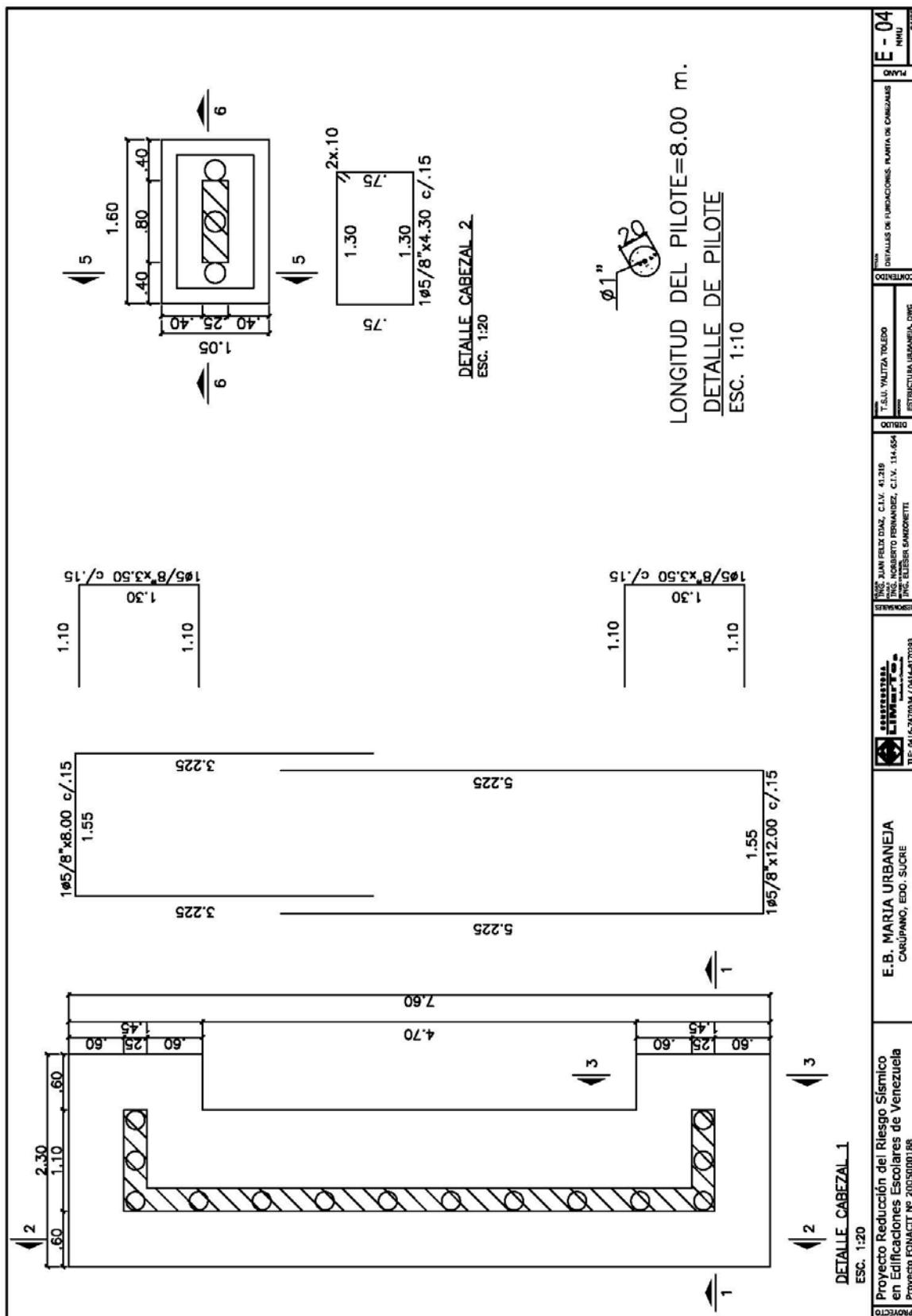
E - 03
MMU
03/02

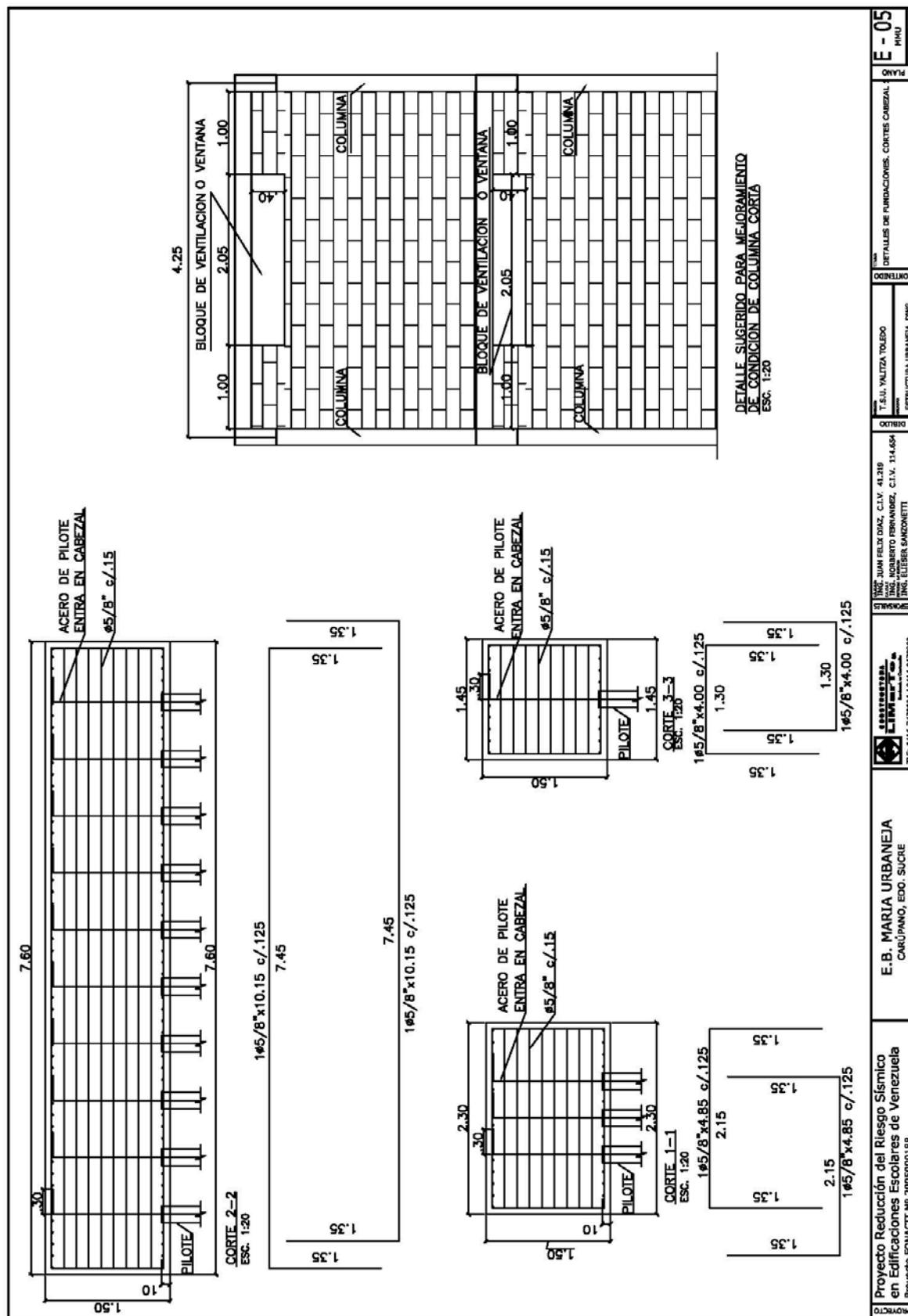
PLANO
PORTICO 4 Y 11

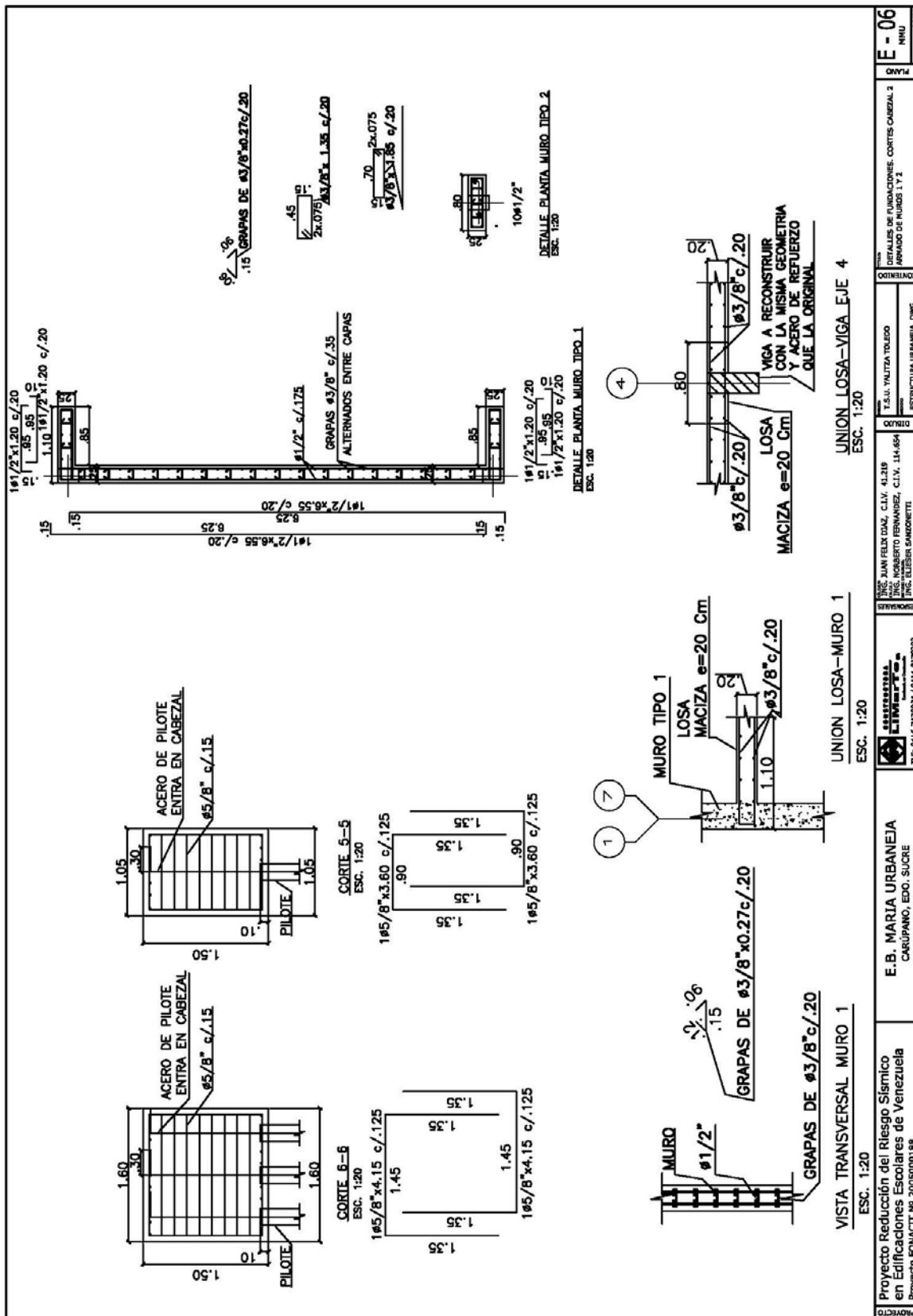
ESTRUCTURA URBANA, DNG

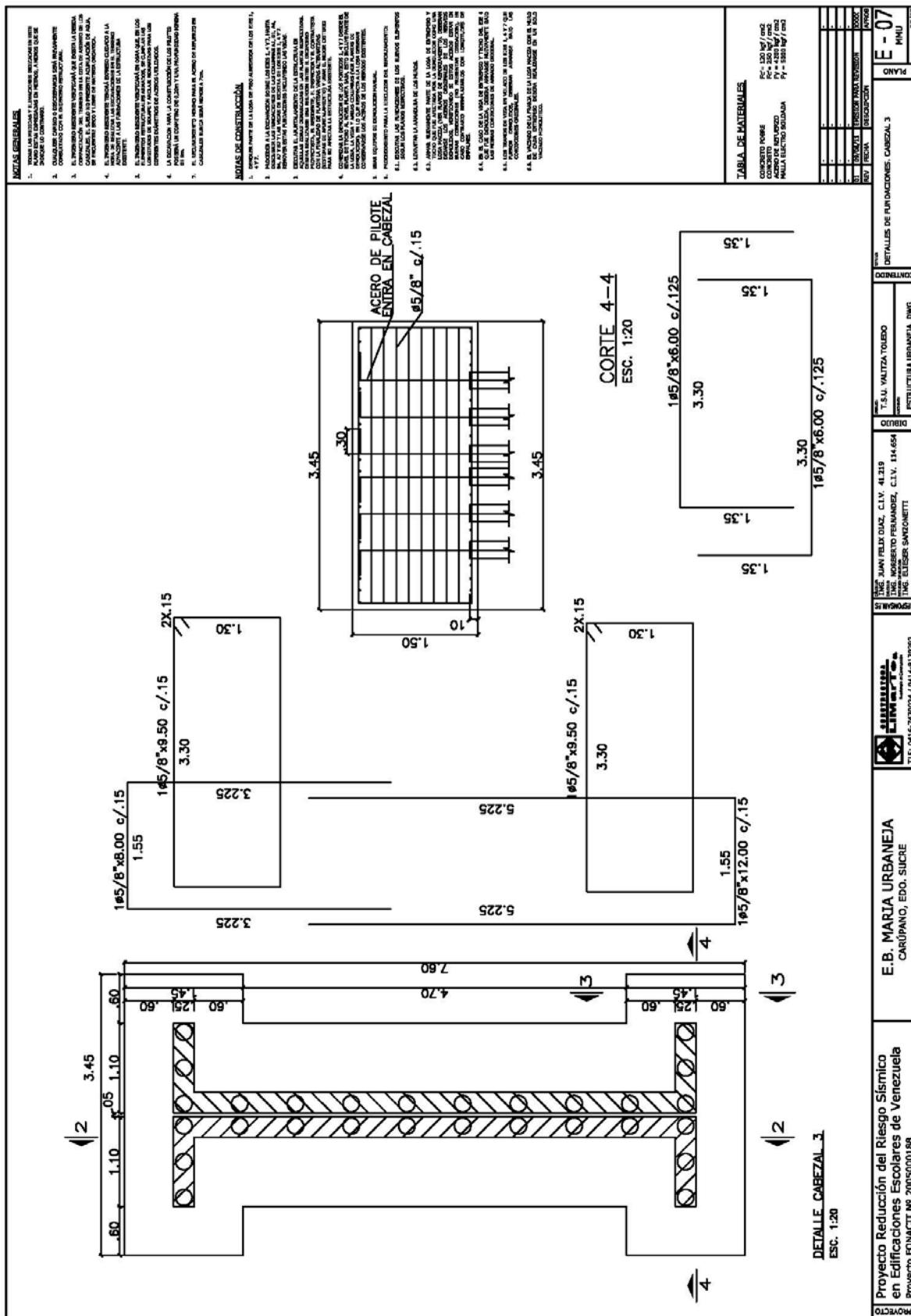
DETALLE

PORTICO 4 Y 11









9.4.-PROYECTO DE EVALUACIÓN Y ADECUACIÓN ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE DE LA U.E.N. PADRE SOJO

RESUMEN EJECUTIVO

Se investiga la capacidad sismorresistente de este edificio del tipo Módulo Base ubicado en Caracas y se desarrolla un proyecto de refuerzo sismorresistente. El edificio, construido en 1985, consta de cuatro niveles de concreto reforzado. Las losas son reticulares apoyadas directamente sobre las columnas por medio de ábacos planos. Todas las columnas son de secciones cuadradas o rectangulares. El edificio fue evaluado bajo el marco de las normas vigentes COVENIN 1756 y 1753 para la zona 5 y adoptando un factor de reducción igual a 2, tomando en consideración su limitada capacidad de disipación de energía debido a la carencia de vigas. Los resultados de las derivas en cada uno de los modelos dan valores cercanos al límite máximo normativo 12%. Sin embargo estudios recientes indican que estas derivas pueden conducir al colapso de estructuras no dúctiles ante acciones sísmicas. La relación demanda/capacidad de resistencia empleando los métodos de análisis dinámico y análisis estático no lineal, arrojó valores promedio mayores a 3, lo cual indica que la estructura estudiada es muy vulnerable.

El proceso de adecuación estructural se basó en buscar una solución racional, poco invasiva, fácil de construir, en un tiempo corto y a un costo razonable. Esto se logró agregando una estructura auxiliar dúctil constituida por muros estructurales y vigas en el perímetro de las plantas, conectados a las losas en cada nivel, sin afectar la estructura existente. Las nuevas fundaciones se apoyan en micropilotes con cabezales arriostrados entre sí y unidos a los cabezales existentes. La deriva máxima de la estructura reforzada es de 4,98%, considerando secciones agrietadas, ubicándose por tanto dentro del límite normativo. La metodología de evaluación usando el análisis estático no-lineal indica una deriva máxima de 4,22% para un sismo con período de retorno de 1.000 años. Esta deriva está por debajo del 6% requerido para proteger a la estructura existente, pero con daño limitado en la estructura auxiliar. Estos resultados ponen de manifiesto que la solución seleccionada minimiza el riesgo aún ante eventos extremos y satisface los requerimientos normativos y de servicio.

Denis Rodríguez
Ingeniero Civil
C.I.V. 12.186

9.5.-PROYECTO DE EVALUACIÓN Y ADECUACIÓN SISMORRESISTENTE DEL U.E. SILVERIO CÓRDOBA

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de refuerzo de la Unidad Educativa José Silverio Córdova ubicada en Cumaná, Edo. Sucre, consiste en el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle de una estructura de concreto externa a la escuela cuya función será minimizar los daños estructurales que pueda causar un movimiento sísmico a la estructura existente. Esta estructura fue levantada en sitio y se tomaron las dimensiones de vigas, columnas, espesores de losas y sobrepisos, se auscultaron columnas y vigas de manera aleatoria para determinar la cantidad de barras de acero en cada elemento. Se realizó un estudio de suelos y excavaciones aleatorias para determinar las dimensiones de algunos de los cabezales existentes.

El edificio en su sentido longitudinal consta de 7 pórticos con una separación de 7,20 m entre ellos y en sentido transversal tiene 6 pórticos separados 7,20 m y 3,60 m de manera alternada. Longitudinalmente el edificio cuenta con vigas altas de 35 x 60 cm que son las que trabajan como vigas de carga mientras que en el otro sentido hay vigas planas de 70 x 25 cm embutidas en la losa. Este edificio cuenta con dos escaleras como módulos de circulación y un vacío sobre el patio central. Estas características permiten identificar la estructura como del tipo Cajetón cerrado. El sistema horizontal resistente es una losa nervada en una dirección de espesor 25 cm. El edificio se conforma de tres niveles. El análisis y diseño de la estructura existente y reforzada se realizó con el programa de cálculo estructural ETABS. Los armados mínimos para todos los elementos de refuerzo se hicieron respetando los criterios de la norma COVENIN 1753:2006. Para ingresar los datos correspondientes a sismo se utilizaron los datos suministrados en el Estudio de Suelos. La repartición sísmica se efectuó por el método de las rigideces en su formulación matricial, suponiendo las placas como diafragmas rígidos siguiendo las especificaciones indicadas en la norma COVENIN 1756:2001.

El refuerzo estructural consiste en muros aporticados localizados en el perímetro del edificio, el cual proporciona una rigidez importante a la estructura original alcanzando derivas máximas de apenas el 7.8 %. Esta deriva tiene por finalidad asegurar que durante el evento sísmico los elementos estructurales originales de la edificación no presenten fallas importantes que puedan llevar a su colapso. El refuerzo no perturba las fundaciones de la estructura original y se puede construir perimetralmente a la edificación sin interrumpir las actividades escolares, ya que no se realiza ninguna construcción interna. El sistema de fundación consiste en micropilotes de 20 cm con un (1) perfil IPN 120 embutido con longitudes tales que permitan penetrar dentro del suelo natural granular. El diseño de las nuevas vigas y pantallas se basó en la teoría de los estados límites (Teoría de Rotura) siguiendo la Norma COVENIN 1753:2006.

Ing. Esteban Tenreiro
Ingeniero Civil
C.I.V. 65.199

9.6.- PROYECTO PARA EL REFUERZO ESTRUCTURAL U.E.N CORAZON DE JESUS

RESUMEN EJECUTIVO

La escuela Corazón de Jesús está ubicada en la ciudad de Cumaná, Edo. Sucre, en cercanías del río Manzanares en su desembocadura en el golfo de Araya. Según la Norma Sísmica vigente para el diseño sismorresistente de edificaciones, toda la región Oriental del país, incluyendo la ciudad de Cumaná, se encuentra catalogada como: Zona Sísmica 7, a la cual se le asocia un riesgo Sísmico muy alto.

Esta escuela forma parte de una serie de estructuras típicas denominadas “Cajetón”, diseñadas y construidas repetitivamente a principios de la década de los años 1970 con un proyecto basado en las normas vigentes de aquella época. Muchos de los detalles de armadura no son admisibles dentro del ámbito de la norma para estructuras sismorresistentes vigentes en la actualidad.

Un estudio previamente elaborado por quien suscribe deja en evidencia la posibilidad de que esta estructura puede sufrir un colapso durante un evento sísmico de importancia. La aplicación de las fuerzas resultantes según la Norma Sísmica vigente a la estructura en su estado actual genera derivas laterales inadmisibles y esfuerzos en los elementos estructurales que éstos no son capaces de resistir con la armadura contenida en ellos. La conclusión de este estudio recomienda la construcción de una estructura de refuerzo en el perímetro exterior del edificio existente, debidamente acoplado a éste, que sea capaz de aumentar la rigidez lateral del conjunto.

El proyecto estructural de refuerzo tiene como objeto el diseño de los distintos miembros que conforman a la nueva estructura de refuerzo, incluyendo el sistema de fundaciones, las columnas, vigas y las losas de interconexión con el edificio existente. El dimensionamiento de todos estos elementos se basó en un procedimiento iterativo en el que se fueron aumentando las dimensiones de los nuevos elementos estructurales hasta que se cumplieran las condiciones de desplazamiento lateral máximo permitido por norma y limitando el cortante basal del edificio existente por debajo del cortante basal de colapso obtenido por procedimientos inelásticos con incorporación de rótulas plásticas.

La respuesta sísmica del modelo combinado de la estructura actual trabajando conjuntamente con la estructura destinada al refuerzo estructural cumple con la norma sismorresistente y con la norma para el diseño estructuras de concreto vigentes.

Un resultado intrínseco al refuerzo estructural presentado es el ligero aumento del área utilizable de los salones académicos ya que las losas y vigas de acople entre el edificio existente y la estructura de refuerzo perimetral están diseñadas para poder ser utilizadas para tal fin.

Ing. Martin Beyer,
CIV. 88493

9.7.- PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA E. B. RODRÍGUEZ ABREU, CARUPANO, EDO SUCRE

RESUMEN EJECUTIVO

La escuela bolivariana Rodríguez Abreu, está constituida por dos (2) módulos, separados por una junta. Cada módulo consta de siete (7) ejes con una separación constante de 4,25 m en dirección longitudinal, y dos ejes en dirección transversal separados a una distancia de 6,20m. Uno de los módulos tiene adherido el núcleo de escaleras. Mediante las observaciones realizadas, se pudo notar que las paredes son de bloques de arcilla y el espesor del friso es de aproximadamente 4 cms.

El sistema estructural esta definido por pórticos transversales con columnas de 0,20 x 0,30 m y vigas de 0,20x0,65m para el primer nivel y de 0,20x0,50 m para el nivel techo. La losa es Nervada con una altura de 0,20m con la incorporación de vigas planas de 0,20 x 0,20m en dirección longitudinal. La Altura de entrepiso es de 2,90 m cada uno.

A fin de evaluar la vulnerabilidad de la edificación en su condición original, se realizaron 3 modelos estructurales. En el modelo 1 se consideró la inercia gruesa sin mampostería, en el modelo 2 se consideró la inercia agrietada sin mampostería y en el modelo 3 se consideró la inercia gruesa incluyendo la mampostería. En primer lugar se realizó un análisis lineal ante cargas gravitacionales y sísmicas utilizando un modelo dinámico espacial con diafragma rígido, bajo la aplicación de un espectro para una zona sísmica 7, suelo S2 y un factor de reducción $R=1.0$, considerando su poca capacidad de disipación de energía debido al detallado de la estructura y la presencia de columnas cortas. Las derivas obtenidas en los modelos 1 y 2 exceden el valor límite normativo de 12%. En los tres modelos la relación Demanda/Capacidad supera el valor de la unidad. En segundo lugar, se realizó un análisis estático no lineal (pushover) donde se obtuvieron las curvas de capacidad de los modelos antes mencionados, y se compararon contra la demanda impuesta según FEMA 440 bajo la aplicación de tres sismos, con periodos de retorno 50 años, 500 años y 1000 años respectivamente. La relación Demanda/Capacidad en cada caso superó el valor de la unidad. Estos resultados reflejan que la edificación no satisface desde el punto de vista de resistencia para la demanda actual.

Se propuso un refuerzo estructural a base de muros de concreto, ubicados en los extremos de la edificación en dirección longitudinal y transversal. Dicho refuerzo se incorporó en los modelos antes mencionados y se realizó de igual forma un análisis lineal utilizando un factor de reducción de respuesta $R=2.0$ a fin de contemplar el aporte de ductilidad de los muros. Por otra parte se realizó un estático no lineal (*Pushover*) para comparar igualmente la capacidad versus la demanda impuesta por FEMA 440. Para estos casos se obtuvo que la estructura reforzada es capaz de resistir la demanda sísmica y limitar la desplazabilidad de la estructura, evitando de esta forma la aparición de fallas frágiles en las columnas que comprometen su estabilidad y desempeño sismorresistente. Posteriormente para el sistema de refuerzo con muros se obtuvo el acero requerido y se diseñaron las fundaciones del mismo.

Eliud. Hernández (1) Luis Nuñez (2)

(1) Vicepresidente. Ingenieros Estructurales Asociados inesa c.a. eliudh5@gmail.com

(2) Director. Ingenieros Estructurales Asociados inesa c.a. lcorao@gmail.com

9.8.- PROYECTO DE REHABILITACION ESTRUCTURAL DE LA E.B. PLAYA GRANDE, CARUPANO. EDO SUCRE

RESUMEN EJECUTIVO

La escuela posee 3 Módulos de dos niveles, con una altura de entrepiso de 3.50 mts. Cada módulo consta de doce (12) ejes dispuestos cada 3.60m en dirección transversal, y dos ejes separados 7.20m en dirección longitudinal. La estructura es a base de pórticos ortogonales donde se destaca la presencia de una viga de amarre ubicada 90cms por debajo del nivel de la losa, mampostería a media altura, ventanas y bloques de ventilación, lo cual propicia el efecto de columna corta. El espesor de la losa maciza es de 12 cm y el espesor de las paredes es de 20 cm. La sección típica de las columnas es de 25x40 cm. Las vigas en dirección transversal son de sección 25x60 cms. A cada lado de las columnas, en dirección transversal, se tienen volados de 1.20m y 2.20m respectivamente, cuya sección final en vigas es de 25x40 cms. El volado de 2.20m sirve de pasillo para entrar a los salones.

A fin de evaluar la vulnerabilidad de la edificación en su condición original, se realizaron 4 modelos estructurales. En el modelo 1 se consideró la inercia gruesa sin mampostería, en el modelo 2 se consideró la inercia agrietada sin mampostería, en el modelo 3 se consideró la inercia gruesa incluyendo escalera y mampostería, y en el modelo 4 se consideró la inercia agrietada incluyendo escalera y mampostería. En primer lugar se realizó un análisis lineal ante cargas gravitacionales y sísmicas utilizando un modelo dinámico espacial con diafragma rígido, bajo la aplicación de un espectro para una zona sísmica 7, suelo S2 y un factor de reducción $R=1.5$, considerando su poca capacidad de disipación de energía debido al detallado de la estructura y la presencia de columnas cortas. Las derivas obtenidas en los modelos 1 y 2 exceden el valor límite normativo de 12%. En los cuatro modelos la relación Demanda/Capacidad supera el valor de la unidad. En segundo lugar, se realizó un análisis estático no lineal (pushover) donde se obtuvieron las curvas de capacidad de los modelos antes mencionados, y se compararon contra la demanda impuesta según FEMA 440 bajo la aplicación de tres sismos, con períodos de retorno 50 años, 500 años y 1000 años respectivamente. La relación Demanda/Capacidad en cada caso superó el valor de la unidad. Estos resultados reflejan que la edificación no satisface desde el punto de vista de resistencia para la demanda actual.

Se propuso un refuerzo estructural a base de muros y losas de concreto, ubicados en la zona central y en los extremos de la edificación. Dicho refuerzo se incorporó en los modelos antes mencionados y se realizó de igual forma un análisis lineal utilizando un factor de reducción de respuesta $R=2.0$ a fin de contemplar el aporte de ductilidad de los muros. Por otra parte se realizó un estático no lineal (Pushover) para comparar igualmente la capacidad versus la demanda impuesta por FEMA 440. Para estos casos se obtuvo que la estructura reforzada es capaz de resistir la demanda sísmica y limitar la desplazabilidad de la estructura, evitando de esta forma la aparición de fallas frágiles en las columnas que comprometen su estabilidad y desempeño sismorresistente. Posteriormente para el sistema de refuerzo (muros y losas) se obtuvo el acero requerido y por último se diseñaron las fundaciones del mismo.

Eliud. Hernández (1) Luis Nuñez (2)

(1) Vicepresidente. Ingenieros Estructurales Asociados inesa c.a. eliudh5@gmail.com

(2) Director. Ingenieros Estructurales Asociados inesa c.a. lcorao@gmail.com

9.9.- PROYECTO DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL U.E. PETRICA REYES DE QUILARTE, CARÚPANO, ESTADO SUCRE

RESUMEN EJECUTIVO

La U.E. Petrica Reyes de Quilarte se encuentra ubicada en el sector de Playa Grande de la población de Carúpano en el Estado Sucre. Fue construida alrededor de los años 1958-1959. Está constituida por un solo módulo con siete (7) pórticos en la dirección más corta, mientras que en la dirección larga presenta vigas planas. La estructura original se plantea con elementos de concreto armado y la losa de entrepiso y techo del tipo nervada armada en una sola dirección. Es evidente por la fecha de construcción la necesidad de elaborar un Proyecto de Reforzamiento Estructural.

El resultado de este trabajo conducirá a un proyecto de reforzamiento estructural en concreto armado que tendrá la función de absorber y disipar toda solicitud proveniente de las acciones originadas por un movimiento sísmico. Por lo tanto, la estructura original (existente) seguirá cumpliendo las funciones actuales de soportar todas las cargas provenientes de acciones gravitatorias (cargas muertas y vivas).

Se realizó un modelo para la estructura de reforzamiento, en el cual se incluyeron los elementos originales de la estructura existente más los elementos del sistema de reforzamiento. La estructura de reforzamiento consistió en sustituir los pórticos de los ejes “1” y “7” (pórticos extremos) por muros en forma de “C” que van desde el nivel fundación hasta el nivel techo, y también se reemplazó el pórtico “4” (pórtico intermedio) por muros y nuevas vigas. En la vecindad de los ejes 1, 4 y 7 se propone armar parte de la losa como maciza para generar la conexión entre el diafragma (losa) y los nuevos elementos estructurales.

Todo este análisis condujo a la utilización de muros en forma de “C” para los ejes 1 y 7, donde las alas de los muros miden 1,0 mts de largo y el alma del muro está comprendida entre los ejes A y C. Para el pórtico 4 se sustituyó las columnas A4 y B4 por muros de dimensiones de 0,80 x 0,25 mts y las vigas del eje 4 (tanto entrepiso como techo) se reemplazan por nuevos elementos con la misma geometría y armado de la original. En cuanto al sistema de fundación se optó por la solución de micro-pilotes.

Ing. Civil Norberto Fernández

C.I.V. 114.654

C.I. 12.343.530

Ing. Civil Juan Félix Díaz C.

C.I.V. 41.219

C.I. 8.256.085

9.10.-PROYECTO DE EVALUACIÓN Y ADECUACIÓN SISMORRESISTENTE DEL L.B. LUIS GRATEROL BOLÍVAR

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de refuerzo del Liceo Bolivariano Luis Graterol Bolívar ubicado en Cumaná, estado Sucre, consiste en el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle de una estructura de concreto externa a la escuela cuya función será minimizar los daños estructurales que pueda causar un movimiento sísmico a la estructura existente. Esta estructura fue levantada en sitio y se tomaron medidas de dimensiones de vigas, columnas, espesores de losas y sobre pisos y se auscultaron columnas y vigas de manera aleatoria para determinar la cantidad de barras de acero en cada elemento. Se realizó a su vez el estudio de suelos correspondiente y excavaciones aleatorias para determinar las dimensiones de algunos de los cabezales existentes.

El edificio en su sentido longitudinal consta de 8 pórticos con una separación de 7,20m entre ellos y en sentido transversal tiene 5 pórticos separados 7,20m y 3,60m de manera alternada. En el sentido longitudinal el edificio cuenta con vigas altas que son las que trabajan como vigas de carga mientras que en el otro sentido hay vigas planas únicamente. Este edificio cuenta con dos escaleras como módulos de circulación y un vacío sobre el patio central. Estas características permiten identificar la estructura como del tipo Cajetón cerrado. El sistema horizontal resistente de las 2 plantas superiores de concreto son losa nervada de 25 cm de espesor y bloques de arcilla. La última planta es un techo de estructura metálica que pareciera fue construido en un proyecto de adecuación realizado anterior a este estudio.

El análisis y diseño de la estructura existente y reforzada se realizó con los programas de cálculo estructural ETABS y SAP2000. Los armados mínimos para todos los elementos de refuerzo se hicieron respetando los criterios de la norma COVENIN 1753:2006. Para ingresar los datos correspondientes a sismo se utilizaron los datos suministrados en el Estudio de Suelos. La repartición sísmica se efectuó por el método de las rigideces en su formulación matricial, suponiendo las placas como diafragmas rígidos siguiendo las especificaciones indicadas en la norma COVENIN 1756:2001.

El sistema de fundación consiste en micropilotes de 20cm con un (1) perfil IPN 120 embutido con longitudes tales que permitan penetrar dentro del suelo natural granular. El diseño de las nuevas vigas y pantallas se basó en la teoría de los estados límites siguiendo la Norma COVENIN 1753:2006. Considerando que se trata de una edificación que se ha debilitado debido a los últimos movimientos sísmicos ocurridos en la ciudad de Cumaná se estableció como deriva máxima 8%. Para lograr esto se propone como refuerzo estructural la construcción de pantallas de concreto de 40x200cm y 40x150cm en cada pórtico ubicadas a 1,40m del perímetro actual de la edificación. Los resultados obtenidos fueron revisados y luego se procedió a la realización del armado de los elementos y la elaboración de los planos donde se detallan las plantas, dimensiones de los elementos, conexiones, armados, notas etc.

Ing. Esteban Tenreiro
Ingeniero Civil
C.I.V. 65.199