

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**ENSAYOS DE LABORATORIO PARA LA OBTENCIÓN DE LA  
CERTIFICACIÓN NTE INEN 2397:2014, Y ANÁLISIS DE CARGA  
A MOMENTO NEGATIVO, DE PLACA COLABORANTE DECK  
CON CONECTORES NELSON STUD PARA LA EMPRESA  
SATEC**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
MENCIÓN ESTRUCTURAS**

**JUAN CARLOS CAÑAR ENCALADA  
juanc2e@gmail.com**

**JOHANNA PAOLA CUPUERÁN AVELLANEDA  
joha\_ca0517@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. JORGE VINTIMILLA**

**Quito, Diciembre 2015**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Juan Carlos Cañar Encalada y Johanna Cupuerán Avellaneda, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas así como la información proporcionada por la empresa que nos ha auspiciado y que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad vigente.

---

Juan Carlos Cañar Encalada

---

Johanna Paola Cupuerán Avellaneda

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Carlos Cañar Encalada y Johanna Paola Cupuerán Avellaneda, bajo mi supervisión.

---

Ing. Jorge Vintimilla  
DIRECTOR DE PROYECTO

## **AGRADECIMIENTO**

Un especial agradecimiento al Ing. Jorge Vintimilla por haber aceptado ser nuestro director y habernos guiado en la realización de este proyecto.

Al Ing. Christian Gómez director de laboratorio de la vivienda y todos sus colaboradores que siempre estuvieron prestos para ayudarnos y su buena predisposición para el trabajo.

A la Ing. Mercedes Villacís, el Ing. Paul Zúñiga y todo el personal del laboratorio de hormigones que siempre nos han ayudado de la mejor manera.

Al Ing. Patricio Urrutia Sivori presidente de la empresa Satec – Aceromex del Ecuador por todo el apoyo brindado y la confianza para la elaboración de este proyecto.

Juan Carlos Cañar Encalada



## **AGRADECIMIENTO**

Un especial agradecimiento al Ing. Jorge Vintimilla por haber aceptado ser nuestro director y habernos guiado en la realización de este proyecto.

Al Ing. Christian Gómez director de laboratorio de la vivienda y todos sus colaboradores que siempre estuvieron prestos para ayudarnos y su buena predisposición para el trabajo.

A la Ing. Mercedes Villacís, el Ing. Paul Zúñiga y todo el personal del laboratorio de hormigones que siempre nos han ayudado de la mejor manera.

Mi eterna gratitud a la familia Cupuerán Arias por haber sido un pilar fundamental en mis estudios.

Johanna Paola Cupuerán Avellaneda

## DEDICATORIA

Quiero agradecer a Dios por todas las metas que ha puesto en vida y que me han enseñado cada día a superarme y ser mejor, a mis padres que sin el sacrificio de ellos esta meta hubiese sido inalcanzable, al igual que mi familia por el respaldo y el apoyo durante toda mi vida y en especial a mi abuelito que siempre me motivó a seguir y que siempre estuvo pendiente de mí y de mi bienestar estudiantil, y que sé que desde el cielo él me sigue guiando y a él dedico este triunfo.

Juan Carlos Cañar Encalada

## **DEDICATORIA**

Esta investigación se la dedico en primer lugar a Dios por respaldar cada uno de mis pasos en este proceso. Con mucho cariño se lo dedico a mis padres quienes depositaron toda su confianza y apoyo en mí y me permitieron volar para alcanzar un sueño.

Johanna Paola Cupuerán Avellaneda

## CONTENIDO

DECLARACIÓN .....	I
CERTIFICACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
DEDICATORIA.....	VI
CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE CUADROS .....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XVIII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	XXIII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XXVII
RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	3
PRESENTACIÓN .....	5
CAPITULO 1 .....	6
1. INTRODUCCIÓN .....	6
1.1. OBJETIVOS.....	6
1.1.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
1.2. ANTECEDENTES.....	6
1.3. USO DE PLACA METÁLICA COLABORANTE.....	8
1.4. FUNCIONES DE LA PLACA METÁLICA COLABORANTE .....	13
1.5. VENTAJAS .....	14

1.6. ELEMENTOS DEL SISTEMA .....	16
1.6.1. PLACA METÁLICA COLABORANTE .....	17
1.6.2. HORMIGÓN .....	17
1.6.3. MALLA DE TEMPERATURA .....	18
1.6.4. CONECTOR DE CORTE.....	19
CAPÍTULO 2 .....	20
2. SATEC COMPOSITE DECK.....	20
2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA.....	20
2.1.1. RECUBRIMIENTO METÁLICO .....	20
2.1.1.1. Zintro-Alum .....	20
2.1.1.2. Especificaciones de Zintro-Alum .....	21
2.1.1.2.1. Tipos de acero para placas metálicas .....	21
2.1.1.2.2. Capa de recubrimiento .....	21
2.1.1.2.3. Calibres .....	22
2.1.1.3. Ventajas del Zintro – Alum .....	23
2.1.1.3.1. Resistencia a la corrosión atmosférica .....	23
2.1.1.3.2. Resistencia a la corrosión por rocío de sal .....	24
2.1.1.3.3. Resistencia a la corrosión por altas temperaturas.....	25
2.1.1.3.4. Post – Formado.....	25
2.1.1.3.5. Reflexión al calor.....	25
2.1.1.3.6. Protección catódica .....	26
2.2. CONFORMADO EN FRIO .....	27
2.2.1. TIPO DE SECCIÓN.....	27
2.2.1.1. Dimensionamiento .....	27
2.3. PROPIEDADES MECÁNICAS.....	30

CAPITULO 3 .....	33
3. BASES PARA EL DISEÑO CON SATEC COMPOSITE DECK .....	33
3.1. ANÁLISIS DE CARGA Y RESISTENCIA .....	33
3.1.1. PLACA DECK .....	34
3.1.1.1. Deflexión .....	34
3.1.1.2. Tensión .....	36
3.1.2. LOSAS MIXTAS ACERO – HORMIGÓN .....	38
3.1.3. SECCIÓN COMPUESTA .....	45
3.1.3.1. Condición de resistencia .....	45
3.1.3.2. Resistencia al corte por adherencia .....	45
3.1.3.3. Resistencia a la flexión .....	55
3.1.3.4. Conectores de corte .....	59
CAPÍTULO 4 .....	64
4. PROCESO DE MUESTREO Y ENSAYOS DE LABORATORIO .....	64
4.1. REQUERIMIENTOS Y MUESTREO .....	64
4.2. FABRICACION DE PROBETAS .....	65
4.2.1. REQUISITOS DIMENSIONALES .....	65
4.2.2. MATERIA PRIMA .....	65
4.2.3. FABRICACIÓN DE PLACAS DECK .....	66
4.2.4. PLACA DE PATÍN .....	69
4.2.5. COLOCACIÓN DE CONECTORES DE CORTE .....	70
4.2.6. MALLA ELECTROSOLDADA .....	70
4.2.7. ENCOFRADO DE PROBETAS .....	71
4.2.8. HORMIGONADO DE PROBETAS .....	72
4.2.9. CURADO .....	72

4.2.10. DESENCOFRADO .....	73
4.3. INSPECCIÓN Y MUESTREO .....	74
4.3.1. INSPECCIÓN .....	74
4.3.2. MUESTREO .....	74
4.4. MARCADO Y ETIQUETADO .....	75
4.5. TRANSPORTE .....	77
4.6. PREPARACION DE PROBETAS Y EQUIPOS DE LABORATORIO .....	78
4.6.1. COLOCACIÓN DE LOS STRAIN GAGES.....	78
4.6.2. ARMADO DEL MARCO DE CARGA.....	79
4.6.3. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO .....	80
4.7. ENSAYOS .....	80
4.7.1. ENSAYO TIPO 1. PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	80
4.7.2.. ENSAYO TIPO 2. LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.....	81
4.7.3. ENSAYO TIPO 3. MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD .....	82
4.7.4. ENSAYO TIPO 4. MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA) .....	82
CAPÍTULO 5 .....	84
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE ENSAYOS .....	84
5.1. DESCRIPCIÓN .....	84
5.2. ENSAYO TIPO 1. PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	84
5.2.1. PROBETA P7, $e = 0.76$ mm; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	85
5.2.2. PROBETA P8, $e = 0.76$ mm; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	89

5.2.3. PROBETA P2, e =0.90 mm; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	93
5.2.4. PROBETA P20, e =0.90 mm; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	97
5.2.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ENSAYO TIPO 1, PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	101
5.3. ENSAYO TIPO 2. LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGON .....	102
5.3.1. PROBETA P3, e =0.90 mm; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN .....	103
5.3.2. PROBETA P4, e =0.90 mm; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN. ....	108
5.3.3. PROBETA P9, e =0.76 mm; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN. ....	112
5.3.4. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ENSAYO TIPO 2; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.....	116
5.4. ENSAYO TIPO 3. MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD .....	117
5.4.1. PROBETA P11, e =0.76 mm; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD .....	117
5.4.2. PROBETA P14, e =0.76 mm; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD. ....	122
5.4.3. PROBETA P5, e =0.90 mm; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD. ....	126
5.4.4. PROBETA P15, e =0.90 mm .....	131
5.4.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ENSAYO TIPO 3; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	136



5.5. ENSAYO TIPO 4. MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD) (FLEXION NEGATIVA.....	137
5.5.1. PROBETA P12, e =0.76 mm; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA) .....	137
5.5.2. PROBETA P13, e =0.76 mm; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA). .....	141
5.5.3. PROBETA P6, e =0.90 mm; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA). .....	146
5.5.4. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ENSAYO TIPO 4; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA). .....	150
CAPITULO 6 .....	155
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	155
6.1. CONCLUSIONES .....	155
6.2. RECOMENDACIONES .....	159
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	160
ANEXOS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 2.1. COMPONENTES ZINTRO- ALUM .....	20
CUADRO 2.2. TIPOS DE ACERO PARA PLACAS METÁLICAS .....	21
CUADRO 2.3. CALIBRES DE FABRICACIÓN DE LÁMINAS DE ACERO .....	22
CUADRO 2.4. PRUEBAS DE CALIDAD EN RECUBRIMIENTO ZINTRO- ALUM .....	26
CUADRO 2.5. DIMENSIONES DE LA PLACA METÁLICA COLABORANTE SCD.....	27
CUADRO 2.6. DIMENSIONES DE LA PLACA METÁLICA COLABORANTE SCD CALIBRE 22 .....	28
CUADRO 2.7. DIMENSIONES DE LA PLACA METÁLICA COLABORANTE SCD CALIBRE 20 .....	28
CUADRO 2.8. ÁNGULO ENTRE VALLES Y ESPESOR DE EMBOZADO .....	29
CUADRO 2.9. PRINCIPALES PROPIEDADES MECÁNICAS .....	32
CUADRO 3.1. LONGITUDES MÁXIMAS ENTRE APOYOS SIN APUNTALAMIENTOS .....	38
CUADRO 3.2. VOLUMEN DE HORMIGÓN EN SATEC COMPOSITE DECK .....	39
CUADRO 3.3. INERCIA PROMEDIO DE SECCIÓN COMPUESTA.....	42
CUADRO 3.4. SOBRECARGA ADMISIBLE SIN CONECTORES DE CORTE.....	44
CUADRO 3.5. VALORES DE $\gamma$ PARA VARIAS CONDICIONES DE SOPORTE.....	54
CUADRO 3.6. RELACIÓN c/d.....	57
CUADRO 3.7. MOMENTOS MINORADOS.....	57

CUADRO 3.8. CARGAS ÚLTIMAS MAYORADAS CON HORMIGÓN DE 210 Kg/cm <sup>2</sup> .....	58
CUADRO 3.9. CARGAS ÚLTIMAS MAYORADAS CON HORMIGÓN DE 240 Kg/cm <sup>2</sup> .....	59
CUADRO 3.10. CARGAS ADMISIBLES CON CONECTORES DE CORTE.....	63
CUADRO 4.1. RESUMEN DE TIPO DE ENSAYOS Y PROBETAS.....	75
CUADRO 5.1. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 1 PLACA P7; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	86
CUADRO 5.2. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 1 PLACA P7; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA. ....	87
CUADRO 5.3. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 1 PLACA P8; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA. ....	90
CUADRO 5.4. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 1 PLACA P8; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA. ....	91
CUADRO 5.5. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 1 PLACA P2; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	94
CUADRO 5.6. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 1 PLACA P2; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA. ....	95
CUADRO 5.7. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 1 PLACA P20; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA. ....	98
CUADRO 5.8. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 1 PLACA P7; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA. ....	99

CUADRO 5.9. RESUMEN CARGAS MAXIMAS, DEFORMACIONES REALES Y TEORICAS Y MOMENTOS MAXIMOS DE PROBETAS ENSAYO TIPO 1; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA .....	101
CUADRO 5.10. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 2 PLACA P3; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.....	104
CUADRO 5.11. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 2 PLACA P3; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.....	105
CUADRO 5.12. DEFORMACIONES REALES Y TEÓRICAS ENSAYO TIPO 2 PLACA P4; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.....	109
CUADRO 5.13. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 2 PLACA P4; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.....	110
CUADRO 5.14. DEFORMACIONES REALES Y TEÓRICAS ENSAYO TIPO 2 PLACA P9; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.....	113
CUADRO 5.15. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 2 PLACA P9; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.....	113
CUADRO 5.16. RESUMEN CARGAS MAXIMAS, DEFORMACIONES REALES Y TEORICAS Y MOMENTOS MAXIMOS DE PROBETAS ENSAYO TIPO 2; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.....	116
CUADRO 5.17. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 3 PLACA P11; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	118
CUADRO 5.18. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 3 PLACA P11; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	119

CUADRO 5.19. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 3 PLACA P14; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	123
CUADRO 5.20. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 3 PLACA P14; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD. ....	124
CUADRO 5.21. DEFORMACIONES REALES Y TEÓRICAS ENSAYO TIPO 3 PLACA P5; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	127
CUADRO 5.22. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 3 PLACA P5; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD. ....	128
CUADRO 5.23. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 3 PLACA P15; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	132
CUADRO 5.24. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 3 PLACA P15; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD. ....	133
CUADRO 5.25. RESUMEN CARGAS MAXIMAS, DEFORMACIONES REALES Y TEORICAS Y MOMENTOS MAXIMOS DE PROBETAS ENSAYO TIPO 3; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	136
CUADRO 5.26. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 4 PLACA P12; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA). ....	138
CUADRO 5.27. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 4 PLACA P12; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA). ....	139

CUADRO 5.28. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 4 PLACA P13; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA). .....	142
CUADRO 5.29. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 4 PLACA P13; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA). .....	143
CUADRO 5.30. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 4 PLACA P6; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA). .....	147
CUADRO 5.31. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 4 PLACA P6; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA). .....	147
CUADRO 5.32. RESUMEN CARGAS MAXIMAS, DEFORMACIONES REALES Y TEORICAS Y MOMENTOS MAXIMOS DE PROBETAS ENSAYO TIPO 4; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA). .....	150
CUADRO 5.33. RESUMEN GENERAL DE CARGAS MAXIMAS, DEFORMACIONES REALES Y TEORICAS Y MOMENTOS MAXIMOS DE PROBETAS.....	152

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. ACERO DE REFUERZO .....	13
FIGURA 1.2. ENCOFRADO .....	14
FIGURA 1.3. PLATAFORMA DE TRABAJO .....	14
FIGURA 2.1. COMPARACIÓN EN HOJAS DE ZINTRO-ALUM Y GALVANIZADO G-90 DE LA PÉRDIDA DE RECUBRIMIENTO DURANTE UN PERÍODO DE 13 AÑOS DE EXPOSICIÓN ATMOSFÉRICA. ....	23
FIGURA 2.2. DURACIÓN DEL RECUBRIMIENTO ZINTRO-ALUM Y GALVANIZADO G-90, EN AMBIENTES DE USO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.....	24
FIGURA 2.3. HORAS DE EXPOSICIÓN EN CÁMARA SALINA ANTES DE LA PRIMERA MARCA DE OXIDACIÓN SIGNIFICANTE.....	25
FIGURA 2.4. DIMENSIONES DE LA PLACA METÁLICA COLABORANTE SCD.....	28
FIGURA 2.5. DIMENSIONES DE LA PLACA METÁLICA COLABORANTE SCD DE FABRICACIÓN .....	29
FIGURA 2.6. ÁNGULO ENTRE VALLES Y ESPESOR DE EMBOZADO .....	29
FIGURA 2.7. TIPO DE EMBOZADO .....	29
FIGURA 3.1. Recomendaciones de disposición de cargas Constructivas por SDI .....	37
FIGURA 3.2. VARIABLES EN UNA LOSA MIXTA.....	39
FIGURA 3.3. MODELO DE FALLA POR ADHERENCIA .....	46
FIGURA 3.4. MODELO TÍPICO DE PRUEBA DE PLACA METÁLICA COLABORANTE .....	47
FIGURA 3.5. RELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN LA ADHERENCIA .....	48

FIGURA 3.6. MECANISMO DE CORTE CON SUS RESPECTIVOS (S).....	50
FIGURA 3.7. MECANISMO DE CORTE CON SUS RESPECTIVOS (S).....	51
FIGURA 3.8. COMPARACIÓN DE DIAGRAMA DE CARGA CONCENTRADA Y DISTRIBUIDA CON DOS CARGAS CONCENTRADAS .....	52
FIGURA 3.9. TIPOS DE CONECTORES DE CORTE .....	60
FIGURA 3.10. OTROS TIPOS DE CONECTORES DE CORTE.....	62
FIGURA 4.1. MODELO TÍPICO DE PRUEBA DE LÁMINA METÁLICA.....	79
FIGURA 5.1. DISTANCIA ENTRE APOYOS ENSAYO TIPO 1; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA .....	84
FIGURA 5.2. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 1 PLACA P7; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	85
FIGURA 5.3. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 1 PLACA P7; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	88
FIGURA 5.4. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO, TIPO 1 PLACA P8; PLACA ENCOFRADO PLACA DECK SOLA.....	89
FIGURA 5.5. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 1 PLACA P8; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	92
FIGURA 5.6. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 1 PLACA P2; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	93
FIGURA 5.7. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 1 PLACA P2; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	96



FIGURA 5.8. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 1 PLACA P20; PLACA ENCOFRADO , PLACA DECK SOLA. ....	97
FIGURA 5.9. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 1 PLACA P20; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	100
FIGURA 5.10. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 1, PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA .....	101
FIGURA 5.7. DISTANCIA ENTRE APOYOS ENSAYO TIPO 2, 3 y 4.....	102
FIGURA 5.11. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 2 PLACA P3; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN. ....	103
FIGURA 5.12. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 2 PLACA P3; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN. ....	106
FIGURA 5.13. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 2 PLACA P4; LOSETA, PLACA DECK+ CARPETA DE HORMIGÓN. ....	108
FIGURA 5.14. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 2 PLACA P4; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN. ....	111
FIGURA 5.15. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO LOSETA, TIPO 2 PLACA P9; PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN. ....	112
FIGURA 5.16. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 2 PLACA P9; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN. ....	115

FIGURA 5.17. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 2; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.....	116
FIGURA 5.18. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3 PLACA P11; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	119
FIGURA 5.19. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3 PLACA P11; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	120
FIGURA 5.20. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3 PLACA P14; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON S TUD.....	122
FIGURA 5.21. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3 PLACA P14; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	125
FIGURA 5.22. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3 PLACA P5; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	126
FIGURA 5.23. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3 PLACA P5; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	129
FIGURA 5.24. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3 PLACA P15; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	131
FIGURA 5.25. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3 PLACA P15; MOMENTO POSITI VO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	134

FIGURA 5.26. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	136
FIGURA 5.27. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 4 PLACA P12; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA). ...	137
FIGURA 5.28. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 4 PLACA P12; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA). .....	140
FIGURA 5.29. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 4 PLACA P13; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA). ...	141
FIGURA 5.30. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 4 PLACA P13; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA). ...	144
FIGURA 5.31. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 4 PLACA P6; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA). ...	146
FIGURA 5.32. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 4 PLACA P12; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA). ...	149
FIGURA 5.33. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 4; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA). .....	150

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1.1. INSTALACIÓN DE SATEC COMPOSITE DECK, LOSA DE EDIFICIO. ....	9
FOTOGRAFÍA 1.2. INSTALACIÓN DE SATEC COMPOSITE DECK, LOSA DE EDIFICIO CENTRO COMERCIAL. ....	9
FOTOGRAFÍA 1.3. INSTALACIÓN SATEC COMPOSITE DECK, LOSA DE PARQUEADERO .....	10
FOTOGRAFÍA 1.4. INSTALACIÓN SATEC COMPOSITE DECK, LOSA DE MEZANINE.....	10
FOTOGRAFÍA 1.5. INSTALACIÓN SATEC COMPOSITE DECK, LOSA DE CUBIERTA .....	11
FOTOGRAFÍA 1.6. INSTALACIÓN SATEC COMPOSITE DECK, LOSA DE CUBIERTA .....	11
FOTOGRAFÍA 1.7. INSTALACIÓN SATEC COMPOSITE DECK, LOSA DE PLATAFORMA PARA MUELLE.....	12
FOTOGRAFÍA 1.8. INSTALACIÓN SATEC COMPOSITE DECK, LOSA DE UN PUENTE.....	12
FOTOGRAFÍA 1.9. ELEMENTOS DEL SISTEMA, SATEC COMPOSITE DECK .....	16
FOTOGRAFÍA 2.1. VALLE Y CRESTA A FLEXIÓN MOMENTO POSITIVO .....	30
FOTOGRAFÍA 2.2. VALLE Y CRESTA A FLEXIÓN MOMENTO NEGATIVO.....	30
FOTOGRAFÍA 3.1. CONECTOR NELSON STUD MARCA SATEC .....	61
FOTOGRAFÍA 3.2. COLOCACIÓN DE LOS CONECTORES NELSON STUD .....	61

FOTOGRAFÍA 4.1. ROLLO DE ACERO LAMINADO ACEROMEX DEL ECUADOR. ....	65
FOTOGRAFÍA 4.2. MAQUINA LAMINADORA ACEROMEX DEL ECUADOR. ....	66
FOTOGRAFÍA 4.3. PANEL DE CONTROL DE MAQUINA LAMINADORA ACEROMEX DEL ECUADOR .....	66
FOTOGRAFÍA 4.4. UBICACIÓN DE EJES PARA CORTE DE LAS PLACAS METALICAS.....	67
FOTOGRAFÍA 4.5. DIMENSIONAMIENTO DE PROBETAS.....	68
FOTOGRAFÍA 4.6. PLACA METALICA.....	68
FOTOGRAFÍA 4.7. IDENTIFICACIÓN DE PROBETAS PARA ENSAYOS.....	69
FOTOGRAFÍA 4.8. FABRICACIÓN DE PATINES.....	69
FOTOGRAFÍA 4.9. COLOCACIÓN DE CONECTORES NELSON STUD.....	70
FOTOGRAFÍA 4.10. COLOCACIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA.....	71
FOTOGRAFÍA 4.11. ENCOFRADO DE LAS PROBETAS .....	71
FOTOGRAFÍA 4.12. ENTREGA DE HORMIGON PARA PROBETAS.....	72
FOTOGRAFÍA 4.13. HORMIGONADO Y CURADO DE LAS PROBETAS .....	73
FOTOGRAFÍA 4.14. CILINDROS DE HORMIGÓN ENSAYADOS EN EL LABORATORIO DE HORMIGONES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL.....	73
FOTOGRAFÍA 4.15. PROBETAS HORMIGONADAS PARA ENSAYAR.....	74
FOTOGRAFÍA 4.16. PLACA METALICA PARA ENSAYOS .....	76
FOTOGRAFÍA 4.17. ETIQUETADO PROBETA P2 .....	76
FOTOGRAFÍA 4.18. ETIQUETADO PROBETA P12.....	77
FOTOGRAFÍA 4.19. GRUA DE CARGA CENTRO DE INVESTIGACION DE LA VIVIENDA.....	77

FOTOGRAFÍA 4.20. COLOCACION DE STRAIN GAGES. ....	78
FOTOGRAFÍA 4.21. MARCO DE CARGA. ....	79
FOTOGRAFÍA 4.22. COLOCACION DE EQUIPOS A PROBETAS .....	80
FOTOGRAFÍA 4.23. ENSAYO PLACA DECK SOLA (ENCOFRADO).....	81
FOTOGRAFÍA 4.24. ENSAYO PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGON. ....	81
FOTOGRAFÍA 4.25. ENSAYO PLACA LOSA COMPUESTA. ....	82
FOTOGRAFÍA 4.26. ENSAYO PROBETA A MOMENTO NEGATIVO.....	83
FOTOGRAFÍA 4.27. ENSAYO PROBETA A MOMENTO NEGATIVO.....	83
FOTOGRAFÍA 5.1. UBICACIÓN DE APOYOS Y CARGA EN LAS PROBETA DEL ENSAYOS TIPO 1; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	85
FOTOGRAFÍA 5.2. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 1 PLACA P7; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA. ....	88
FOTOGRAFÍA 5.3. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 1 PLACA P8; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	92
FOTOGRAFÍA 5.4. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 1 PLACA P2; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.....	96
FOTOGRAFÍA 5.5. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 1 PLACA P20; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA. ....	100
FOTOGRAFÍA 5.6. UBICACIÓN DE APOYOS Y CARGA EN LA PROBETA.....	102
FOTOGRAFÍA 5.7. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 2 PLACA P3; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.....	107
FOTOGRAFÍA 5.8. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 2 PLACA P4; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.....	111

FOTOGRAFÍA 5.9. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 2 PLACA P9; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.....	115
FOTOGRAFÍA 5.10. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 3 PLACA P11; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	121
FOTOGRAFÍA 5.11. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 3 PLACA P14; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	126
FOTOGRAFÍA 5.12. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 3 PLACA P5; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	130
FOTOGRAFÍA 5.13. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 3 PLACA P15; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.....	135
FOTOGRAFÍA 5.14. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 4 PLACA P12; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).....	140
FOTOGRAFÍA 5.15. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 4 PLACA P13; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).....	145
FOTOGRAFÍA 5.16. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 4 PLACA P6; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).....	149

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1: CERTIFICADO DE CALIDAD SATEC – ACEROMEX DEL ECUADOR .....	162
ANEXO N° 2: FICHA TÉCNICA STRAIN GAGES.....	165
ANEXO N° 3: FICHA TÉCNICA CONECTORES DE CORTE NELSON STUD .....	167
ANEXO N° 4: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN .....	174
ANEXO N° 5: FICHA TÉCNICA LOSACERO.....	176
ANEXO N° 6: GRAFICAS DE CARGA CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA VIVIENDA .....	178
ANEXO N° 7: FORMATO SOLICITUD PARA LA OBTENCIÓN DEL “CERTIFICADO DE CONFORMIDAD INEN ESQUEMA 5” .....	193



## RESUMEN

La investigación esta propuesta a través del dimensionamiento, caracterización y ensayo de placas metálicas colaborantes para determinar propiedades físicas y mecánicas de una opción de material para el mercado ecuatoriano en el campo de la construcción, propuesto por la empresa Satec – Aceromex del Ecuador, la cual nos ha planteado la realización de este trabajo y el apoyo tecno-económico que tiene como objetivo la certificación INEN para la obtención de marca de este tipo de material para su libre comercialización.

El primer paso es la fabricación de las placas metálicas colaborantes en las dimensiones preestablecidas por la empresa, diseño, y procedimiento de ensayo en 2200 mm. Las probetas como se denominará a cada placa metálica colaborante con su respectiva numeración se fabricaron en dos espesores diferentes de 0.76 mm y 0.90 mm.

En la placa colaborante se procedió al dimensionamiento de los valles que presenta en la sección transversal del material, para el diseño se utilizaron los datos preestablecidos en los manuales y tablas del STEEL DECK INSTITUTE (SDI).

Según los diferentes usos que se le da durante el proceso constructivo se estableció el orden de los ensayos realizados de la siguiente manera: En el primer caso se consideró la probeta únicamente como un encofrado metálico capaz de resistir los materiales a recibir como hormigón y acero de refuerzo, además el personal y maquinaria necesaria durante el proceso de fundición. El segundo uso del material propuesto es la placa metálica colaborante mas una loseta de hormigón, representando el uso de loseta con la necesidad de soportar su peso propio mas una carga viva. En el siguiente uso se trabaja como un sistema compuesto en el cual se armó un sistema placa metálica colaborante, conectores de corte (Nelson Stud) y una malla electrosoldada. En el último caso se utilizó el sistema compuesto pero de tal forma que represente la inversión de los momentos en caso de fuerzas sísmicas.

A todas las probetas descritas en los tres primeros casos se les aplicó una carga como lo establece la norma para la ejecución de estos ensayos, y se realizó la medición de la deformación vertical (deflexión), y los esfuerzos en la sección transversal. En el cuarto caso que se denominó Momento Negativo se procedió a invertir la posición de las probetas para reproducir de mejor manera los efectos de este estado de carga, con la finalidad de que el esfuerzo de tracción se presente sobre la parte de hormigón con el refuerzo de acero; mientras el esfuerzo a compresión esté en la zona de unión de la placa metálica y los conectores de corte.

Los resultados obtenidos de las mediciones determinarán la capacidad de carga a flexión, deformaciones máxima permitidas y ductilidad para cada uno de los casos representados en esta investigación.

## ABSTRACT

The research proposal through dimensioning, characterization and testing of metal plates collaborating to determine physical and mechanical properties of a material option for the Ecuadorian market in the field of construction, proposed by the company Satec - Aceromex del Ecuador, the which we have brought us the realization of this work and techno-economic support that aims to INEN obtaining certification mark such material for free marketing.

The first step is the manufacture of metal plates collaborating in size preset by the company, design, and test procedure at 2200 mm. The specimens referred to as Decking each metal plate with their respective numbers were produced in two different thicknesses of 0.76 mm and 0.90 mm.

In the Decking board it proceeded to the sizing of the valleys posing in the cross section of the material, to design the preset data in charts and manuals STEEL DECK INSTITUTE (SDI) were used.

According to various uses given to it during the construction process the order of the tests made was established as follows: In the first case the probe was considered only as a metal capable of withstanding formwork receiving materials such as concrete and steel reinforcement also necessary personnel and machinery during the casting process. The second use of the proposed material is the metal plate coworker plus a concrete tile, tile representing use with the need to support its own weight over a live load. The following working use as a composite system in which a metal plate coworker, connectors (Nelson Stud) and a welded mesh system was armed. In the last case was used a compound system such investment representing moments seismic forces if used in the latter case.

In all specimens described in the first three cases they were given a charge as required by the standard for the execution of these tests, and measuring the vertical deformation (deflection) was performed, and efforts in cross section. In

the fourth case that negative moment was named he proceeded to reverse the position of the samples to reproduce better the effects of this state of charge, in order that the tensile stress is present on the part of concrete reinforcement steel; while the compressive stress is in the junction area of the metal plate and the shear connectors.

The results of the measurements determine the bending load capacity, maximum permissible deformation and ductility for each of the cases represented in this investigation.

## PRESENTACIÓN

El proyecto de investigación se desarrolla en seis capítulos conformados de la siguiente manera:

En el capítulo primero, presenta las generalidades de la placa metálica colaborante Deck y la justificación de la empresa Satec – Aceromex para la fabricación de este producto dentro del mercado Ecuatoriano considerando las normas y códigos que rigen el uso de las mismas.

En el segundo capítulo, se indican las características físicas, químicas así como sus principales propiedades mecánicas y el dimensionamiento transversal establecido por el fabricante de la placa metálica colaborante denominada Satec Composite Deck.

En el tercer capítulo, se detalla la base teórica para las diferentes fases que se han realizado los ensayos basados en los modelos matemáticos y la resistencia de materiales.

En el cuarto capítulo, se describe el procedimiento de muestreo y fabricación de las probetas, así como el tipo de ensayo realizado previamente establecido.

En el quinto capítulo, se analizan los resultados de los ensayos obtenidos en laboratorio para cada probeta y por cada uno de los sistemas en los que se sometió la placa metálica colaborante Deck comparando con los valores teóricos.

En el sexto capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones que reflejan este trabajo de investigación, seguido de los anexos.

# CAPITULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. OBJETIVOS

#### 1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar las características físicas y mecánicas de la placa colaborante de acero conformada en frío, mediante los ensayos en el laboratorio de la vivienda de la EPN, para la obtención de los resultados que servirán para certificación de la Norma NTE-INEN 2397:2014

#### 1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer las características del Acero Estructural el cual servirá para la fabricación de la placa colaborante, esto se obtendrá de las certificaciones de molino de cual procede el material.
- Obtener los datos representativos, de la composición química del material de las certificaciones del material de procedencia.
- Establecer las medidas y secciones (Ancho útil, Espesor BTM, Espesor TCT, etc.) de las placas colaborantes a ser ensayadas.
- Efectuar las pruebas de ensayo en el laboratorio de la vivienda para determinar la capacidad de carga de la placa colaborante.

### 1.2. ANTECEDENTES

#### GENERALIDADES

En el Ecuador se está aplicando nuevos métodos y tecnologías constructivas que permiten al diseñador y constructor facilidades en su aplicación, así como la selección de materiales nuevos e innovadores, dentro de las cuales resalta el

diseño y construcción con estructura metálica como una de las tendencias más aplicadas.

La rapidez en el proceso constructivo permite recuperar la inversión económica de una manera más eficiente y rápida, lo cual es beneficioso dentro de los proyectos inmobiliarios. La rentabilidad del proyecto no queda expuesta al cambio de costos en los materiales e insumos y mano de obra a utilizarse dentro del periodo de construcción del proyecto, causas que podrían desencadenar en nuevas inversiones aumentando el costo del mismo.

En el uso de nuevos materiales destaca la utilización de la placa colaborante Deck ya que a nivel mundial este sistema constructivo se utiliza desde los años 50 y en nuestro país este sistema no es nuevo por lo que la empresa SATEC - ACEROMEX DEL ECUADOR STEEL S.A., con el compromiso de fortalecer la ingeniería y satisfacer las demandas del sector de la construcción, se encuentra produciendo en Ecuador desde el año 2011 el Sistema STEEL DECK, llamándolo al Sistema Constructivo con Placa Colaborante SATEC COMPOSITE DECK (SCD).

Como todo sistema constructivo, la Placa Metálica Colaborante; viene regulado por diversos organismos internacionales, destacando como el más importante del STEEL DECK INSTITUTE (SDI) con sede en la ciudad de Chicago, Illinois, Estados Unidos. También regularizado por normas como el American Institute of Steel Construction (AISC), dan diversas normativas para el uso de este sistema como construcción compuesta. Las normas del American Standard of Steel ASSHTO también nos dan pautas para el uso del sistema con un mayor enfoque al área de caminos. Las normas del American Standard of Testing Materials (ASTM), recopilan los requerimientos físicos y químicos de los materiales empleados para el sistema, así como la normativa de los ensayos que se requieren hacer al sistema para verificar su comportamiento y cumplimiento ante determinadas condiciones. Existen a su vez normativas adicionales de diversos países, destacando el código de Construcción Canadiense.

Para el caso de Ecuador la norma que rige es la NTE-INEN 2397:2014, expedida por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y en la cual se sigue todos los procedimientos y parámetros de dimensionamiento y caracterizaciones mecánicas a cumplir para satisfacer los objetivos de la investigación.

### **1.3. USO DE PLACA METÁLICA COLABORANTE**

La placa metálica colaborante, es un sistema estructural para la elaboración de losas y entrepisos en general, conocidos internacionalmente como STEEL DECK, dicho sistema se encuentra conformado por planchas prefabricadas de acero con recubrimiento galvanizado, misma que siguiendo un procedimiento de producción preformado entregan inercias estructurales las cuales soportan altas cargas durante el proceso de construcción, cumpliendo tres funciones principalmente:

- a) Plataforma de trabajo para todas las instalaciones de la futura losa;
- b) Refuerzo de acero a tracción en el caso de flexión a momento negativo y el caso de presencia de momento negativo la placa es sometida a compresión.
- c) Encofrado perdido del hormigón. El sistema cuenta también con conectores de corte, y una malla de temperatura, que al fraguar forman una unidad (sistema compuesto acero-hormigón) denominado losa con placa colaborante.

El sistema constructivo de placa metálica colaborante puede aplicarse básicamente para construir cualquier tipo de losas de entrepisos y sus variaciones.



**FOTOGRAFÍA 1.1. INSTALACIÓN DE SATEC COMPOSITE DECK, LOSA DE EDIFICIO.**



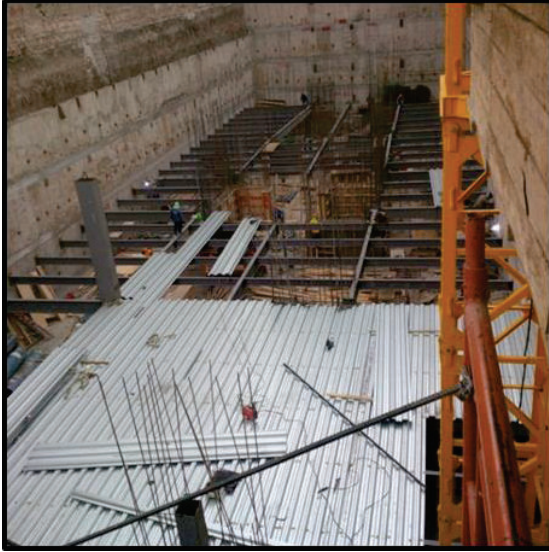
FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FOTOGRAFÍA 1.2. INSTALACIÓN DE SATEC COMPOSITE DECK, LOSA DE EDIFICIO CENTRO COMERCIAL.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FOTOGRAFÍA 1.3. INSTALACIÓN SATEC COMPOSITE DECK, LOSA DE PARQUEADERO**



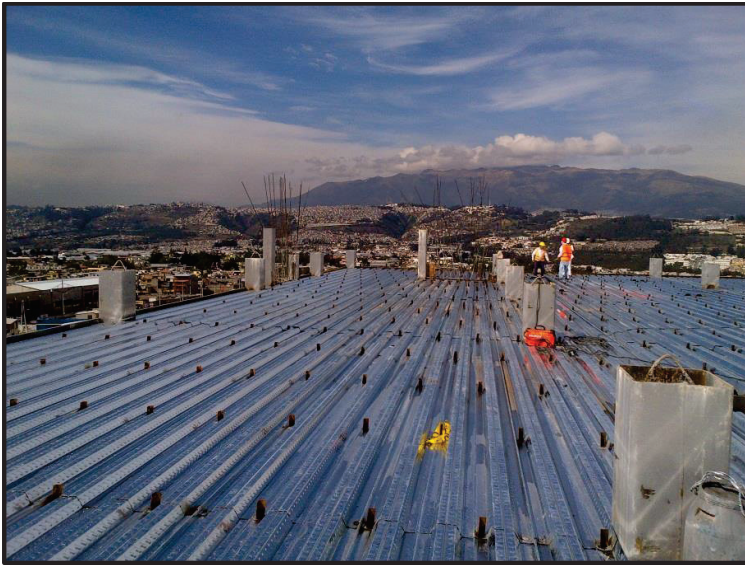
FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FOTOGRAFÍA 1.4. INSTALACIÓN SATEC COMPOSITE DECK, LOSA DE MEZANINE**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FOTOGRAFÍA 1.5. INSTALACIÓN SATEC COMPOSITE DECK, LOSA DE CUBIERTA**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FOTOGRAFÍA 1.6. INSTALACIÓN SATEC COMPOSITE DECK, LOSA DE CUBIERTA**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán



**FOTOGRAFÍA 1.7. INSTALACIÓN SATEC COMPOSITE DECK, LOSA DE PLATAFORMA PARA MUELLE.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FOTOGRAFÍA 1.8. INSTALACIÓN SATEC COMPOSITE DECK, LOSA DE UN PUNTE**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

Las fotografías de los ejemplos mencionados han sido tomadas en proyectos ya ejecutados en el Ecuador en los cuales se ha usado la placa colaborante Satec Composite Deck.

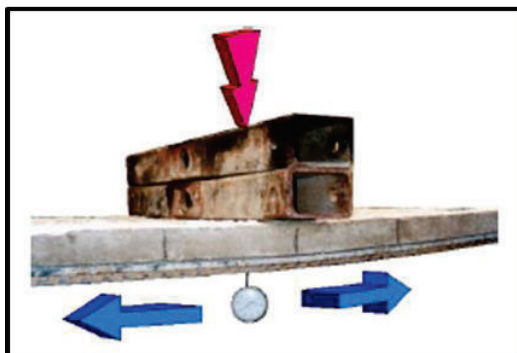
A nivel mundial el uso de este sistema ha abarcado una gran cantidad de importantes edificios en diferentes países como Estados Unidos (Twin Towers), Alemania, Japón entre otros; así como losas de puentes como es el puente más largo del mundo en Kobe Japón. De la misma forma Satec – Aceromex ha utilizado este sistema en sus proyectos a nivel mundial como en Estados Unidos, Puerto Rico, China y Chile.

#### 1.4. FUNCIONES DE LA PLACA METÁLICA COLABORANTE

Dentro del sistema constructivo, la placa colaborante cumple con tres funciones principales:

- Actuar como ACERO DE REFUERZO para contrarrestar los esfuerzos de tracción generados en las fibras inferiores de la losa producidas por las cargas de servicio.

FIGURA 1.1. ACERO DE REFUERZO



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

- Servir de ENCOFRADO para recibir el hormigón en estado fresco y las cargas de servicio producidas durante el vaciado del hormigón.

**FIGURA 1.2. ENCOFRADO**

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

- Actuar como PLATAFORMA DE TRABAJO, permitiendo tener una superficie de tránsito libre y segura para poder realizar las labores necesarias sobre la placa como la instalación de tuberías, perforaciones de la placa, armado del refuerzo o de las mallas de temperatura y soldadura de los conectores, etc.

**FIGURA 1.3. PLATAFORMA DE TRABAJO**

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

## 1.5. VENTAJAS

Los métodos tradicionales son ampliamente superados con la aplicación de la placa metálica colaborante, el mismo además de ser una herramienta de trabajo es un paso a la estética y a la modernidad. Las ventajas que ofrece el sistema son múltiples, más aún, si las comparamos con los sistemas tradicionales para el diseño y la construcción de losas; mencionamos a continuación las principales.

- Eliminación de encofrados: con esto se evitan el uso de encofrados y en algunos casos de apuntalamientos de entrepisos para efectos de armado y fundido de hormigón para conformación de la losa así como para efectos de montaje.
- Acero como refuerzo: la Placa Metálica Colaborante, trabajando en conjunto con el hormigón, contribuye como el acero de refuerzo positivo que trabaja a tensión si es el caso de un efecto de momento negativo este refuerzo será de compresión.
- Durabilidad: el acero empleado para la fabricación de las planchas, es de alta resistencia a la intemperie gracias a su recubrimiento de galvanizado pesado.
- Hecho a la medida: acorde a los diseños en planos para cada proyecto, las planchas son cortadas longitudinalmente a la medida exacta requerida, evitando hacer cortes innecesarios de las mismas, garantizando así una óptima eficiencia para su colocación.
- Limpieza en Obra: al no ser necesario cortar las planchas en obra su maniobrabilidad y fácil almacenamiento, se ven reflejados en el orden y limpieza de la misma.
- Liviano: gracias a la forma del perfil, el conjunto acero / hormigón, reduce el peso muerto de la losa; hablamos de losas que pesan desde 158.30 kg/m<sup>2</sup> y varía en función de la altura de la cresta desde el valle alto de la placa metálica colaborante.
- Fácil Transporte: el manejo e instalación: al ser planchas livianas, uniformes y cortadas a medida, son fácilmente apilables para ser transportadas, permitiendo también una fácil y rápida maniobrabilidad e instalación de las mismas.
- Estética: las planchas vistas desde el nivel inferior, brindan una visión uniforme, agradable y segura.
- Económico: en el mercado actual, el costo de las planchas para el sistema de placa metálica colaborante es económico lo que lo hace un sistema muy competitivo en el mercado.

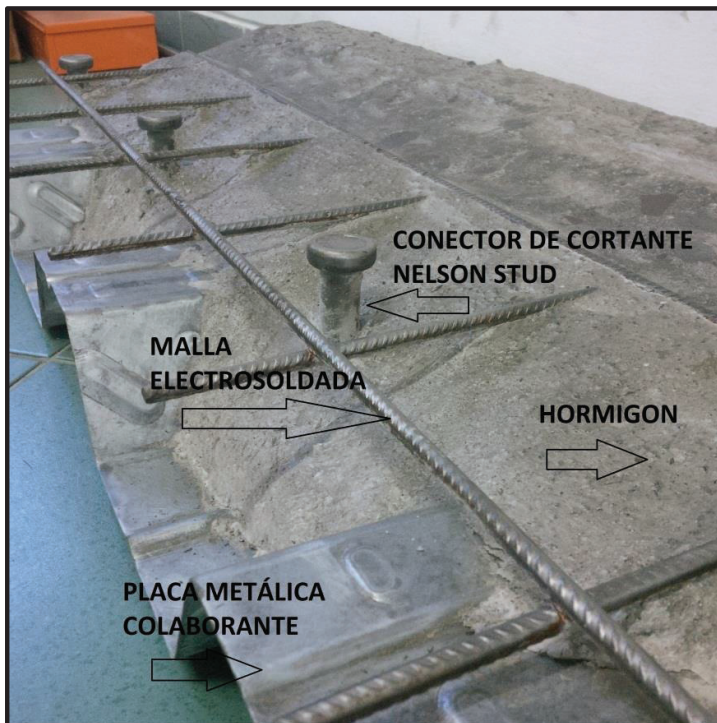
El sistema ofrece muchas ventajas siendo idóneo en proyectos donde el tiempo de ejecución de obra es el punto crítico, permitiendo reducir de forma considerable el tiempo trabajo teniendo una eficiencia del 60% respecto a otros sistemas constructivos. Por todas estas razones la obtención de la certificación es indispensable para la comercialización de un material innovador para el mercado de la construcción, y que da grandes beneficios a los constructores.

## 1.6. ELEMENTOS DEL SISTEMA

El sistema constructivo de la losa compuesta tiene los siguientes elementos:

- Placa Metálica Colaborante
- Hormigón
- Malla de temperatura
- Conectores de Corte

**FOTOGRAFÍA 1.9. ELEMENTOS DEL SISTEMA, SATEC COMPOSITE DECK**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán



### **1.6.1. PLACA METÁLICA COLABORANTE**

#### **CARACTERÍSTICAS**

La plancha colaborante es elaborada de bobinas de acero estructural con protección galvánica pesada G-90 que se somete a un proceso de rolado en frío para obtener la geometría deseada. Esta tiene un esfuerzo de fluencia mínimo de 33 Ksi o 2325 kg/cm<sup>2</sup>, con un módulo de elasticidad de 2.1x10<sup>6</sup> kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con las normas del ASTM A653 y ASTM A611 para los grados C y D.

Los calibres o espesores del acero utilizados para la formación de las planchas del Sistema constructivo ACERO DECK son calibrados en gages (gauges) o como espesores en milímetros o pulgadas.

Para efectos de cálculo, sólo se considera como espesor de plancha colaborante el calibre del acero base no incluyendo los espesores de galvanizado o pre-pintado. Los calibres más utilizados son el gage 20 (0.909 mm) y el gage 22 (0.759 mm.) con una tolerancia máxima de 5% de su espesor.

El proceso de formación de la plancha de placa metálica colaborante incluye también un tratamiento en su superficie que le proporciona relieves o muescas ubicadas en las paredes de los valles, diseñado con el fin de proporcionar adherencia mecánica entre el hormigón de la losa y la plancha de acero.

### **1.6.2. HORMIGÓN**

El hormigón a utilizarse en la construcción de losas deberá cumplir con los requisitos establecidos la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-SE) hoy en día en vigencia.

En lo que respecta a las “Especificaciones Estándar de los Agregados del Hormigón” nos referiremos a las normas ASTM C33 en el Volumen O4.02

Hormigón y Agregados. En el caso de utilizar concretos con menor peso específico, nos referiremos entonces a la norma ASTM C330 “Especificaciones Estándar para agregados livianos para la elaboración de concreto Estructural”.

El hormigón a utilizarse deberá tener una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de  $210 \text{ kgf/cm}^2$  por ser losas, consideradas para el diseño como elementos estructurales. No se tomarán en cuenta los concretos de resistencias mayores a los  $580 \text{ kgf/cm}^2$ .

Se realizará obligatoriamente el proceso de vibrado al hormigón para garantizar así la adherencia mecánica entre el acero y el concreto, y para lograr la uniformidad del hormigón. El curado del hormigón se efectuará como mínimo hasta 7 días posteriores al vaciado. No se utilizarán aditivos que contengan sales clorhídricas en su composición por que pueden producir efectos corrosivos en la plancha de acero.

Los Hormigones Livianos de Alto Desempeño son también conocidos como HLDA<sup>1</sup> (por sus siglas en español) o HPLC<sup>2</sup> (por sus siglas en inglés). Estos hormigones pueden ser conceptualizados como un hormigón de alta resistencia que a su vez posee las características de un hormigón liviano estructural.

Según el código ACI-318, para que un hormigón entre en el grupo de los hormigones livianos estructurales, este debe tener como máximo una densidad de  $1840 \text{ kg/m}^3$  y una resistencia mínima a la compresión de 17 MPa a los 28 días. Actualmente, con los avances en los estudios de la tecnología del hormigón se pueden elaborar hormigones livianos con resistencias a la compresión de 69 MPa a los 28 días según los estudios realizados.

### **1.6.3. MALLA DE TEMPERATURA**

El refuerzo de la malla de temperatura es esencial en cualquier tipo de losa estructural para evitar el fisuramiento de la misma, debido a los efectos de temperatura y contracción de fragua que sufre el hormigón. Se puede utilizar

como como malla de temperatura las mallas electrosoldadas o varillas de acero de refuerzo (corrugadas o lisas).

El diseño de dicho refuerzo estará acorde al Refuerzo por Contracción y Temperatura de las Normas Ecuatorianas de Estructuras. El recubrimiento mínimo de la malla de temperatura será de 2.5 cm, quedando sujeto al criterio del diseñador.

El acero diseñado para soportar los momentos negativos, pasará por debajo de la malla de temperatura y podrá estar sujetado a ésta. El diseño de la malla de temperatura se puede referir a las normas del ACI o a las Normas Ecuatoriana de la Construcción.

#### **1.6.4. CONECTOR DE CORTE**

La utilización de conectores de corte garantiza la formación de secciones compuestas de losas y vigas metálicas mediante soldadura y a la losa por el hormigón alrededor del mismo.

El conector de corte se instala directamente en la viga metálica de apoyo. Los conectores de corte tipo Nelson Stud, son elementos de acero que tienen como función primordial tomar los esfuerzos de corte que se generan en la selección compuesta (acero-hormigón) controlando y reduciendo las deformaciones.

Este tipo de conector tiene la forma de un perno con cabeza cilíndrica, no posee hilos (roscas) y es soldado en el ala superior de la viga de soporte cumpliendo intervalos de espacio entre cada colocación. La losa transfiere las cargas de gravedad por una interacción de fuerzas de compresión sobre la viga en la cual se apoya.

## CAPÍTULO 2

### 2. SATEC COMPOSITE DECK

La placa metálica colaborante propuesta en esta investigación, Satec - Aceromex del Ecuador, empresa a la que pertenece la denominó SATEC COMPOSITE DECK (SCD), para la fabricación de la placa metálica colaborante SCD, se requiere de bobinas de acero laminado en caliente que tienen las siguientes características.

#### 2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA

##### 2.1.1. RECUBRIMIENTO METÁLICO

###### 2.1.1.1. Zintro-Alum

Fabricación de una lámina de acero con un recubrimiento, formado mediante el proceso, continuo de inmersión en caliente que tiene por resultado una aleación compuesta por los siguientes elementos:

**CUADRO 2.1. COMPONENTES ZINTRO- ALUM**

COMPONENTES ZINTRO-ALUM	
COMPONENTE	PORCENTAJE
Aluminio	55%
Zinc	43.50%
Silicio	1.50%
Total	100%

FUENTE: Láminas acanaladas soluciones de acero recubierto para la construcción 2003

ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

La aleación obtenida de aluminio-zinc de la cual es parte del recubrimiento combina las características y propiedades de ambos metales; el aluminio siendo el metal más abundante en la composición, proporciona la resistencia a

la corrosión tanto atmosférica como por altas temperaturas, y una muy buena reflectividad térmica; el zinc aporta la formalidad y la protección galvánica o catódica que protege las áreas perforadas o cortadas de la lámina.

### **2.1.1.2. Especificaciones de Zintro-Alum**

#### **2.1.1.2.1. Tipos de acero para placas metálicas**

En la producción de los rollos laminados en caliente que se utiliza para el doblado a máquina (doblado en frío) y conformación de la placa metálica colaborante se utilizan los diferentes tipos de Acero.

#### **CUADRO 2.2. TIPOS DE ACERO PARA PLACAS METÁLICAS**

<b>TIPOS DE ACEROS PARA PLACAS METÁLICAS</b>		
<b>ACERO</b>	<b>Mínimo Fy (ksi)</b>	<b>Mínimo Fy (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
36	36	2530
40	40	2800
50	50	3500

FUENTE: Láminas acanaladas soluciones de acero recubierto para la construcción 2003

ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

Estos valores están dentro del límite de fluencia que se indica en la norma NTE INEN 2397:2014.

La calidad del acero para la fabricación de la placa metálica colaborante SCD, la cual Aceromex del Ecuador utiliza es el A36.

#### **2.1.1.2.2. Capa de recubrimiento**

El recubrimiento de ZINTRO-ALUM es AZ-50 (0.5 onzas/pie<sup>2</sup>), equivalente a (0.152 Kg/m<sup>2</sup>) un promedio en ambas caras; esto según la ASTM. A-792, Nom. B-469.

Debido a que la aleación aluminio-zinc, tiene una densidad menor que el zinc, con la capa AZ-50 se obtiene un espesor equivalente al de la lámina galvanizada G-90.

Capa AZ-50: Espesor=0.0016"

Capa G-90: Espesor=0.0015"

Si el recubrimiento es G-90 la masa mínima es de 0.275 Kg/m<sup>2</sup>, que está dentro de lo permitido por la Norma en estudio en el literal 6.2.1.

### 2.1.1.2.3. Calibres

Los calibres que se producen son los siguientes

**CUADRO 2.3. CALIBRES DE FABRICACIÓN DE LÁMINAS DE ACERO**

CALIBRE	Espesor (pulg.)	Espesor (mm)	Peso (lb/pie <sup>2</sup> )	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )
20	0.0359	0.912	1.463	7.158
21	0.0329	0.836	1.341	6.560
22	0.0299	0.759	1.219	5.962
23	0.0269	0.683	1.096	5.364
24	0.0239	0.607	0.974	4.765
25	0.0209	0.531	0.852	4.167
26	0.0179	0.455	0.729	3.569
27	0.0164	0.417	0.668	3.270
28	0.0149	0.378	0.607	2.971
29	0.0135	0.343	0.550	2.692
30	0.0120	0.305	0.489	2.393

FUENTE: Productos planos laminados en caliente Ahmsa. 2012

ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

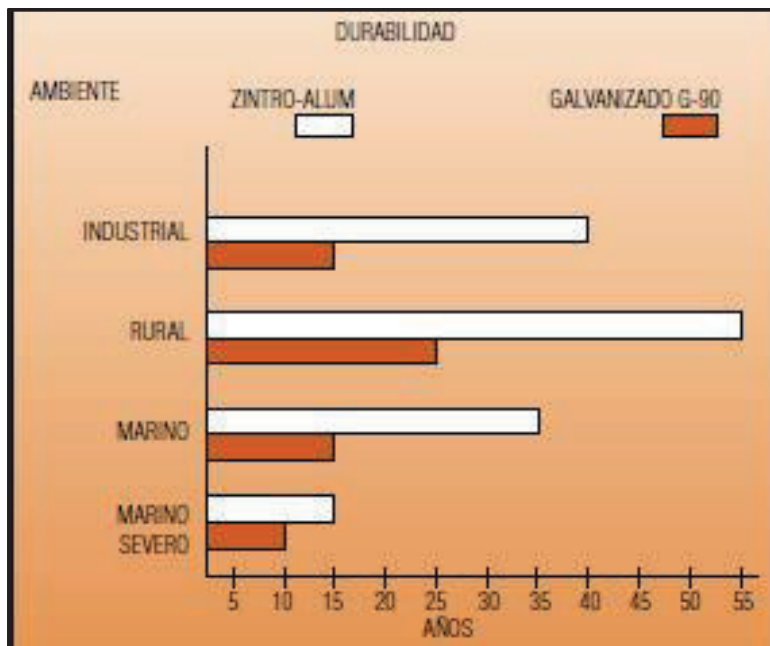
Los calibres tope son:

- El mínimo calibre es: Cal 30
- El máximo calibre es: Cal 20

En la producción de placa metálica colaborante SATEC COMPOSITE DECK, utiliza rollos laminados en caliente como materia prima que después de un



**FIGURA 2.2. DURACIÓN DEL RECUBRIMIENTO ZINTRO-ALUM Y GALVANIZADO G-90, EN AMBIENTES DE USO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO**



FUENTE: Bethlehem Internacional Engineering Corporation (BIEC).2002

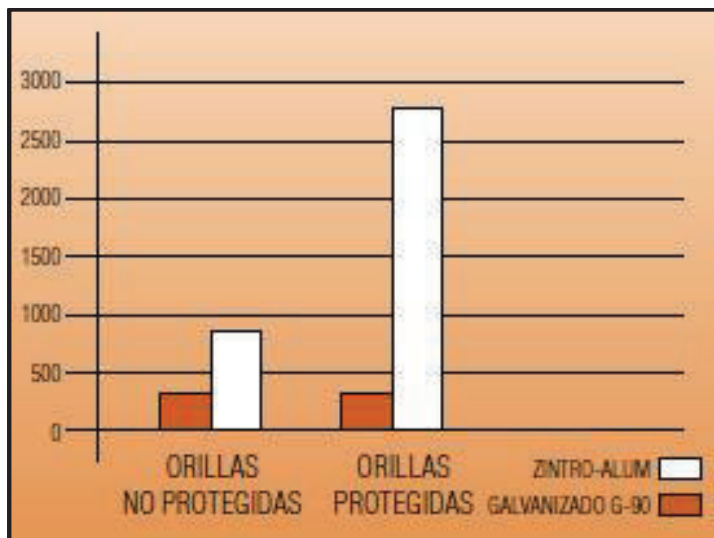
ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

#### **2.1.1.3.2. Resistencia a la corrosión por rocío de sal**

El recubrimiento de ZINTRO-ALUM es capaz de resistir como mínimo cinco veces más que la lámina galvanizada frente a la exposición de ambientes marinos cuando no hay cortes expuestos y tres veces o más si existen los cortes que frecuentemente se ejecutan para complementos de área, pases de ductos de instalaciones, ventilación o iluminación, etc., esto comprobado por ensayos de laboratorio que se ejecutan en para el control de calidad de la materia prima, bajo certificación del molino.



**FIGURA 2.3. HORAS DE EXPOSICIÓN EN CÁMARA SALINA ANTES DE LA PRIMERA MARCA DE OXIDACIÓN SIGNIFICANTE**



\* Los datos de prueba corresponden a la duración no real del producto debido a que son aceleradas.

FUENTE: Bethlehem Internacional Engineering Corporation (BIEC).2002

ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

#### **2.1.1.3.3. Resistencia a la corrosión por altas temperaturas**

La resistencia a la oxidación producto del calor que presenta el recubrimiento ZINTRO-ALUM es capaz de soportar temperaturas que bordean los 500°C, de forma intermitente o pueden alcanzar temperaturas de 315°C, en forma continua.

#### **2.1.1.3.4. Post – Formado**

La formación de la lamina de ZINTRO-ALUM puede ser formada con la misma facilidad y continuidad de una hoja con recubrimiento galvanizado.

#### **2.1.1.3.5. Reflexión al calor**

Si comparamos con una lámina galvanizada, la cantidad de calor reflejado es de mayor grado la de la lamina de ZINTRO-ALUM gracias a la cantidad de Aluminio que tiene el recubrimiento en sus componentes.

### 2.1.1.3.6. Protección catódica

Debido a los diferentes cortes y perforaciones que se deben efectuar en obra tanto como en instalación como por detalles constructivos, el zinc contenido en esta aleación, es el que se inmola para protegerlo contra la corrosión que se puede presentar frente a estos detalles.

**CUADRO 2.4. PRUEBAS DE CALIDAD EN RECUBRIMIENTO ZINTRO-ALUM**

PRUEBAS DE CALIDAD			
ITEM	TIPO DE PRUEBA	ZINTRO-ALUM AZ-50 (0.50 oz/pie <sup>2</sup> )	GALVANIZADO G-90 (0.90 oz/pie <sup>2</sup> )
1	Resistencia a ambientes corrosivos	Excelente	Buena
	a) Pruebas de cámara salina hasta la aparición del óxido rojo (ASTM G-87)	900 horas	380 horas
	b) Prueba Kesternich (ASTM G-87)	16 Ciclos	5 Ciclos
2	Resistencia a altas temperaturas	504°C máximo intermitente	250°C máximo intermitente
		305°C máximo continua	150°C máximo continua
3	Peso de Recubrimiento (NOMB-469) (ASTM A-792)	Debido a que la aleación Al-Zn tiene una densidad menor que la del Zn, es posible aplicar espesores de recubrimientos iguales con menor peso 0.50 oz/pie <sup>2</sup> =0.0016" capa total. (152 gr/m <sup>2</sup> )	0.90 oz/pie <sup>2</sup> =0.0015" capa total. (274 gr/m <sup>2</sup> )
	a) Espesores equivalentes a la capa especificada		
4	Adherencia del recubrimiento al metal base (NOM-469)	Soporta la prueba del rolado y de impacto 160 Lbs./pulgadas.	Soporta la prueba del rolado y de impacto 160 Lbs./pulgadas.
5	Flexibilidad (NOMB-469) (ASTM A-792)	Soporta la prueba de doblez a 180° (OT).	Soporta la prueba de doblez a 180° (OT).
6	Protección Catódica	Efectiva	Efectiva
7	Troquelabilidad	Buena	Buena
8	Pintalidad	Excelente	Excelente

FUENTE: Bethlehem Internacional Engineering Corporation (BIEC).2002

ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

## 2.2. CONFORMADO EN FRIO

### 2.2.1. TIPO DE SECCIÓN

La placa metálica colaborante SATEC COMPOSITE DECK es fabricada según las especificaciones y dimensiones que tiene la denominada Sección 4.

#### 2.2.1.1. Dimensionamiento

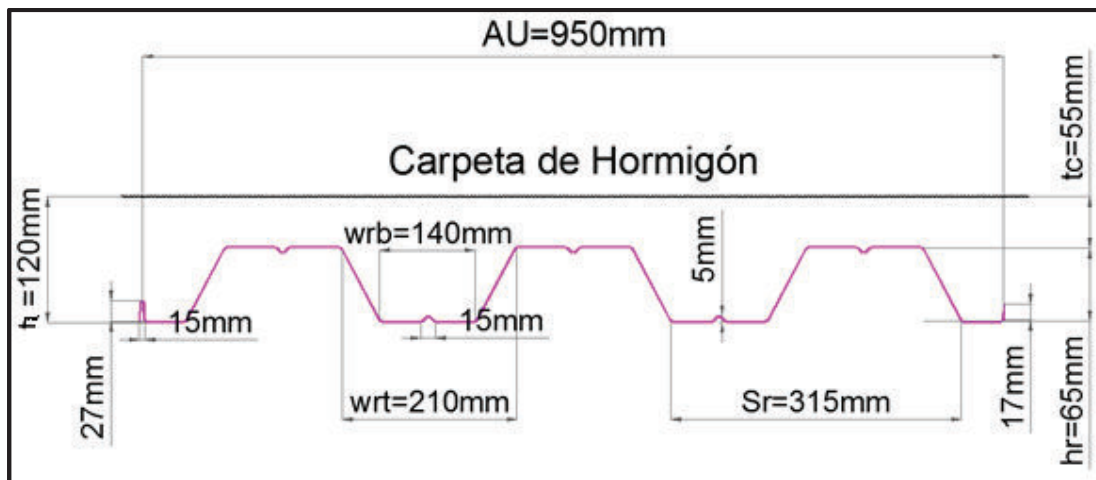
Las dimensiones de las placas han sido definidas por el fabricante y la nomenclatura utilizada es la utilizada por el software de cálculo y diseño estructural como ETABS y SAP.

#### CUADRO 2.5. DIMENSIONES DE LA PLACA METÁLICA COLABORANTE SCD

DIMENSIONES SATEC COMPOSITE DECK		
ABREVIATURA	NOMBRE	LONGITUD (mm)
AU	Ancho útil	950
wrt	Cresta abierto	210
wrb	Ancho del valle bajo	140
Sr	Ancho de un valle bajo + Cresta	315
hr	Altura de la placa metálica colaborante	65
tc	Altura de la carpeta del hormigón	55
h	Altura total de la losa	120

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

FIGURA 2.4. DIMENSIONES DE LA PLACA METÁLICA COLABORANTE SCD



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

CUADRO 2.6. DIMENSIONES DE LA PLACA METÁLICA COLABORANTE SCD CALIBRE 22

DIMENSIONES SATEC COMPOSITE DECK CALIBRE 22		
ABREVIATURA	NOMBRE	LONGITUD (mm)
W	Ancho de fabricación	975
Wu	Ancho entre centros de crestas exteriores	700
h	Altura de cresta	65
e	Espesor de la placa	0.76

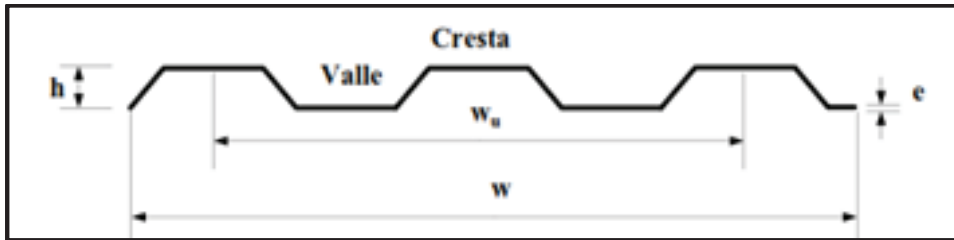
FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

CUADRO 2.7. DIMENSIONES DE LA PLACA METÁLICA COLABORANTE SCD CALIBRE 20

DIMENSIONES SATEC COMPOSITE DECK CALIBRE 20		
ABREVIATURA	NOMBRE	LONGITUD (mm)
W	Ancho de fabricación	975
Wu	Ancho entre centros de crestas exteriores	700
h	Altura de cresta	65
e	Espesor de la placa	0.90

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FIGURA 2.5. DIMENSIONES DE LA PLACA METÁLICA COLABORANTE SCD DE FABRICACIÓN**



FUENTE: NORMA NTE INEN 2397:2014

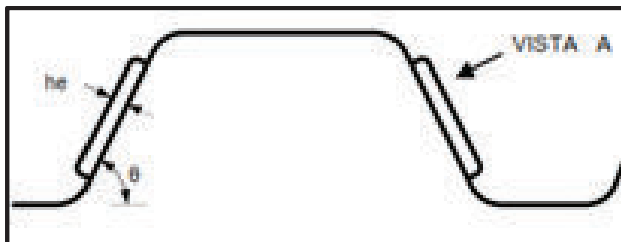
ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 2.8. ÁNGULO ENTRE VALLES Y ESPESOR DE EMBOZADO**

ÁNGULO ENTRE VALLES Y ESPESOR DE EMBOZADO		
ABREVIATURA	NOMBRE	MEDIDA
$\theta$	Ángulo entre valles	60 grados
he	Espesor del embozado	1mm

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

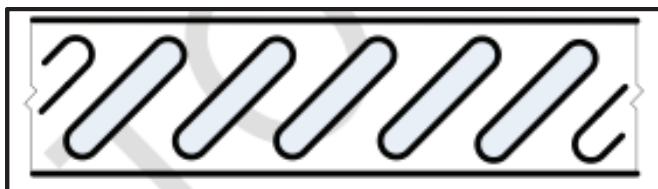
**FIGURA 2.6. ÁNGULO ENTRE VALLES Y ESPESOR DE EMBOZADO**



FUENTE: Norma NTE INEN 2397:2014

ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FIGURA 2.7. TIPO DE EMBOZADO**



FUENTE: Norma NTE INEN 2397:2014

ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

De acuerdo a la norma en estudio, el tipo de embozado que presenta la placa metálica colaborante SCD es del TIPO B (Figura 2.4.).

## 2.3. PROPIEDADES MECÁNICAS

Como características mecánicas principales están que los valles son más amplios que las crestas teniendo una mayor resistencia a las cargas al aumentar el brazo de palanca entre el acero y el hormigón (tensión) y hormigón (compresión) en cuanto a flexión con momentos positivos.

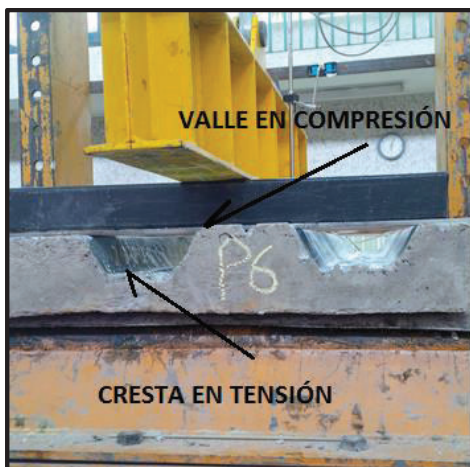
### FOTOGRAFÍA 2.1. VALLE Y CRESTA A FLEXIÓN MOMENTO POSITIVO



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

Frente a la flexión que presentase un momento negativo presenta una mayor resistencia ya que el ancho efectivo del patín a compresión en el hormigón ubicado en el apoyo es mayor.

### FOTOGRAFÍA 2.2. VALLE Y CRESTA A FLEXIÓN MOMENTO NEGATIVO



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

Las propiedades características de cada lámina se calculan en función de su inercia, área de acero, módulo de sección y peso. Propiedades calculadas en sus respectivas unidades de medición por unidad de longitud. Tomando el Sistema Internacional de medida como unidad de longitud al metro (m), las propiedades calculadas fueron facilitadas por herramientas computacionales de dibujo como el AutoCAD 2013, limitando la longitud a un metro de longitud. Los datos obtenidos como área de la sección, perímetro, ubicación del centroide, momentos de inercia respecto al centro de coordenadas, radio de giro respecto al eje X e Y, y principales momentos de inercia e inercia rotacional respecto al centroide de la sección.

La sección calculada simétricamente respecto al eje Y, el principal momento de inercia de la sección paralelo al eje X, para el cálculo de las inercias de cada lámina no se consideraron los pliegues al solape de un lámina con la otra en la construcción, ya que en la obra, estas láminas pudieran estar tanto colocadas a tope, solapadas entre sí o bien pudieran ser cortadas en su ancho de tal modo que estos pliegues no intervendrían en la inercia de la sección realmente utilizada.

Módulo de Sección:

$$S^* = \frac{I^*}{y} \quad (2.1.)$$

$S^*$  = Módulo de Sección Superior o Inferior ( $\text{cm}^3/\text{m}$ ).

$I^*$  = Momento de Inercia ( $\text{cm}^4/\text{m}$ ).

$y$  = Distancia desde el centroide al tope de la lámina (cm).

Peso:

$$P_{SCD} = A_s * \gamma_s \quad (2.2.)$$

$P_{SCD}$  = Peso placa Satec Composite Deck.

$A_s$  = Área de acero por unidad de longitud.

$\gamma_s$  = Peso específico del acero. (7850 Kg/m<sup>3</sup>).

**CUADRO 2.9. PRINCIPALES PROPIEDADES MECÁNICAS**

CALIBRE	ESPESOR	PESO (Kg/m <sup>2</sup> )	$I^+$ (cm <sup>4</sup> /m)	$I^-$ (cm <sup>4</sup> /m)	$S^+$ (cm <sup>3</sup> /m)	$S^-$ (cm <sup>3</sup> /m)
22	0.76	8.00	79.74	73.65	19.87	20.58
20	0.90	9.54	94.74	90.83	24.95	26.23

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán



## CAPITULO 3

### 3. BASES PARA EL DISEÑO CON SATEC COMPOSITE DECK

#### 3.1. ANÁLISIS DE CARGA Y RESISTENCIA

EL presente estudio determinara los resultados frente a las siguientes configuraciones o estados de carga posibles.

- Placa Deck

Cuando actúa únicamente como plataforma de trabajo o encofrado para que se realicen trabajos previos y resistir el vaciado de hormigón sobre sí misma.

- Placa Deck + Carpeta de Hormigón (Loseta)

EL efecto que tiene la losa fundida sobre la placa, y la capacidad portante de estos elementos, que en la construcción muchas veces se utiliza como loseta.

- Losa Compuesta M+

SCD en sección compuesta está formada por la placa metálica colaborante, una capa de hormigón, conectores de corte Nelson Stud y malla electrosoldada, sometida a una flexión, con un momento positivo.

- Losa Compuesta M-

SCD en sección compuesta está formada por la placa metálica colaborante, una capa de hormigón, conectores de corte Nelson Stud y malla electrosoldada, sometida a una flexión, con un momento negativo.

### 3.1.1. PLACA DECK

Según el *Steel Deck Institute (SDI)*, a los fabricantes de placas metálicas colaborantes les interesan más el desarrollo del encofrado colaborante bajo las condiciones de cargas del proceso constructivo, que el diseño de la losa en general. Esto da una connotación de que la placa metálica colaborante estrictamente tiene que soportar el peso del vaciado de hormigón, como el peso de este ya fraguado en el nivel para el cual ha sido diseñado así como los trabajos previos y posteriores al vaciado sin considerar apuntalamientos temporales.

La recomendación del uso o no de apuntalamientos temporales es responsabilidad única del diseñador estructural. Tomando en cuenta que un diseño versátil omite el uso de apuntalamientos. Sin estimar el costo de la utilización del sistema de apuntalamiento, se debe tomar en cuenta que es una operación con un grado de importancia considerable sobre todo si existe la posibilidad de asentamientos.

Estudios realizados muestran que las resistencias últimas de las secciones compuestas de dimensiones de secciones iguales, son las mismas, con el uso o desuso del sistema de apuntalamiento<sup>1</sup>.

#### 3.1.1.1. Deflexión

La deflexión admisible de la placa metálica colaborante actuando solo como encofrado se considera el menor valor de:

$$\delta_{adm} = \frac{L_{sd} * 100}{180} \text{ ó } 1.9cm \quad (3.1.)$$

$\delta_{adm}$ : Deflexión admisible (cm).

$L_{sd}$ : Luz libre de la losa (m).

---

<sup>1</sup> McCormac, J. (1991). Diseño de Estructuras de Acero. Método LRFD. México: Alfaomega. Pág. 557

La deflexión calculada para un tramo simple de la placa metálica colaborante actuando sólo como encofrado se obtiene por la siguiente formula.

$$\delta_{cal} = \frac{5 \cdot W_{sd} \cdot L_{sd}^4}{384 \cdot E_s \cdot I_{sd}} \quad (3.2.)$$

$\delta_{cal}$  : Deflexión calculada (cm).

$W_{sd}$  : Carga Uniforme (Kg/m).

$L_{sd}$  : Luz libre de la losa (m).

$E_s$  : Módulo de Elasticidad del acero Deck (Kg/cm<sup>2</sup>).

$I_{sd}$  : Inercia del Deck.

Donde siempre:

$$\delta_{adm} \leq \delta_{cal}$$

Si la deflexión calculada es para dos tramos simples se utiliza el siguiente factor:

$$\delta_{cal2} = 0.42 \cdot \delta_{cal} \quad (3.3.)$$

$\delta_{cal2}$  : Deflexión calculada para 2 tramos simples (cm).

Si la deflexión calculada es para tres tramos simples o más se utiliza el siguiente factor:

$$\delta_{cal3} = 0.53 \cdot \delta_{cal} \quad (3.4.)$$

$\delta_{cal3}$  : Deflexión calculada para 3 o más tramos simples (cm).

La Norma INEN a la que hace referencia este estudio indica que para la primera etapa, debe ser una carga uniforme de 100 Kg/cm<sup>2</sup>, o una carga puntual de 225 Kg concentrada en un metro de ancho y que se encuentre ubicada en el centro de un vano.

De las ecuaciones (3.1.) y (3.2.) obtenemos la siguiente ecuación:

$$\delta_{cal} = \frac{5*W_{sd}*L_{sd}^4}{384*E_s*I_{sd}} = \delta_{adm} = \frac{L_{sd}*100}{180} \text{ ó } 1.9cm$$

$$L_{sd} = \sqrt[4]{\frac{\delta_{adm}*384*E_s*I_{sd}}{5*W_{sd}}} \quad (3.5.)$$

$L_{sd}$  : Luz libre de la losa (m).

$\delta_{adm}$  : Deflexión admisible (cm).

$W_{sd}$  : Carga Uniforme (Kg/m).

$E_s$  : Módulo de Elasticidad del acero Deck (Kg/cm<sup>2</sup>).

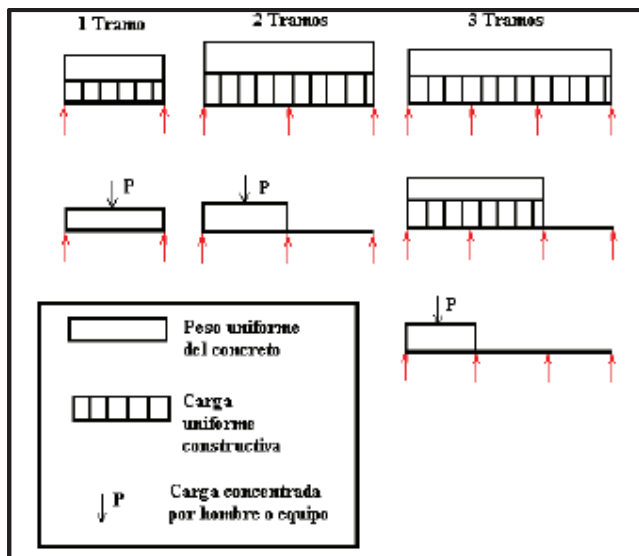
$I_{sd}$  : Inercia del Deck. (cm<sup>4</sup>)

Con la ecuación (3.5.), se calculan las distancias máximas permitidas por flecha, utilizando las expresiones respectivas para cada configuración.

### 3.1.1.2. Tensión

Una limitación más para la separación de los apoyos para las placas metálicas colaborantes sin apuntalamiento temporal, es la tensión, la cual no debe exceder 0,60  $F_y$  según las recomendaciones del SDI. En el manual “Designing with Steel from Deck” del SDI, se presenta la disposición de cargas para el cálculo del mayor momento actuante positivo o negativo.

**FIGURA 3.1. Recomendaciones de disposición de cargas Constructivas por SDI**



FUENTE: Modificado del Manual “Desingnig with Steel From Deck” del SDI  
 ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

Las condiciones de carga mostradas en la figura 3.1., no son consideradas porque no se puede asumir que solo se cargue un tramo y el adyacente queda descargado, es una hipótesis incierta. Es por esto que las suposiciones de cargas utilizadas en el cálculo son las que se muestran en la Tabla 3.1

Igualmente entre las recomendaciones del SDI se encuentra que para los tramos simplemente apoyados, la carga del hormigón debe ser aumentada en un 50% o un peso de 30 psf (45Kgf/m), cualquiera que sea menor. Esta consideración no fue tomada en cuenta, ya que esta disposición de láminas simplemente apoyadas es muy poco probable.

Para el cálculo de la longitud máxima permitida se utilizó la Ecuación (3.6.).

$$f = \frac{M_{max}}{S_{min}} = 0,6F_y \quad (3.6.)$$

$f$  : Longitud máxima (m).

$M_{max}$  : Momento positivo o negativo en la sección más desfavorable (Kg-m).

$S_{min}$  : Módulo de sección en esa misma sección de la losa (cm<sup>3</sup>).

$F_y$  : Esfuerzo de fluencia del acero (Kg/cm<sup>2</sup>).

La mayor carga constructiva se obtiene del estudio de cada disposición de las placas metálicas colaborantes por separado.

**CUADRO 3.1. LONGITUDES MÁXIMAS ENTRE APOYOS SIN APUNTALAMIENTOS**

SATEC COMPOSITE DECK CLAROS MÁXIMOS SIN APUNTALAMIENTO						
CALIBRE	APOYO	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm	12 cm
Cal 24	2	1.77	1.70	1.59	1.50	1.42
	3	2.38	2.29	2.15	2.03	1.93
	4	2.41	2.32	2.17	2.05	1.95
Cal 22	2	2.12	2.04	1.90	1.79	1.69
	3	2.83	2.73	2.55	2.40	2.28
	4	2.91	2.80	2.61	2.46	2.33
Cal 20	2	2.46	2.36	2.19	2.06	1.95
	3	3.20	3.08	2.89	2.72	2.58
	4	3.31	3.19	2.98	2.81	2.67
Cal 18	2	3.00	2.87	2.67	2.50	2.36
	3	3.85	3.71	3.48	3.28	3.11
	4	3.98	3.84	3.59	3.39	3.22

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**3.1.2. LOSAS MIXTAS ACERO – HORMIGÓN**

Una vez que el hormigón ha entrado en su proceso de fraguado, ambos materiales comienzan a trabajar conjuntamente, sirviendo la placa metálica colaborante como refuerzo en las secciones solicitadas a momentos positivos.

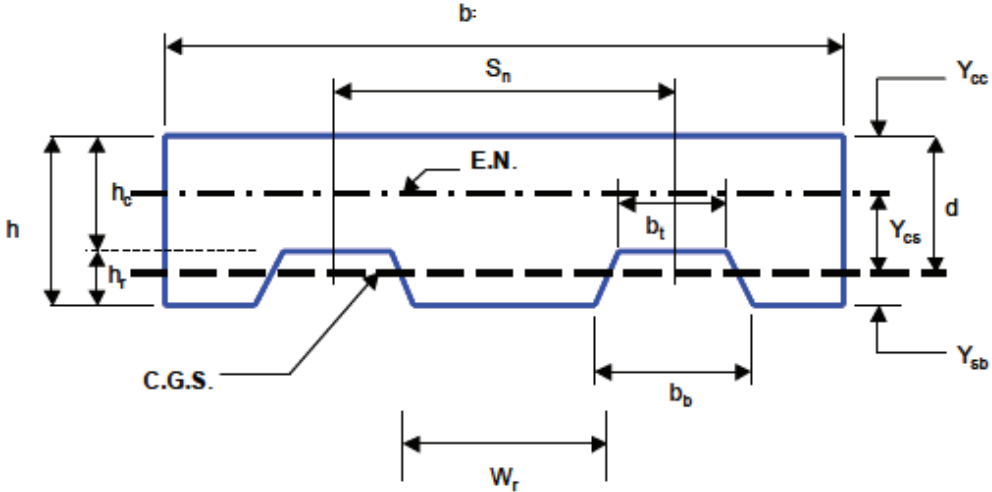
Las “Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites”, las propiedades de la sección compuesta se calcularán según la convencional teoría elástica de hormigón reforzado, transformando las áreas de acero en áreas equivalentes de hormigón. Bajo cargas de servicio, muchos segmentos de la losa permanecen sin agrietamiento en una porción significativa tanto de su espesor como su luz, por lo que son considerablemente más rígidas que una losa totalmente agrietada. Sin embargo el suponer que la sección no está agrietada puede resultar no conservador en la estimación de las propiedades de las secciones agrietadas y no agrietadas.

**CUADRO 3.2. VOLUMEN DE HORMIGÓN EN SATEC COMPOSITE DECK**

SATEC COMPOSITE DECK VOLUMEN DE HORMIGÓN [m3/m2]					
Espesor de concreto sobre la cresta	5	6	8	10	12
Volumen	0.085	0.095	0.115	0.135	0.155

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FIGURA 3.2. VARIABLES EN UNA LOSA MIXTA**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

El eje neutro para la sección agrietada, se halla:

$$y_{cc} = d \left\{ \frac{2pn + (pn)^2}{2} - pn \right\} \tag{3.7.}$$

- $y_{cc}$  : Distancia al eje neutro (cm).
- $d$  : Distancia del CGS a la fibra extrema en compresión (cm).
- $n$  : Relación modular  $E_s/E_c$ , tomando como 10. (Adimensional).

$$\rho = A_s / bd \tag{3.8.}$$

- $\rho$  : Cuantía de acero (adimensional)
- $A_s$  : Área de acero (cm<sup>2</sup>).
- $b$  : Ancho (cm).
- $d$  : Distancia del CGS a la fibra extrema en compresión (cm).

Calculada la posición del eje neutro, la inercia de la sección agrietada se define por:

$$I_{CR} = \frac{b}{3}(y_{cc})^3 + nA_s * (y_{cs})^2 + nI_{sd} \quad (3.9.)$$

$I_{CR}$  : Inercia de sección agrietada (cm<sup>4</sup>).

$I_{sd}$  : Momento de inercia de la placa metálica colaborante. (cm<sup>4</sup>).

$y_{cc}$  : Distancia al eje neutro (cm).

$n$  : Relación modular  $E_s / E_c$ , tomando como 10. (Adimensional).

$A_s$  : Área de acero (cm<sup>2</sup>).

$y_{cs}$  : Distancia del eje neutro al CGS (cm).

Para el cálculo de la sección no agrietada debemos primero encontrar la posición del eje neutro.

$$y_{uc} = y_{cc} = \frac{0,5 b(h_c)^2 + nA_s d - W_r h_r * (h - 0,5 * h_r) * (\frac{b}{S_n})}{b h_c + nA_s + W_r h_r (\frac{b}{S_n})} \quad (3.10.)$$

$y_{uc}$  : Distancia al eje neutro (cm).

$y_{cc}$  : Distancia al eje neutro (cm).

$h_c$  : Distancia de la cresta a la fibra extrema en compresión (cm).

$S_n$  : Separación entre celdas de la placa metálica colaborante (cm).

$A_s$  : Área de acero (cm<sup>2</sup>).

$b$  : Ancho (cm).

$n$  : Relación modular  $E_s / E_c$ , tomando como 10. (Adimensional).

$W_r$  : Ancho promedio de los valles bajos y la cresta de la placa metálica colaborante

$h_r$  : Altura de la cresta (cm).

$$I_u = \frac{b(h_c)^3}{12} + b h_c (y_{uc} - 0,5 h_c)^2 + n I_{sd} + n A_s (y_{uc})^2 + W_r h_r \left[ \frac{(h_r)^2}{12} + (h - y_{uc} - 0,5 h_r)^2 \right] \frac{b}{S_n} \quad (3.11.)$$



$I_u$  : Inercia de sección no agrietada ( $\text{cm}^4$ ).

$y_{uc}$  : Distancia al eje neutro (cm).

$y_{cc}$  : Distancia al eje neutro (cm).

$h_c$  : Distancia de la cresta a la fibra extrema en compresión (cm).

$S_n$  : Separación entre celdas de la placa metálica colaborante (cm).

$A_s$  : Área de acero ( $\text{cm}^2$ ).

$b$  : Ancho (cm).

$n$  : Relación modular  $E_s/E_c$ , tomando como 10. (Adimensional).

$W_r$  : Ancho promedio de los valles bajos y la cresta de la placa metálica colaborante (cm).

$h_r$  : Altura de la cresta (cm).

$I_{sd}$  : Momento de inercia de la placa metálica colaborante. ( $\text{cm}^4$ ).

El ancho promedio de los valles bajos y la cresta de la placa metálica colaborante se puede obtener con la siguiente expresión:

$$W_r = 0,5 (S_n - b_t + b_b); \quad (3.12.)$$

$W_r$  : Ancho promedio de los valles bajos y la cresta de la placa metálica colaborante (cm).

$S_n$  : Separación entre celdas de la placa metálica colaborante (cm).

$b_t$  : Ancho de la cresta (cm).

$b_b$  : Ancho del valle bajo abierto (cm).

$S_{n=}$  Es la separación entre celdas o nervios de la placa metálica colaborante.

Momento de inercia de diseño ( $I_d$ ) es el promedio de los valores calculados para la sección agrietada y no agrietada.

$$I_d = \frac{I_{CR} + I_U}{2} \quad (3.13.)$$

$I_d$  : Inercia de diseño ( $\text{cm}^4/\text{m}$ ).

$I_{CR}$  : Inercia de sección agrietada ( $\text{cm}^4$ ).

$I_u$  : Inercia de sección no agrietada ( $\text{cm}^4$ ).

Con los valores obtenidos de la altura de la cresta de la placa metálica colaborante, su área de acero y las dimensiones indicadas anteriormente, se pueden calcular las inercias efectivas de diseño. Este método aproximado para obtener dichas inercias de diseño según pruebas realizadas en (ISU).

**CUADRO 3.3. INERCIAS PROMEDIO DE SECCIÓN COMPUESTA**

INERCIA PROMEDIO DE SECCION COMPUESTA "lav" [ $\text{cm}^4/\text{m}$ ]					
Esp. Conc.	5	6	8	10	12
Cal 24	733.03	926.28	1411.04	2044.34	2846.97
Cal 22	789.67	995.18	1509.88	2180.47	3027.82
Cal 20	840.54	1057.06	1598.77	2303.14	3191.2
Cal 18	937.21	1175.55	1771.13	2543.33	3513.49

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

La deflexión límite de servicio se calculará con las cargas sin mayorar y con las propiedades inerciales ya obtenidas. La deflexión máxima instantánea debido a carga viva no debe exceder  $L/360$ , para aquellos pisos que pudiesen presentar daños por deflexión excesiva.

Con la limitación de la deflexión en su etapa de servicio a  $L/360$ , se puede hallar la sobrecarga admisible a la que puede someterse la losa en su etapa de servicio. Para una lámina simplemente apoyada, la carga de servicio fue calculada con la siguiente ecuación:

$$q = \frac{E_s I_d}{0.01302 * 360 L^3} \quad (3.14.)$$

$q$  : Carga de Servicio (Kg).

$E_s$  : Módulo de Elasticidad del acero Deck ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ).

$I_d$  : Inercia de diseño ( $\text{cm}^4/\text{m}$ ).

$L_{sd}$  : Luz libre de la losa (cm).

Se calcularon las cargas de servicio para los espesores de lámina y cada espesor de losa. Las cargas reflejadas no incluyen las cargas debido al proceso constructivo. Estas cargas están dadas en función de la longitud entre los apoyos máxima para la que es calculada la carga de servicio para cada configuración y espesor de la losa.

**CUADRO 3.4. SOBRECARGA ADMISIBLE SIN CONECTORES DE CORTE**

SATEC COMPOSITE DECK SOBRECARGA ADMISIBLE [kg/m <sup>2</sup> ] SIN CONECTORES DE CORTE														
CALLIBRE	espesor de conc. [cm]	Separación entre apoyos [m]												
		1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4
Cal 24	5	1537	1313	984	741	556	412	298	206	130				
	6	1653	1429	1058	783	574	411	282	178					
	8	1842	1640	1179	838	579	377	217						
	10	2000	1812	1257	847	535	292	100						
Cal 22	12	2000	1937	1286	805	439	154							
	5	2000	1533	1126	1044	815	637	496	382	289	211	146		
	6	2000	1653	1194	1129	871	670	510	381	276	189	116		
	8	2000	1858	1698	1277	957	707	510	350	219	111			
Cal 20	10	2000	2000	1895	1388	1003	703	465	273	116				
	12	2000	2000	2000	1456	1003	652	372	147					
	5	2000	2000	1474	1120	851	845	679	544	435	343	267	203	147
	6	2000	2000	1591	1192	888	907	720	568	444	342	255	183	
Cal 18	8	2000	2000	1795	1300	1304	1011	778	591	437	310	203	113	
	10	2000	2000	2000	1886	1432	1079	799	514	389	176			
	12	2000	2000	2000	2000	1521	1107	778	513	296	116			
	5	2000	2000	2000	1657	1305	1032	815	835	692	574	474	390	318
Cal 18	6	2000	2000	2000	1803	1407	1098	853	900	739	605	492	397	316
	8	2000	2000	2000	2000	1582	1198	1258	1012	811	645	506	388	287
	10	2000	2000	2000	2000	1707	1755	1388	1093	851	650	482	340	218
	12	2000	2000	2000	2000	2000	1914	1483	1135	851	615	417	249	107

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

### **3.1.3. SECCIÓN COMPUESTA**

#### **3.1.3.1. Condición de resistencia**

El diseño de las losas mixtas de acero - hormigón reforzado está basado en la capacidad de carga de acuerdo al modo de falla que gobierna.

Los siguientes modos son los de principal importancia en el diseño: La falla por adherencia al corte y la falla por flexión tanto en las losas sobreforzadas como sobrerreforzadas.

Un estudio exhaustivo tanto teórico como experimental fue realizado en Iowa State University, bajo la tutela del American Iron and Steel Institute para investigar las recomendaciones del diseño y comportamiento característico en los modos de falla. Un total de 353 muestras fueron probadas para determinar las propiedades de la resistencia. Estas pruebas indicaron que la falla por adherencia es el modo más probable a ocurrir.

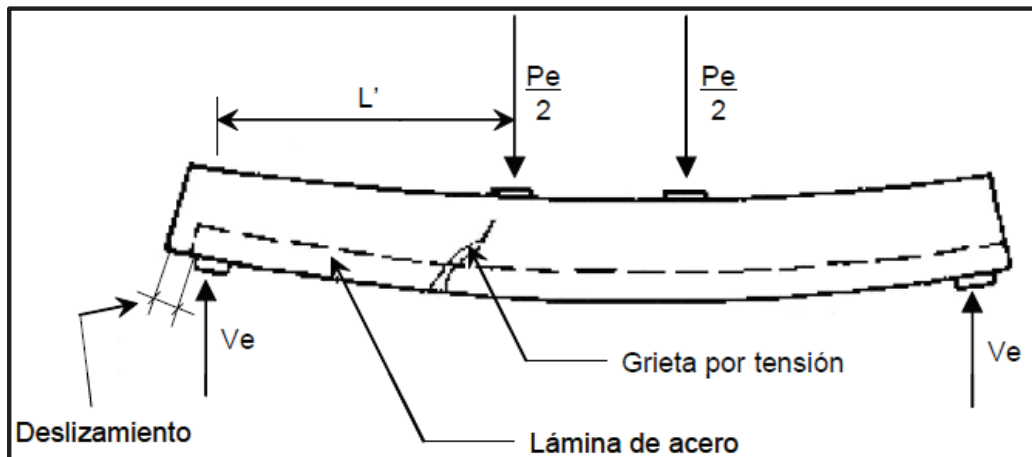
#### **3.1.3.2. Resistencia al corte por adherencia**

Este modo de falla por adherencia está caracterizado por la formación de una grieta diagonal por tensión en el hormigón, en los puntos de aplicación de la carga o cerca a estos, seguido por la pérdida de unión entre el hormigón y la placa metálica colaborante. Esto da como resultado un observable deslizamiento al final de la luz de la losa. Este deslizamiento causa la pérdida de acción conjunta entre el acero y el hormigón en la parte de la luz considerada como una zona de corte ( $L'$ ). Físicamente la zona de corte es la región entre la reacción de los soportes y la carga concentrada.

El deslizamiento usualmente ocurre al instante en que alcanza la carga última de falla  $V_e$ , y está seguido por una disminución significativa de la carga (si se utiliza un sistema de carga hidráulico). Un modelo con modo de falla por adherencia donde se observan la grieta y el deslizamiento mencionado. Este deslizamiento normalmente ocurre en un lado de la losa y es acompañado por

un incremento en la deflexión. Algunos prototipos muestran pequeños desplazamientos incluso antes de la falla, aunque el deslizamiento total usual es menos que 1,5 mm.

**FIGURA 3.3. MODELO DE FALLA POR ADHERENCIA**



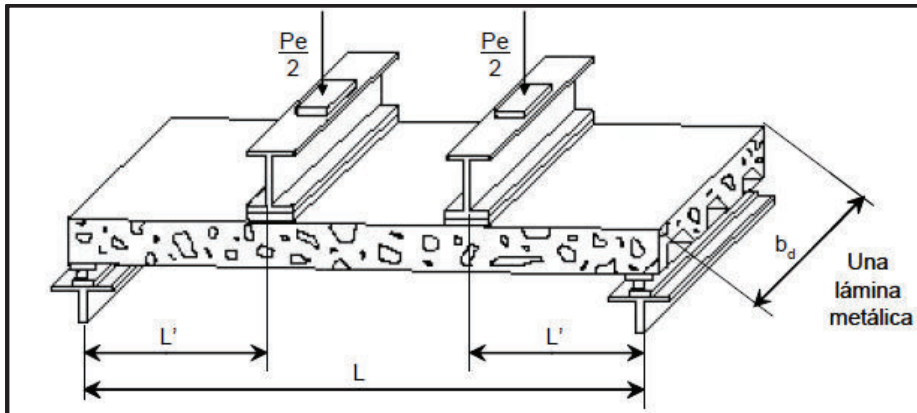
FUENTE: Modificado del Artículo "Desing Recommendations for Steel Deck Floor Slabs"

ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

La realización de las pruebas de laboratorio indica que cada placa metálica colaborante tiene su forma propia de mecanismo de transferencia de corte. El propósito de estas pruebas es el de suministrar datos para desarrollar las ecuaciones de resistencia última. Para el caso del modo de falla por flexión, se debe realizar un análisis particular.

Como desde el diseño original este tipo de losas mixtas han sido principalmente cargadas en una dirección (paralela a las corrugaciones de la placa metálica colaborante), la ejecución de las pruebas se ha realizado siguiendo el tipo de carga en esta dirección. El sistema de cargas correspondientes se trata de dos líneas de carga ubicadas simétricamente como se indica en la figura 3.3.

**FIGURA 3.4. MODELO TÍPICO DE PRUEBA DE PLACA METÁLICA COLABORANTE**



FUENTE: Modificado del Artículo "Desing Recommendations for Steel Deck Floor Slabs"

ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

Para aquellas muestras que hayan fallado por adherencia por corte, se ha hecho un gráfico con los parámetros en las ordenadas y:

$$\frac{V_e S}{b d \sqrt{f'c}} \quad (3.15.)$$

$V_e$  : Último corte resultante en la prueba (Kg).

$S$  : Espaciamiento de los mecanismos de transferencia de corte (cm).

$f'c$  : Resistencia a la compresión del hormigón (Kg/cm<sup>2</sup>).

$b$  : Ancho (cm).

$d$  : Distancia del CGS a la fibra extrema en compresión (cm).

En el eje de las abscisas

$$\frac{\rho d}{L' \sqrt{f'c}} \quad (3.16.)$$

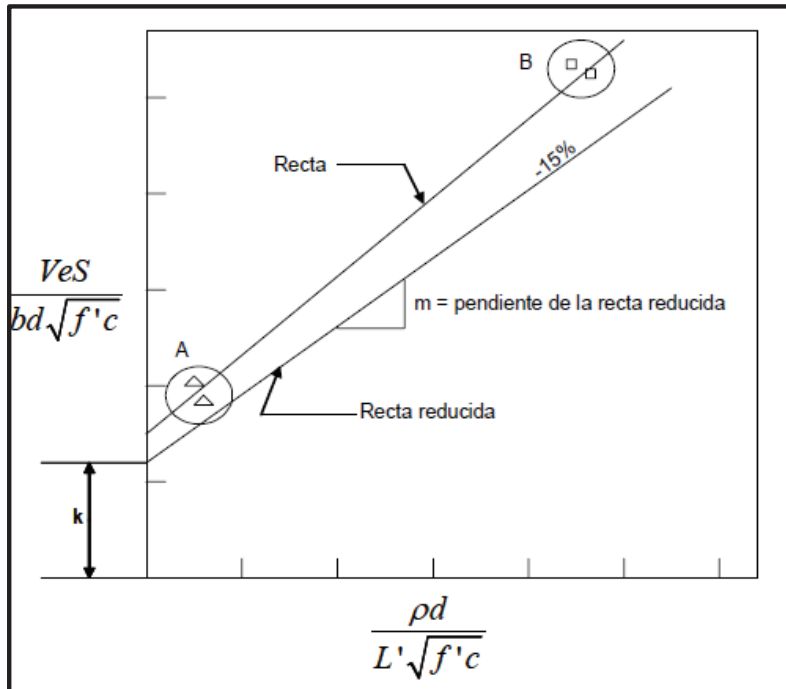
$d$  : Distancia del CGS a la fibra extrema en compresión (cm).

$\rho$  : Cuantía de acero (Adimensional).

$f'c$  : Resistencia a la compresión del hormigón (Kg/cm<sup>2</sup>).

$L'$  : Longitud de corte (cm)

**FIGURA 3.5. RELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN LA ADHERENCIA**



FUENTE: Modificado del Artículo "Desing Recommendations for Steel Deck Floor Slabs"

ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

En dicho gráfico se muestra una regresión lineal realizada para determinar la pendiente ( $m$ ) y la intercepción ( $k$ ) para poder prever una ecuación que pueda determinar la capacidad última de corte.

$$\frac{V_u S}{b d \sqrt{f'c}} = \frac{m \rho d}{L' \sqrt{f'c}} + k \quad (3.17.)$$

$d$  : Distancia del CGS a la fibra extrema en compresión (cm).

$\rho$  : Cuantía de acero (Adimensional).

$f'c$  : Resistencia a la compresión del hormigón (Kg/cm<sup>2</sup>).

$L'$  : Longitud de corte (cm)

$b$  : Ancho (cm).

$V_u$  : Capacidad última de corte (Kg).

$S$  : Espaciamiento de los mecanismos de transferencia de corte (cm).

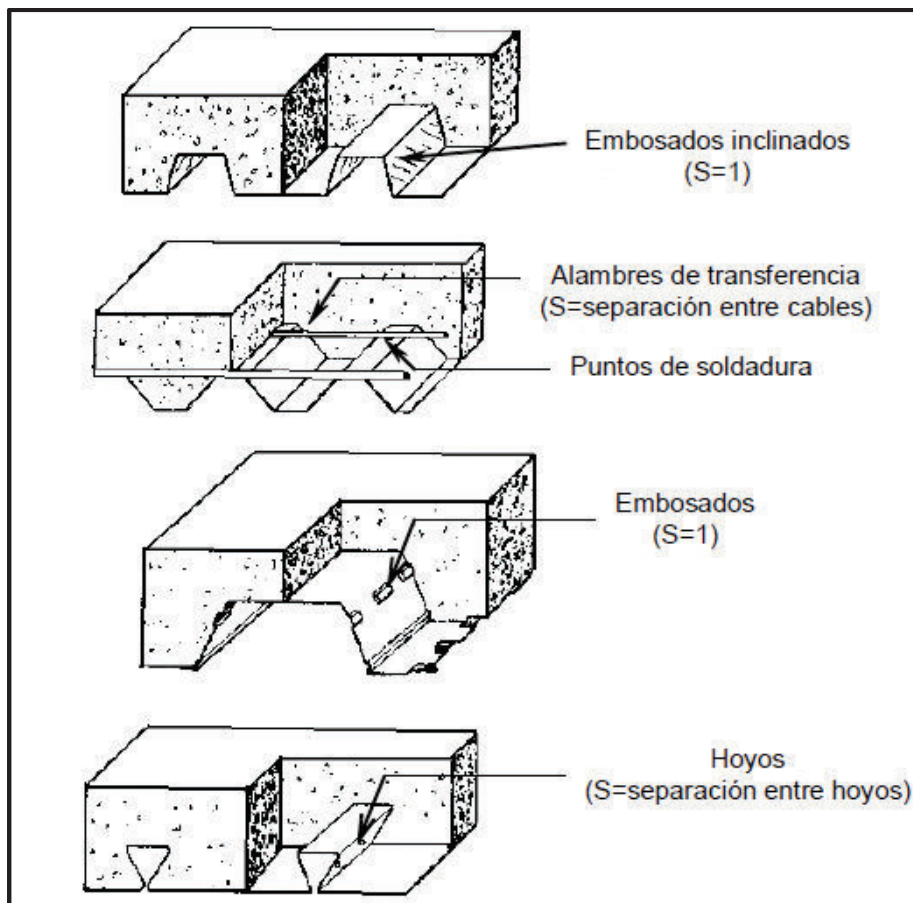


El desarrollo de esta ecuación está basado en los resultados de 151 pruebas realizadas por diferentes fabricantes y 304 pruebas realizadas en Iowa State University. Esta ecuación es similar en forma a la ecuación 11-A del American Concrete Institute (ACI) Building Code.

En la Figura (3.4), se muestran una recta reducida, la cual es obtenida reduciendo la pendiente y el sitio de intercepción con el eje en un 15%. En el espaciamiento de los mecanismos de transferencia de corte y el tamaño de las muestras. Para el diseño, los valores de  $m$  y  $k$  deben ser los valores ya reducidos en el 15%.

$S$  en la Ecuación (3.17) corresponde al espaciamiento de los mecanismo de transferencia de corte y es tomado como un valor constante igual a 1 en aquellos casos donde estos mecanismo estén espaciados uniformemente a lo largo del perfil (como los embozados) o cuando la acción compuesta es garantizada por las corrugaciones de la superficie de la lámina. Un espaciamiento de  $S$  distinto sería para aquellas placas metálicas colaborantes que utilicen malla de transferencia, arandelas, planchas perforadas donde su espaciamiento pueda variar de una lámina a otra. Por ejemplo, si en una placa metálica colaborante que posee malla electrosoldada de transferencia espaciados a 80 mm centro a centro, y en otra lámina se espacian a 150 mm, el valor de  $S$  en la ecuación será 80 mm y 150 mm, respectivamente. La misma ecuación no ha sido probada para láminas que posean conectores de corte espaciados irregularmente a lo largo del perfil. Se muestran varios ejemplos de mecanismo de corte con sus distancias  $S$  correspondientes.

FIGURA 3.6. MECANISMO DE CORTE CON SUS RESPECTIVOS (S)



FUENTE: Modificado del Artículo "Desing Recommendations for Steel Deck Floor Slabs"

ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

Para establecer la línea mostrada en la Figura 3.5 más representativa es necesario determinar un rango de valores prácticos para los valores de las ordenadas y las abscisas. Por esto es necesario un número de pruebas suficiente para asegurar una buena representación de los valores  $k$  y  $m$ . Estos pueden ser suministrados por un mínimo de dos muestras en cada una de las regiones opuestas de la recta, es decir **A** y **B**. Como las principales variables son la profundidad  $d$  y la longitud de corte  $L'$ , una combinación de cambios que afecten a estas dos variables usualmente da una representación adecuada de la recta graficada. Para la región **A**, se debe disponer de una luz de corte tan larga como sea posible, siempre que se produzca una falla por adherencia. En el otro extremo en la región **B** debe disponerse de la menor luz de corte posible, aproximadamente 18 pulgadas (457 mm). Una distancia inferior a ésta

no es recomendada debido a los efectos que se generan al tener el punto de aplicación de la carga tan cerca de los apoyos.

La proyección de la recta es necesaria para cada perfil de la placa metálica colaborante, así mismo como para: cada calibre nominal de la lámina, cada superficie distinta y cada tipo de hormigón.

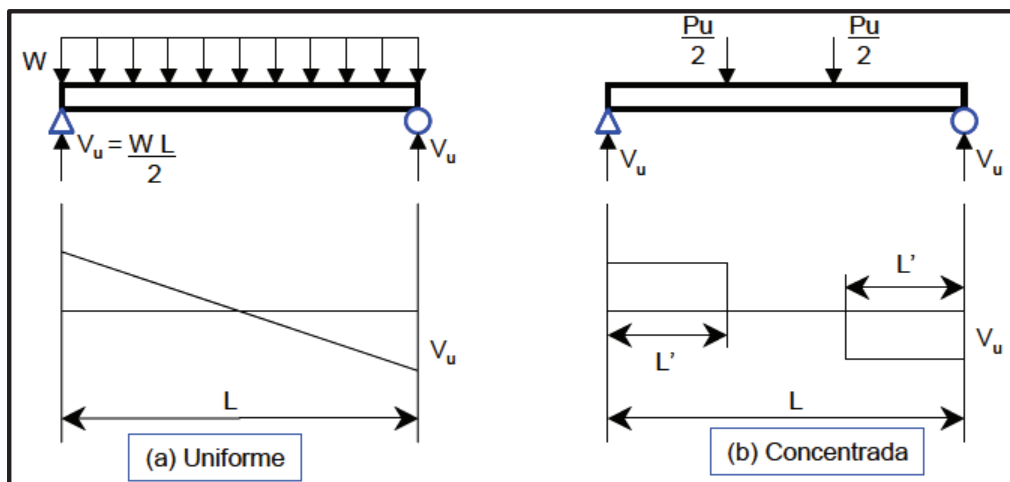
La resistencia última al corte, por conveniencia se puede acomodar la ecuación (3.16).

$$V_u = \frac{bd}{s} \left( \frac{mpd}{L'} + k \sqrt{f'c} \right) \quad (3.18.)$$

$L'$ , es la distancia desde la reacción hasta el punto de aplicación de la carga concentrada. Para sistemas con cargas uniformemente distribuidas,  $L'$  es tomada como  $L/4$ .

La distancia  $L/4$  se determina igualando las áreas de corte de los diagramas de corte de sistemas con cargas puntuales y cargas uniformemente distribuidas.

**FIGURA 3.7. MECANISMO DE CORTE CON SUS RESPECTIVOS (S)**



FUENTE: Modificado del Artículo "Desing Recommendations for Steel Deck Floor Slabs"

ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

Los diagramas de corte para cargas concentradas y para cargas distribuidas. Las áreas en cada caso son:

(a)  $(1/2) * (V_u L/2)$  (3.19.)

(b)  $V_u * L'$  (3.20.)

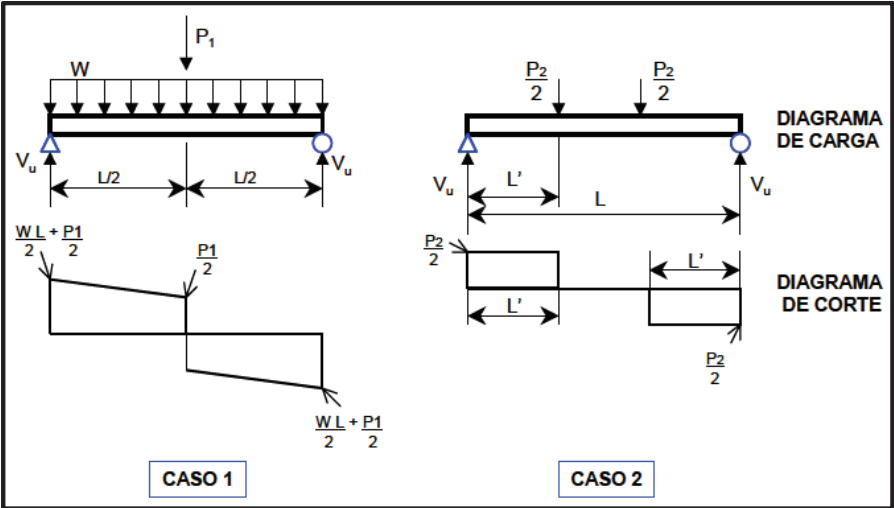
Igualando (a) y (b) se obtienen:

$L' = L/4.$  (3.21.)

La carga aplicada, que provee igual corte final e igual momento en el centro de la losa. Las correspondientes deflexiones son 10% mayor en el centro de la luz para el caso de carga concentrada. Tres pares de pruebas de losas mixtas con cargas concentradas versus cargas distribuidas indican que el uso de un cuarto de la luz para casos de carga distribuida es razonablemente válido

Con cargas concentradas y distribuida, se hace la selección de  $L'$  igualando los diagramas de la siguiente manera:

FIGURA 3.8. COMPARACIÓN DE DIAGRAMA DE CARGA CONCENTRADA Y DISTRIBUIDA CON DOS CARGAS CONCENTRADAS



FUENTE: Modificado del Artículo "Desing Recommendations for Steel Deck Floor Slabs"  
ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

CASO 1

$$AREA_{CASO\ 1} = \left(\frac{P_1}{2}\right)\left(\frac{L}{2}\right) + \left(\frac{WL}{2}\right)\left(\frac{L}{2}\right)\left(\frac{1}{2}\right) \quad (3.22.)$$

CASO 2

$$AREA_{CASO\ 2} = \frac{P_2}{2}L' \quad (3.23.)$$

Remplazando el término  $P_2$  con  $P_1 + WL$ , e igualando las expresiones de áreas se obtiene:

$$L' = \frac{\left(\frac{P_1L}{4} + \frac{WL^2}{8}\right)}{\left(\frac{P_1}{2} + \frac{WL}{2}\right)} \quad (3.24.)$$

Donde  $\frac{L}{4} \leq L' \leq L/2$  para varias combinaciones de  $P_1$  y  $W$ .

La mayoría de los diseños de las losas mixtas están basados en cargas uniformes, de esta manera sustituyendo  $L'$  por  $L/4$ , incluyendo un factor de reducción de capacidad  $\phi$  y agregando un factor de corrección por posible apuntalamiento  $\gamma$ , la Ecuación (3.17) puede ser rescrita como de la siguiente forma

$$V_U = \left[ \frac{d}{S} \left( \frac{4mpd}{L} + 12k\sqrt{f'c} \right) + \frac{\gamma W_1 L}{2} \right] \quad (3.25.)$$

Ó

$$V_U = \phi \left[ \frac{d}{S} \left( \frac{mAs}{3L} + 12k\sqrt{f'c} \right) + \frac{rW_1 L}{2} \right] \quad (3.26.)$$

El término  $\frac{rW_1 L}{2}$  representa la carga muerta correspondiente al sistema de piso mixto, donde  $W_1$  el peso de la losa (peso de la placa metálica colaborante y el

hormigón fresco). Los valores de  $\gamma$  representa la porción de carga muerta agregada una vez removidos los apuntalamientos.

**CUADRO 3.5. VALORES DE  $\gamma$  PARA VARIAS CONDICIONES DE SOPORTE**

Condición de soporte	$\gamma$
Soporte completo	1,0
Sin apuntalamiento	0
Apuntalamiento en el centro	0,625

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

La condición de “soporte completo” indica que la lámina de acero ha estado uniformemente soportada durante la prueba a lo largo de toda su longitud, razón por la cual no ha cargado su peso propio durante la construcción. Por esto, al remover su soporte completo todo el peso propio de la losa es cargado. Esta condición se presenta únicamente en las muestras de laboratorio.

El caso opuesto es el caso de apuntalamiento nulo o soporte nulo. Para este caso, la placa metálica colaborante carga el peso de la carga muerta durante la prueba. El caso en que la losa es sólo apuntalada en el centro de su luz, durante la prueba parte de la carga muerta es soportada, por el puntal central. Cuando este puntal es removido el máximo corte agregado a la sección compuesta es  $\frac{5}{8} \frac{W_1 L}{2}$  ó  $\gamma = \frac{5}{8} = 0,625$  para los casos en que interfieran dos o más soportes el factor  $\gamma$  debe ser determinado de manera similar que para el caso de un solo puntal. Los tres valores de  $\gamma$  dados son para sistemas simplemente apoyados únicamente.

Los ensayos se deben realizar de acuerdo con los detalles dados por la American Society of Civil Engineers o por el Canadian Sheet Building Institute.

Estos ensayos de laboratorio deben simular lo más posible las condiciones que se dan en la práctica Constructiva. Asimismo, el factor de minoración de resistencia por corte por adherencia es  $\phi_v = 0,60$

### 3.1.3.3. Resistencia a la flexión

Porter y Ekberg (1976) indican que los modos de falla por flexión en las losas sobreforzadas y sobrerreforzadas son similares a aquellos que ocurren en el hormigón reforzado. La falla de una losa mixta sobreforzada esta principalmente caracterizada por ductilidad del acero de la totalidad de la placa metálica colaborante en la sección de máximo momento positivo. Contrariamente, la falla de una losa mixta sobrerreforzada está caracterizada principalmente por el agrietamiento del hormigón en la sección de máximo momento positivo. Pueden ocurrir pequeños deslizamientos antes de la falla por flexión.

Las capacidades por flexión están separadas de acuerdo a la relación de compresión altura.

Las losas cuya relación compresión/altura,  $(c/d)$ , sea menor que la condición balanceada  $(c/d)b$ , se considerarán sobreforzadas, en caso contrario se clasificará como sobrerreforzadas.

$$(c / d) = \frac{A_s F_y}{0,85 f'_c b d \beta} \quad (3.27.)$$

$$(c / d)b = \frac{6300(h-d)}{(6300+F_y)d} \quad (3.28.)$$

$\beta$  : Tiene un valor de 0,85 para hormigones de una resistencia menor a  $f'_c \leq 300 \text{ Kgf/cm}^2$ , y para hormigones con  $f'_c > 300 \text{ Kgf/cm}^2$ ,

$$\beta = 0,85 - 7,85 * 10^{-4}(f'_c - 300) \geq 0,65 \quad (3.29.)$$

a) Losas sobreforzadas.

La resistencia minorada a momentos positivos en la losa mixta acero hormigón será  $\phi_s M_{ru}$ , donde el valor de  $M_{ru}$ ,

$$M_{ru} = A_s F_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (3.30.)$$

Donde:

$$a = \frac{\phi_s A_s F_y}{0,85 \phi_c f'_c} \quad (3.31.)$$

Los valores de  $\phi_s$  y  $\phi_c$  como factores de reducción de las resistencias, tendrán un valor de 0,9 y 0,6 respectivamente, al tratarse de losas mixtas con placa metálica colaborante galvanizado y de hormigón en flexión.

Esto es válido para losas mixtas que sean capaces de desarrollar la tensión cedente en la totalidad de la sección de la placa metálica colaborante. Esta ecuación no toma en cuenta el acero de refuerzo que pueda existir adicionalmente ni tampoco el caso de que una porción de la placa metálica colaborante esté en la zona de compresión dentro de la sección a flexión.

#### b) Losas sobrerreforzadas

La resistencia minorada a flexión para momentos positivos en la losa será  $\phi_c M_{ro}$

$$M_{ro} = k_1 f'_c b c (d - k_2 c) \quad (3.32.)$$

Donde:

$$c = d \left\{ \left[ pm + \left( \frac{pm}{2} \right)^2 \right]^{1/2} - \left( \frac{pm}{2} \right) \right\} \quad (3.33.)$$

Con

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

$$m = \frac{\phi_s E_s \epsilon_{cu}}{k_1 \phi_c f'_c}$$



$k_1$  : 0,723 para hormigones con resistencia  $f'_c \leq 300\text{Kg/cm}^2$ ; Para  $f'_c > 300\text{Kg/cm}^2$ ,  $k_1 = 0,723 - 6,69 \cdot 10^{-4}(f'_c - 300) \geq 0,553$

$k_2$  : 0,425 para hormigones con resistencia  $f'_c \leq 300\text{Kg/cm}^2$ ; Para  $f'_c > 300\text{Kg/cm}^2$ ,  $k_2 = 0,425 - 3,92 \cdot 10^{-4}(f'_c - 300) \geq 0,325$

$\varepsilon_{cu}$  : 0,003

**CUADRO 3.6. RELACIÓN c/d**

Relación de compresión/altura (c/d) con hormigón 210 Kg/cm <sup>2</sup>		
Espesor de losa (cm)	12	14
Calibre	Relación c/d	
22	0.2438	0.2438
20	0.2981	0.2981

Relación de compresión/altura (c/d) con hormigón 240 Kg/cm <sup>2</sup>		
Espesor de losa (cm)	12	14
Calibre	Relación c/d	
22	0.1950	0.1950
20	0.2385	0.2385

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 3.7. MOMENTOS MINORADOS**

Momentos minorados para hormigón 210 Kg/cm <sup>2</sup>		
	a	$\phi_s M_{ru}$
Calibre	(cm)	(Kg/m)
22	1.97	1080
20	2.41	1266

Momentos minorados para hormigón 240 Kg/cm <sup>2</sup>		
	a	$\phi_s M_{ru}$
Calibre	(cm)	(Kg/m)
22	1.58	1119
20	1.93	1326

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 3.8. CARGAS ÚLTIMAS MAYORADAS CON HORMIGÓN DE 210 Kg/cm<sup>2</sup>**

Cargas últimas mayoradas con hormigon de 210 Kg/cm2						
Longitud entre apoyos	Calibre 20			Calibre 22		
	APOYO			APOYO		
	2	3	4	2	3	4
<b>1.00</b>	18012	16402	15828	15358	13985	13495
<b>1.10</b>	14886	13555	13081	12692	11558	11153
<b>1.20</b>	12508	11390	10992	10665	9712	9372
<b>1.30</b>	10658	9705	9366	9087	8275	7985
<b>1.40</b>	9190	8368	8075	7835	7135	6885
<b>1.50</b>	8005	7290	7035	6826	6216	5998
<b>1.60</b>	7036	6407	6183	5999	5463	5272
<b>1.70</b>	6232	5675	5477	5314	4839	4670
<b>1.80</b>	5559	5062	4885	4740	4316	4165
<b>1.90</b>	4989	4543	4384	4254	3874	3738
<b>2.00</b>	4503	4100	3957	3839	3496	3374
<b>2.10</b>	4084	3719	3589	3482	3171	3060
<b>2.20</b>	3721	3389	3270	3173	2889	2788
<b>2.30</b>	3405	3101	2992	2903	2644	2551
<b>2.40</b>	3127	2848	2748	2666	2428	2343
<b>2.50</b>	2882	2624	2532	2457	2238	2159
<b>2.60</b>	2664	2426	2341	2272	2069	1996
<b>2.70</b>	2471	2250	2171	2107	1918	1851
<b>2.80</b>	2297	2092	2019	1959	1784	1721
<b>2.90</b>	2142	1950	1882	1826	1663	1605
<b>3.00</b>	2001	1822	1759	1695	1554	1499

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 3.9. CARGAS ÚLTIMAS MAYORADAS CON HORMIGÓN DE 240 Kg/cm<sup>2</sup>**

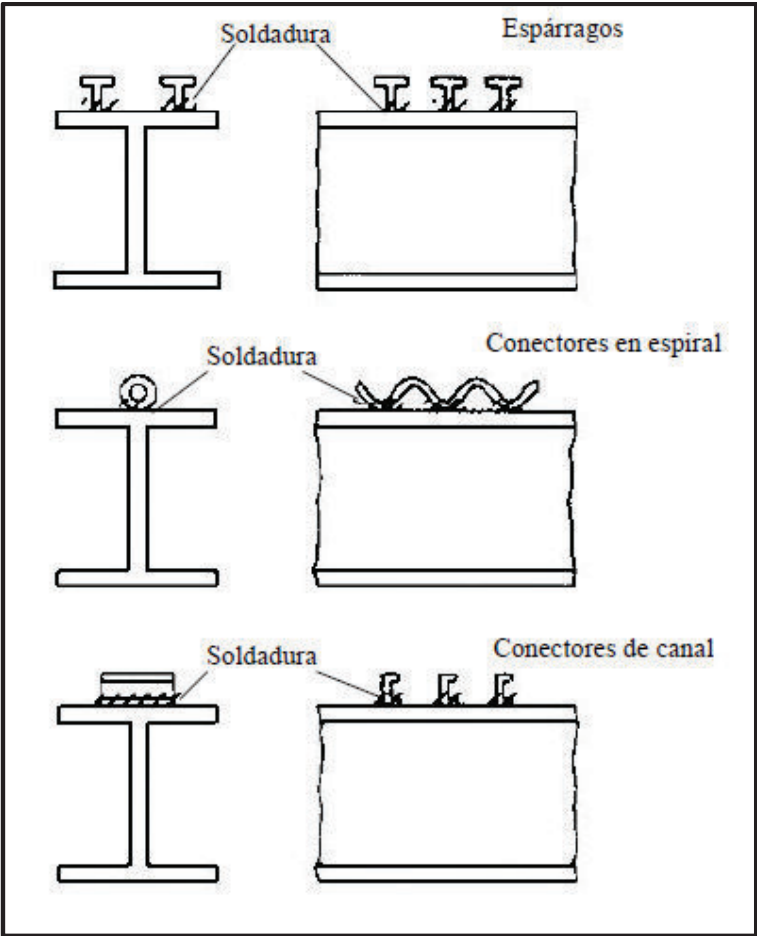
Cargas últimas mayoradas con hormigon de 240 Kg/cm2						
Longitud entre apoyos	Calibre 20			Calibre 22		
	APOYO			APOYO		
	2	3	4	2	3	4
1.00	18757	16571	17172	15923	13862	13625
1.10	15484	13695	14191	13159	11425	11875
1.20	13015	11507	11925	11057	9512	10012
1.30	11058	9805	10161	9422	8145	8421
1.40	9521	8454	8761	8124	7012	7245
1.50	8275	7365	7632	7077	6172	6345
1.60	7256	6473	6708	6220	5312	5563
1.70	6410	5734	5942	5510	4563	5001
1.80	5710	5114	5300	4914	4102	4369
1.90	5120	4590	4757	4411	3715	3514
2.00	4658	4143	4293	3981	3321	3184
2.10	4123	3758	3894	3611	3010	2874
2.20	3756	3424	3548	3290	2754	2641
2.30	3415	3132	3246	3010	3564	2456
2.40	3160	2877	2981	2764	2310	2232
2.50	2925	2651	2747	2548	2130	2085
2.60	2615	2451	2540	2355	2009	1885
2.70	2435	2273	2356	2184	1896	1645
2.80	2016	2114	2190	2031	1620	1511
2.90	2165	1970	2042	1983	1559	1408
3.00	2095	1841	1908	1815	1485	1362

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

### 3.1.3.4. Conectores de corte

Se pueden considerar diversos tipos de conectores de corte, incluyendo barras, espirales, canales, ángulos y espárragos.

FIGURA 3.9. TIPOS DE CONECTORES DE CORTE



FUENTE: Diseño de Estructuras de Acero Método LRFD  
ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

Los conectores tipo espárragos (Stud) son los más conocidos. Estos consisten en una barra de acero de sección circular soldada por uno de los extremos a las vigas y en el otro extremo tienen una cabeza para impedir la separación vertical de la losa y de la viga. Son los más populares porque estos pueden ser instalados relativamente rápido con el uso de una pistola especial de soldar. Anteriormente, los conectores debían ser conectados directamente al miembro de acero, por esto las láminas de acero debían tener hoyos que permitieran su conexión con la viga. Hoy en día los conectores se sueldan directamente a través de las láminas de acero.

**FOTOGRAFÍA 3.1. CONECTOR NELSON STUD MARCA SATEC**

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FOTOGRAFÍA 3.2. COLOCACIÓN DE LOS CONECTORES NELSON STUD**

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

Los conectores tipo espárrago son soldados de acuerdo a los requisitos de la Norma AWS D1.1, los Stud serán de 19 mm de diámetro o menos. Una vez soldados tendrán que sobresalir por lo menos 40 mm (1,5 plg) por encima de la parte superior de la placa metálica colaborante.

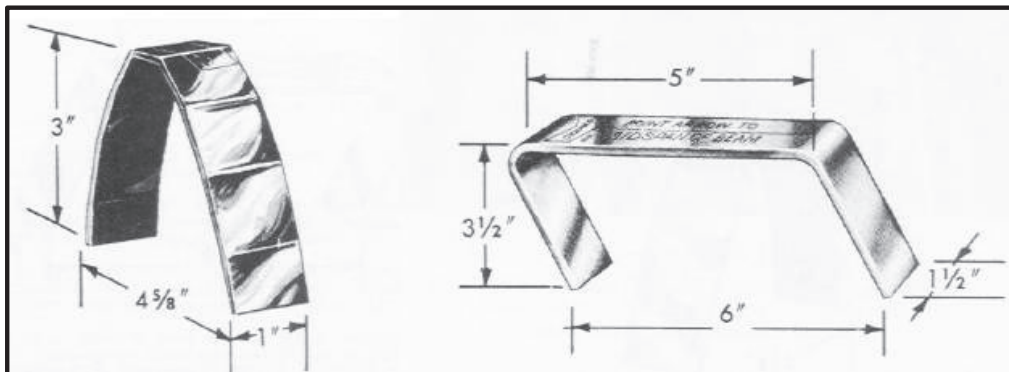
También indica que el cálculo de la resistencia minorada se supondrá acción colaborante parcial cuando la resistencia del conector  $V_{ac}$  sea menor de 0,5 veces el menor valor entre  $0,85btfc$  y  $\phi A_s F_y$ . En el estado límite de servicio no se considera la acción colaborante total cuando  $V_{ac}$  sea menor de 0,25 veces el menor valor entre  $0,85btfc$  y  $\phi A_s F_y$ .

En los sistemas resistentes a sismos, independientes de su Nivel de Diseño, la acción colaborante parcial no será menor del cincuenta por ciento (50%).

Para una acción conjunta completa en vigas, se suministrarán conectores de corte en cantidad suficiente para desarrollar la máxima resistencia a flexión de la viga mixta.

Los fabricantes de acero han ido desarrollando otros tipos de conectores de corte para el uso especial con sus láminas de acero. Generalmente estos otros conectores son soldados manualmente bajo soldadura de arco y esto pudiera ser más costoso.

**FIGURA 3.10. OTROS TIPOS DE CONECTORES DE CORTE**



FUENTE: Design in Cold Formed Steel

ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 3.10. CARGAS ADMISIBLES CON CONECTORES DE CORTE**

CALIBRE	espesor de conc. [cm]	SATEC COMPOSITE DECK SOBRECARGA ADMISIBLE [kg/m <sup>2</sup> ] CON CONECTORES DE CORTE											
		1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4
Cal 24	5	1840	1462	1182	969	804	672	566	479	407	347	269	252
	6	2076	1649	1334	1094	907	759	640	542	461	393	335	286
	8	2000	2024	1638	1344	1115	933	787	667	586	485	414	354
	10	2000	2000	1941	1593	1323	1108	934	793	675	576	493	422
Cal 22	12	2000	2000	2000	1843	1530	1282	1052	918	782	668	572	490
	5	2000	1895	1465	1207	1006	846	717	612	525	452	390	337
	6	2000	2000	1656	1356	1138	958	812	693	595	512	442	383
	8	2000	2000	2000	1681	1402	1181	1002	856	735	634	548	474
Cal 20	10	2000	2000	2000	2000	1666	1404	1192	1019	875	755	658	566
	12	2000	2000	2000	2000	2000	1627	1382	1182	1016	876	759	658
	5	2000	2000	1772	1464	1225	1035	882	756	652	565	492	423
	6	2000	2000	2000	1660	1389	1174	1001	859	741	643	559	488
Cal 18	8	2000	2000	2000	2000	1717	1452	1238	1064	919	797	694	607
	10	2000	2000	2000	2000	2000	1730	1476	1269	1096	952	830	725
	12	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1714	1473	1274	1107	965	844
	5	2000	2000	2000	1908	1603	1361	1165	1005	873	762	667	587
Cal 18	6	2000	2000	2000	2000	1826	1551	1328	1146	996	869	763	671
	8	2000	2000	2000	2000	2000	1930	1655	1429	1242	1085	953	840
	10	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1711	1488	1301	1143	1008
	12	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1735	1517	1334	1177

FUENTE: Desing in Cold Formed Steel  
ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

## CAPÍTULO 4

### 4. PROCESO DE MUESTREO Y ENSAYOS DE LABORATORIO

#### 4.1. REQUERIMIENTOS Y MUESTREO

De acuerdo a la norma NTE INEN 2397:2014 se realizó el muestreo de las probetas en dos espesores diferentes de 0.76 mm y 0.90 mm.

Para los cálculos relacionados con el diseño de la placa, se tomó en cuenta el espesor BMT. La placa colaborante de acero fue diseñada acorde a las dos etapas a las cuales se encuentra solicitada:

La primera como encofrado y la segunda en la cual la sección compuesta por la placa y una carpeta de hormigón resiste las cargas actuantes.

a) En la primera etapa la carga muerta está conformada por el peso propio de la placa.

La carga viva mínima en la primera etapa, debe ser una carga uniformemente distribuida de  $100\text{kg/m}^2$ , o una carga puntual de 225 kg concentrada en un metro de ancho y ubicada en el centro de un vano.

b) La segunda etapa empieza una vez que el hormigón vertido sobre la placa ha desarrollado la resistencia requerida, la sobrecarga en esta etapa es definida por el ingeniero estructural acreditado.

La placa colaborante cumplió con los requisitos establecidos en la norma ANSI/ASCE 3-91, ya que no existe su equivalente en el Código Ecuatoriano de la Construcción.



## 4.2. FABRICACION DE PROBETAS

### 4.2.1. REQUISITOS DIMENSIONALES

Las dimensiones de las placas han sido definidas por el fabricante en el Capítulo 2.

### 4.2.2. MATERIA PRIMA

La materia prima son bobinas de acero laminado en caliente según el calibre establecido para fabricación, el montaje de las bobinas sobre la maquina se realiza mediante un montacargas o grúa en su defecto ya que el peso de las bobinas varía entre 3.00 Ton y 10.00 Ton aproximadamente. La bobina es colocada en un carrete que es sostenido en 2 bancos para que quede suspendido aproximadamente 30.00 cm del suelo y se ingrese la lámina en la parte inferior de la máquina.

**FOTOGRAFÍA 4.1. ROLLO DE ACERO LAMINADO ACEROMEX DEL ECUADOR.**



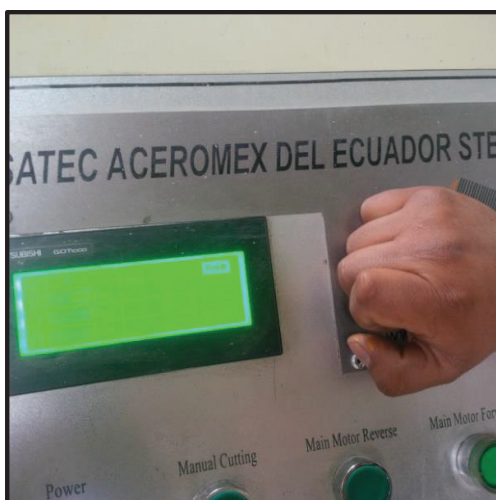
FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FOTOGRAFÍA 4.2. MAQUINA LAMINADORA ACEROMEX DEL ECUADOR.**

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**4.2.3. FABRICACIÓN DE PLACAS DECK**

La fabricación de las probetas se realizó en las instalaciones de Satec - Aceromex, la máquina de doblado es una máquina de importación China la cual hace el conformado en frío a partir de rodillos preestablecidos para dar las secciones indicadas en el Capítulo 2 de esta investigación. La programación de la maquina es automatizada en donde se ingresa la cantidad de planchas a fabricar y la longitud de cada plancha en milímetros.

**FOTOGRAFÍA 4.3. PANEL DE CONTROL DE MAQUINA LAMINADORA ACEROMEX DEL ECUADOR**

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

Una vez que la maquina realiza el corte a la medida de cada placa metálica colaborante de cada medida es recogida por dos personas que se encargan de etiquetar y almacenar las placas según su espesor y su medida longitudinal.

De acuerdo a los requerimientos de la norma se obtuvieron probetas que cumplen con las dimensiones preestablecidas por la empresa, diseño, y procedimiento de ensayo en 2200 mm, las mismas que tienen las propiedades geométricas especificadas en el Capítulo 2 de esta investigación.

En cuanto a la sobrecarga se tiene:

- Separación entre apoyos: 2000 mm
- Espesor de hormigón sobre la placa: 120 mm (desde la base de la placa)
- Resistencia especificada a la compresión del hormigón:  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

**FOTOGRAFÍA 4.4. UBICACIÓN DE EJES PARA CORTE DE LAS PLACAS METALICAS.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

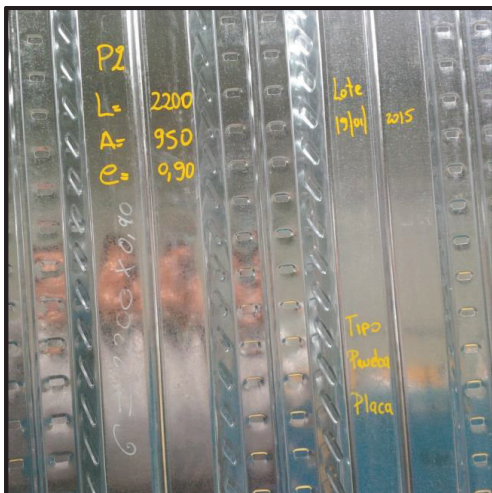
**FOTOGRAFÍA 4.5. DIMENSIONAMIENTO DE PROBETAS.**

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FOTOGRAFÍA 4.6. PLACA METALICA.**

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

#### FOTOGRAFÍA 4.7. IDENTIFICACIÓN DE PROBETAS PARA ENSAYOS.

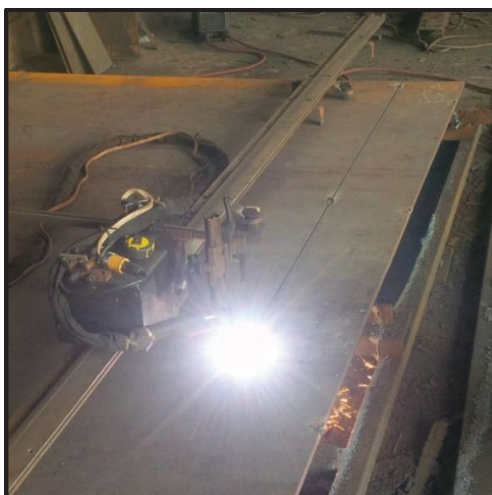


FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán.

#### 4.2.4. PLACA DE PATÍN

Se fabricaron placas de acero las cuales servirían de patines de apoyo para la sujeción del Deck y en el caso de losas compuestas para la colocación de los Nelson Stud. La medida de las placas de patín fueron de 150mm x 1100mm y 10mm de espesor. Estos patines fueron colocados en los dos extremos de las placas metálicas colaborantes de forma perpendicular a la sección longitudinal y centrada de tal forma que coincida su centro a 2000 mm de separación en la que se estableció los apoyos.

#### FOTOGRAFÍA 4.8. FABRICACIÓN DE PATINES.



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán



#### 4.2.5. COLOCACIÓN DE CONECTORES DE CORTE

Los conectores de cortante serán del tipo Nelson Stud los cuales son de  $\frac{3}{4}$  x  $\frac{1}{4}$  de pulgada de cabeza redonda, los cuales fueron sujetos mediante soldadura. Estos conectores se funden entre la placa colocada como patín así como la placa metálica colaborante Deck.

#### FOTOGRAFÍA 4.9. COLOCACIÓN DE CONECTORES NELSON STUD.



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

#### 4.2.6. MALLA ELECTROSOLDADA

La malla electrosoldada es una malla de 15x15x6.5mm que se colocó como refuerzo en la carpeta de hormigón y de igual forma como refuerzo de temperatura para el fraguado del hormigón a una distancia de 30mm sobre la cresta del valle alto de la placa metálica colaborante Deck. Teniendo un recubrimiento de 25mm en la fibra exterior de hormigón sometida a compresión en caso flexión y momento positivo; y de tensión en el caso de la flexión con un momento negativo.

**FOTOGRAFÍA 4.10. COLOCACIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA.**

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**4.2.7. ENCOFRADO DE PROBETAS**

El encofrado de las probetas se realizó a una medida de 2.20 m de largo por 0.95 m de ancho y 0.15 m de alto ya que la carpeta de hormigón de la losa compuesta en las probetas tiene 120mm de altura. El encofrado fue realizado con tableros triplex de 12mm de espesor, fabricado a partir de chapas desenrolladas de madera, unidas entre sí con adhesivos, de tal forma que la fibra de cada chapa queda perpendicular a la adyacente.

**FOTOGRAFÍA 4.11. ENCOFRADO DE LAS PROBETAS**

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

#### 4.2.8. HORMIGONADO DE PROBETAS

El hormigonado se realizó mediante hormigón premezclado de una resistencia de  $210\text{kg/cm}^2$ , con un asentamiento de 12.00 cm y una temperatura de 20 grados Celsius. El mismo fue de entregado por la hormigonera Holcim con un total de  $2.25\text{ m}^3$  empleados en la fundición.

#### FOTOGRAFÍA 4.12. ENTREGA DE HORMIGON PARA PROBETAS



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

#### 4.2.9. CURADO

Transcurridas varias horas de terminada la fundición se procedió al curado del hormigón mediante riego de agua por siete (7) días consecutivos hasta obtener la resistencia del hormigón requerida.



**FOTOGRAFÍA 4.13. HORMIGONADO Y CURADO DE LAS PROBETAS**

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FOTOGRAFÍA 4.14. CILINDROS DE HORMIGÓN ENSAYADOS EN EL LABORATORIO DE HORMIGONES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL.**

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**4.2.10. DESENCOFRADO**

Transcurridas siete (7) días después de la fundición en que teóricamente el hormigón supera el 65% de la resistencia requerida se procedió cuidadosamente al desencofrado de las placas para que los bordes de las aristas no sufriesen daños.

**FOTOGRAFÍA 4.15. PROBETAS HORMIGONADAS PARA ENSAYAR.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

### **4.3. INSPECCIÓN Y MUESTREO**

#### **4.3.1. INSPECCIÓN**

La inspección de cada lote debe realizarse según lo establecido en la NTE INEN ISO 2859-1 para cada método de ensayo especificado en esta norma.

#### **4.3.2. MUESTREO**

Se tomaron dos (2) muestras de cada espesor para cada tipo de ensayo en los cuatro estados establecidos.

**CUADRO 4.1. RESUMEN DE TIPO DE ENSAYOS Y PROBETAS**

TIPO DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN DE PROBETA	No.	e	No.	e	No.	e	No.	e
1	Placa encofrado (Placa Deck Sola)	P7	0,76	P8	0,76	P2	0,90	P20	0,90
2	Loseta (Placa Deck + Carpeta de Hormigón)	P3	0,90	P4	0,90	P9	0,76	-	
3	Momento positivo (loseta + malla electrosoldada + nelson stud)	P11	0,76	P14	0,76	P5	0,90	P15	0,90
4	Momento negativo (probeta ensayo tipo 3, posición de carga invertida)	P12	0,76	P13	0,76	P6	0,90	-	

FUENTE: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

#### 4.4. MARCADO Y ETIQUETADO

Cada probeta fue marcada y etiquetada de acuerdo a lo establecido, cumpliendo con la identificación mínima requerida:

- Nombre del fabricante: Satec - Aceromex del Ecuador
- Espesor (TCT)= 0.76mm y 0.90mm
- Fecha de fabricación o número de lote: Enero 2015
- Grado del acero base: A36
- Longitud nominal: 2200mm

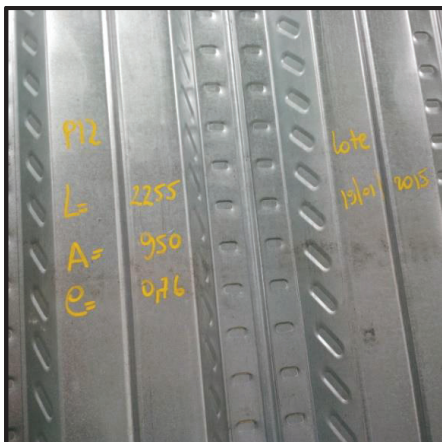
**FOTOGRAFÍA 4.16. PLACA METALICA PARA ENSAYOS**

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FOTOGRAFÍA 4.17. ETIQUETADO PROBETA P2**

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FOTOGRAFÍA 4.18. ETIQUETADO PROBETA P12.**



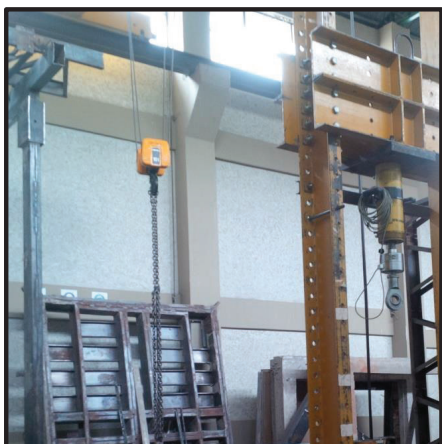
FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

#### **4.5. TRANSPORTE**

Con un total de catorce (14) probetas a ensayar construidas en las instalaciones de SATEC, las muestras fueron desencofradas y transportadas en una plataforma hasta el Centro de Investigación de la Vivienda de la Escuela Politécnica Nacional bajo las normas de seguridad necesarias para conservar su estructura y que los ensayos no se vean afectados.

Ya en el sitio con la ayuda de un puente grúa se ingresaron y apilaron las muestras para su posterior ensayo.

**FOTOGRAFÍA 4.19. GRUA DE CARGA CENTRO DE INVESTIGACION DE LA VIVIENDA.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

## 4.6. PREPARACION DE PROBETAS Y EQUIPOS DE LABORATORIO

### 4.6.1. COLOCACIÓN DE LOS STRAIN GAGES

El uso de Strain Gages en esta investigación se realiza en todas las probetas a ensayar, estos se adhieren en una superficie totalmente lisa posterior a un proceso de limado y limpieza hasta lograr una superficie sin imperfecciones.

Con el fin de eliminar el polvo y garantizar una superficie seca se usa acetona pura. Para la instalación se usa Super Bonder como pegamento y se adhieren los Strain Gages en la placa Deck sin tocar los filamentos de los mismos, posteriormente se realiza un proceso de exposición a luz durante 24 horas para el fraguado del adhesivo y se coloca una cinta aislante para la conexión a los cables que transmiten la información a los equipos de lectura del Centro de Investigación de la Vivienda.

#### FOTOGRAFÍA 4.20. COLOCACION DE STRAIN GAGES.



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán



**4.6.2. ARMADO DEL MARCO DE CARGA**

Después del proceso de muestreo de las probetas se prepararon los equipos de laboratorio para los ensayos.

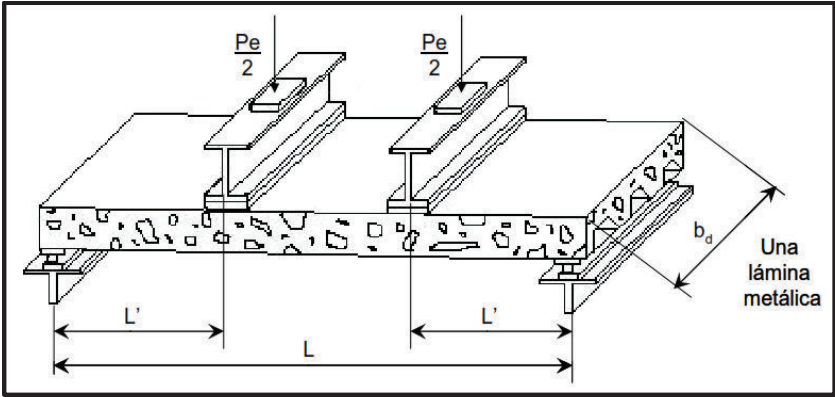
**FOTOGRAFÍA 4.21. MARCO DE CARGA.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

Para el ensayo de falla por flexión, se debe realizar un análisis particular colocando dos líneas de carga ubicadas simétricamente de forma que divida en tercios la probeta.

**FIGURA 4.1. MODELO TÍPICO DE PRUEBA DE LÁMINA METÁLICA.**



FUENTE: Artículo “Desing Recommendations for Steel Deck Floor Slabs”  
ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

### 4.6.3. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Las probetas se colocan sobre los apoyos alineados entre sí y se procede a conectar los dispositivos de lectura (Strain Gages) previamente adherirlos a las probetas a los equipos de medición del Centro de Investigación de la Vivienda.

#### FOTOGRAFÍA 4.22. COLOCACION DE EQUIPOS A PROBETAS



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

## 4.7. ENSAYOS

Según los diferentes usos que se le da durante el proceso constructivo se estableció el orden de los ensayos realizados.

### 4.7.1. ENSAYO TIPO 1. PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA

En el primer caso se consideró la probeta únicamente como un encofrado metálico capaz de resistir los materiales a recibir como hormigón y acero de refuerzo, además el personal y maquinaria necesaria durante el proceso de fundición.



**FOTOGRAFÍA 4.23. ENSAYO PLACA DECK SOLA (ENCOFRADO).**

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**4.7.2. ENSAYO TIPO 2. LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN**

El segundo uso del material propuesto es la placa metálica colaborante más una carpeta de hormigón, representando el uso de una loseta con la necesidad de soportar su peso propio (carga muerta) más una carga viva.

**FOTOGRAFÍA 4.24. ENSAYO PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.**

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

#### **4.7.3. ENSAYO TIPO 3. MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD**

En el siguiente uso se trabaja como un sistema compuesto en el cual se armó un sistema placa metálica colaborante, conectores de corte (Nelson Stud) y una malla electrosoldada.

#### **FOTOGRAFÍA 4.25. ENSAYO PLACA LOSA COMPUESTA.**

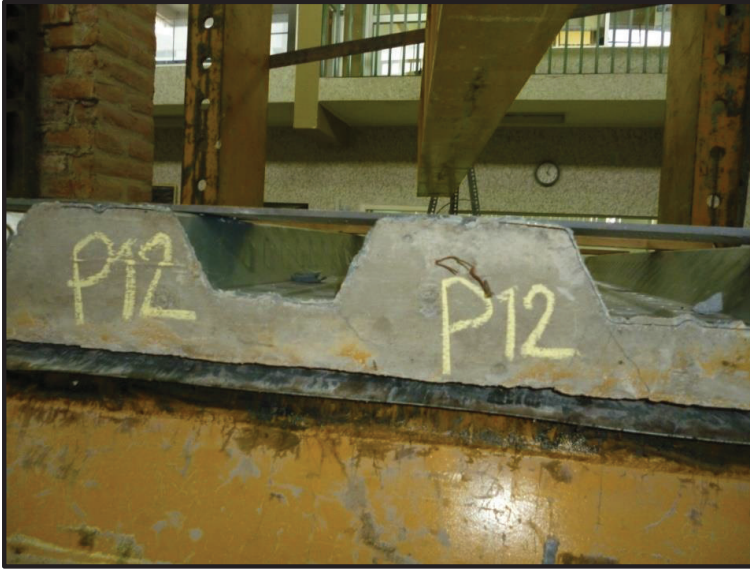


FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

#### **4.7.4. ENSAYO TIPO 4. MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA)**

En el último caso se utilizó el sistema compuesto del ensayo Tipo 3 pero al ensayar se ubicó la probeta en el marco de carga en posición invertida de tal forma que el hormigón este en la parte inferior y sea el que resista la flexión y de esta forma represente la inversión de los momentos en caso de fuerzas sísmicas.

**FOTOGRAFÍA 4.26. ENSAYO PROBETA A MOMENTO NEGATIVO.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FOTOGRAFÍA 4.27. ENSAYO PROBETA A MOMENTO NEGATIVO.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

## CAPÍTULO 5

### 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE ENSAYOS

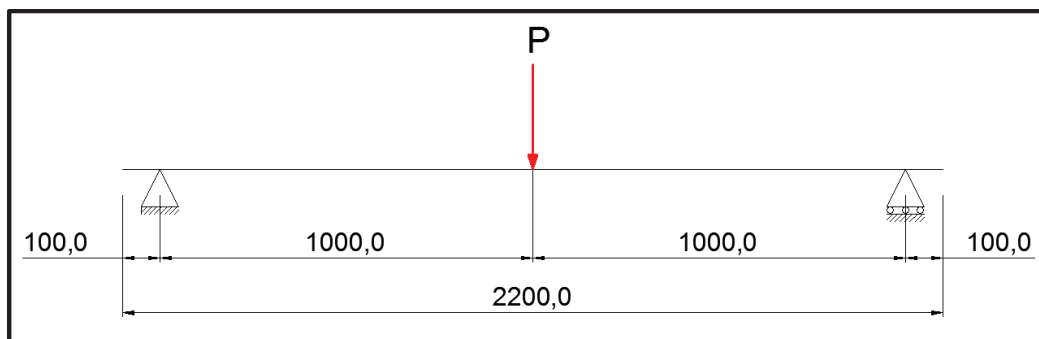
#### 5.1. DESCRIPCIÓN

De acuerdo a los procedimientos descritos en la sección 4.7 se realizaron los ensayos de laboratorio en el orden establecido del cuadro 4.1.

#### 5.2. ENSAYO TIPO 1. PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA

Para el ensayo en el que la probeta es analizada como encofrado el plano de carga se coloca de forma transversal a la placa Deck, de esta manera la carga total es aplicada en un solo punto en el centro de la probeta reproduciendo el modelo de la figura 5.1.

**FIGURA 5.1. DISTANCIA ENTRE APOYOS ENSAYO TIPO 1; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

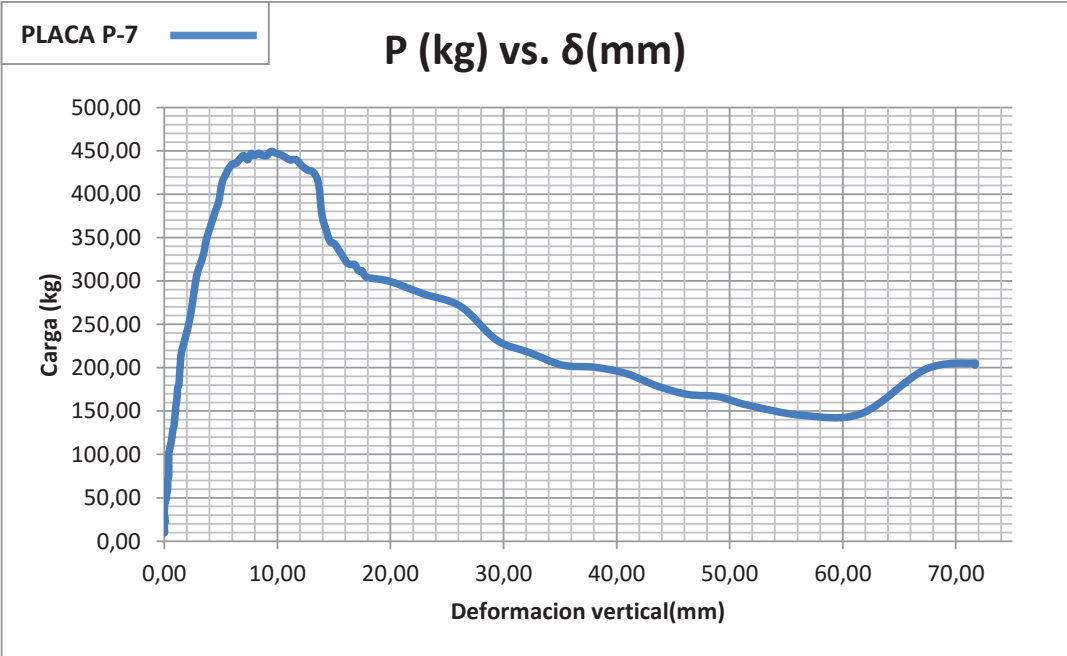
FOTOGRAFÍA 5.1. UBICACIÓN DE APOYOS Y CARGA EN LAS PROBETA DEL ENSAYOS TIPO 1; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

5.2.1. PROBETA P7,  $e = 0.76$  mm; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA

FIGURA 5.2. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 1 PLACA P7; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 5.1.DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 1 PLACA P7; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**

P (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	$M_{pd}$ (kg.m)	$M_{pl}$ (kg.m)	$M_{final}$ (kg.m)
31,40	0,01	0.215	0,00	15,70	15,70
41,07	0,02	0.281	0,00	20,53	20,53
45,90	0,07	0.314	0,00	22,95	22,95
212,57	1,46	1.453	0,00	106,29	106,29
309,19	2,92	2.113	0,00	154,60	154,60
413,06	5,11	2.823	0,00	206,53	206,53
437,22	6,47	2.988	0,00	218,61	218,61
446,88	7,68	3.054	0,00	223,44	223,44
449,30	9,43	3.071	0,00	224,65	224,65
444,47	10,46	3.038	0,00	222,23	222,23

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

En el ensayo Tipo 1 Placa P7, la sección llega hasta una carga máxima de 449.30 kilogramos, a partir de este valor la placa absorbe deformación pero su capacidad de resistir carga disminuye. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a las reales, revelando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa.

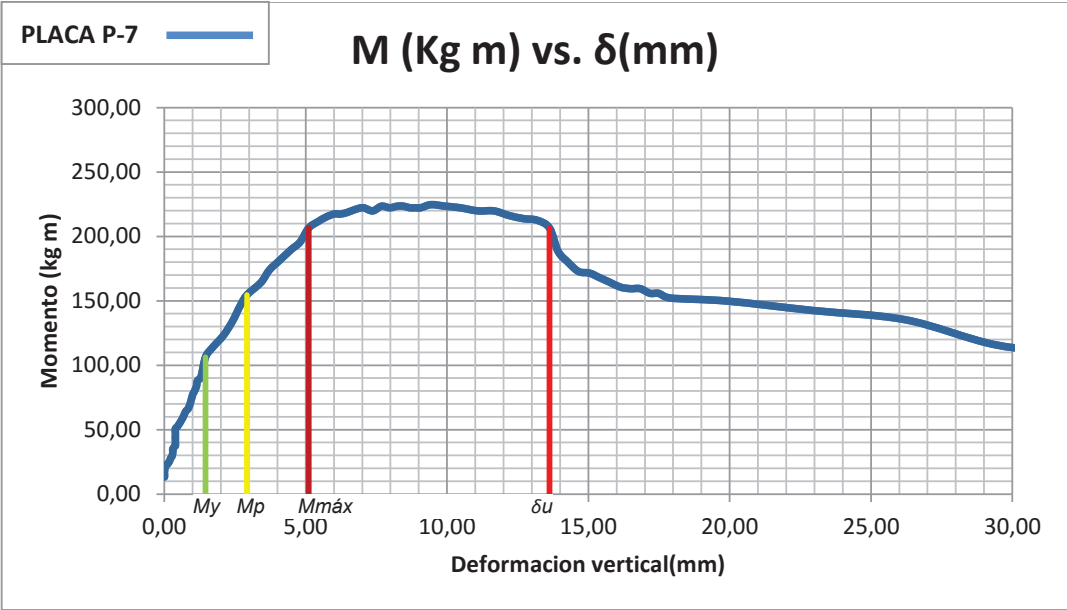


**CUADRO 5.2. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 1 PLACA P7; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**

Calibre	C	22	
Espesor	btm	0,76	mm
Ancho de la Plancha	Ap	1220	mm
Ancho Útil	Au	950	mm
Largo de la Plancha	L	2200	mm
Luz libre	Lsd	2000	mm
Área de Acero de la lámina	Asd	9,27	cm <sup>2</sup>
Peso de la Plancha por metro cuadrado	Wsd	8	Kg/m
Inercia	Isd	79,74	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Superior	S+	19,87	cm <sup>3</sup> /m
Módulo de Sección Inferior	S-	20,58	cm <sup>3</sup> /m
Módulo de elasticidad del acero	E	2043000	Kg/cm <sup>2</sup>
Volumen de Hormigón	Vh	0,1	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Resistencia del Hormigón a la Compresión	f <sub>c</sub>	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del Hormigón	γ	2400	Kg/m <sup>3</sup>
Fy Acero	f <sub>y</sub>	2530	Kg/cm <sup>2</sup>
W	Pwd	250,8	Kg/m
Peso de la lámina de la probeta	Psd	16,72	Kg
Distancia del Cg a la fibra en compresión	d	8,93	cm
Distancia CGS al EN	Ycc	1,23	cm
Centro de Gravedad	Cgs	3,07	cm
Eje Neutro	En	10,62	cm
ro	p	0,00109	adimensional
ro balanceado	po	0,02614	adimensional
Profundidad bloque plástico	a	1,38	cm
Momento Positivo Wd1	M+	100,99	Kg m
Momento Positivo Wd2	M+	96,3072	Kg m
Momento Negativo	M-	117,37	Kg m

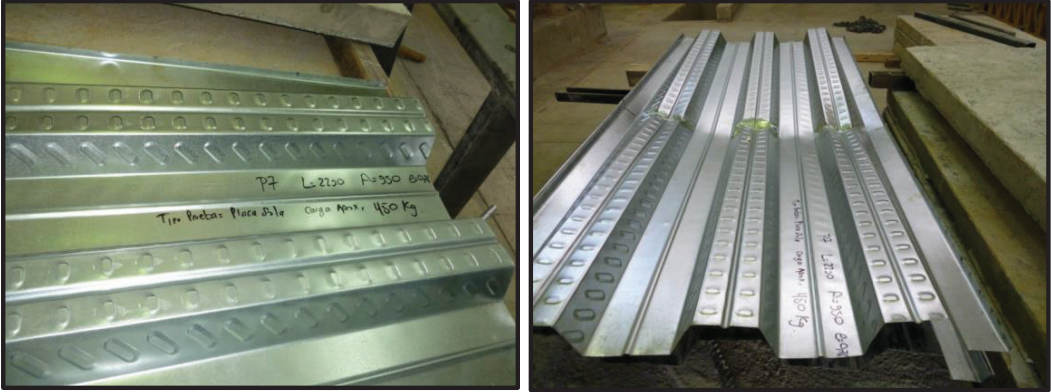
FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FIGURA 5.3. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 1 PLACA P7; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FOTOGRAFÍA 5.2. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 1 PLACA P7; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**

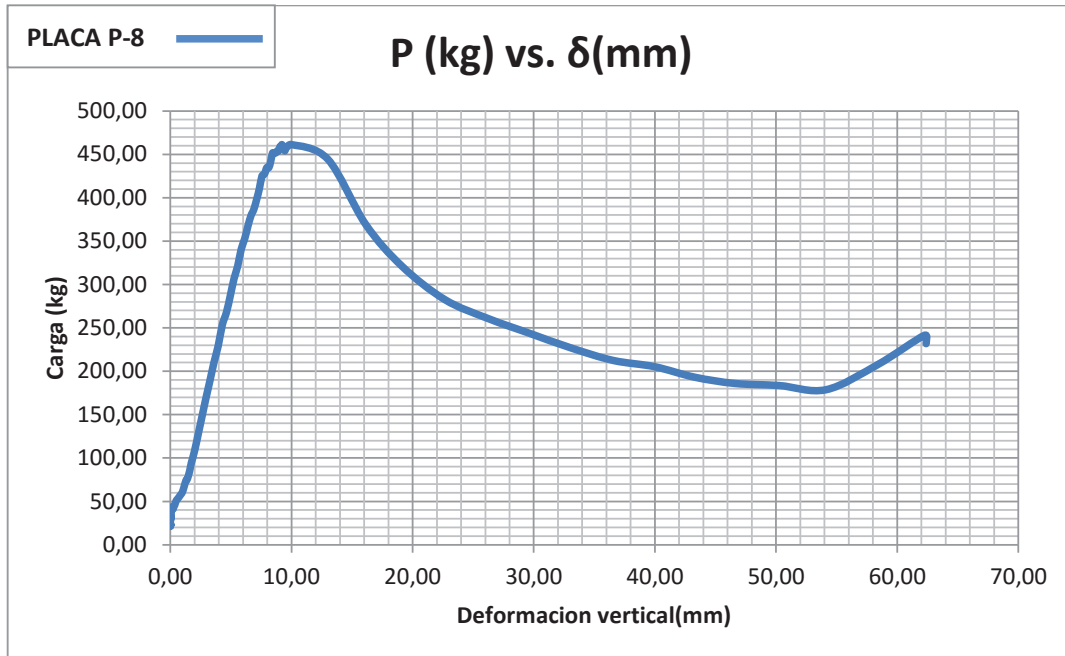


FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán



### 5.2.2. PROBETA P8, $e = 0.76$ mm; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA

FIGURA 5.4. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 1 PLACA P8; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 5.3. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 1 PLACA P8; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**

P (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	$M_{pd}$ (kg.m)	$M_{pl}$ (kg.m)	$M_{final}$ (kg.m)
21,74	0,01	0.149	0,00	10,87	10,87
38,64	0,07	0.264	0,00	19,32	19,32
229,44	3,95	1.568	0,00	114,72	114,72
340,53	5,85	2.327	0,00	170,27	170,27
427,45	7,78	2.922	0,00	213,73	213,73
441,94	8,28	3.021	0,00	220,97	220,97
451,60	8,44	3.087	0,00	225,80	225,80
456,43	9,53	3.120	0,00	228,22	228,22
461,26	10,02	3.153	0,00	230,63	230,63
444,36	13,01	3.037	0,00	222,18	222,18

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

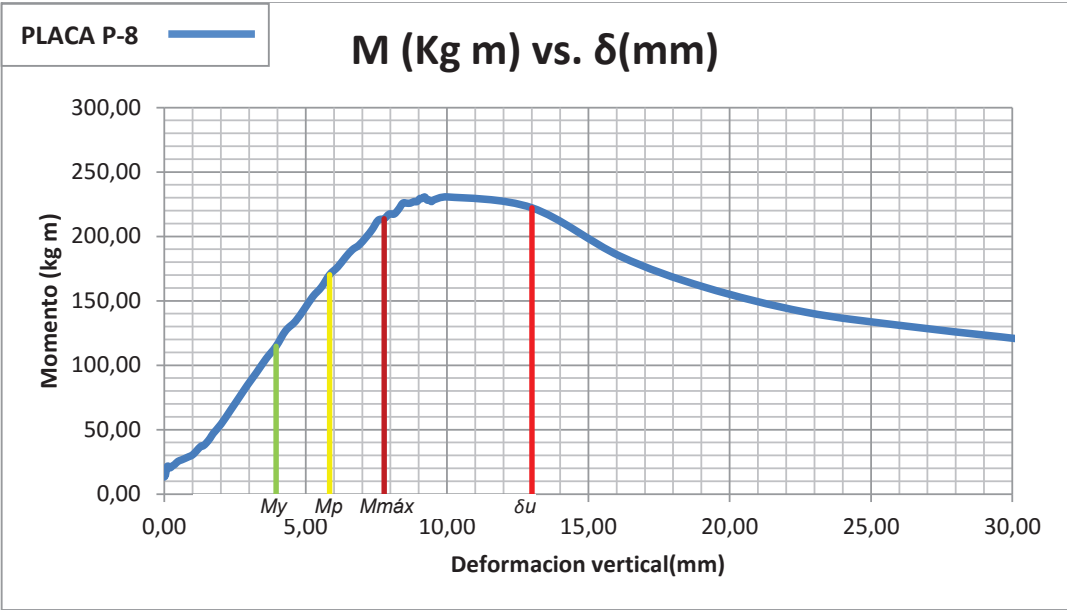
En el ensayo Tipo 1 Placa P8, la sección llega hasta una carga máxima de 461.26 kilogramos, a partir de este valor la placa absorbe deformación pero su capacidad de resistir carga disminuye. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a las reales, revelando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa.

**CUADRO 5.4. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 1 PLACA P8; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**

Calibre	C	22	
Espesor	btm	0,76	mm
Ancho de la Plancha	Ap	1220	mm
Ancho Útil	Au	950	mm
Largo de la Plancha	L	2200	mm
Luz libre	Lsd	2000	mm
Área de Acero de la lámina	Asd	9,27	cm <sup>2</sup>
Peso de la Plancha por metro cuadrado	Wsd	8	Kg/m
Inercia	Isd	79,74	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Superior	S+	19,87	cm <sup>3</sup> /m
Módulo de Sección Inferior	S-	20,58	cm <sup>3</sup> /m
Módulo de elasticidad del acero	E	2043000	Kg/cm <sup>2</sup>
Volumen de Hormigón	Vh	0,1	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Resistencia del Hormigón a la Compresión	f <sub>c</sub>	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del Hormigón	γ	2400	Kg/m <sup>3</sup>
Fy Acero	f <sub>y</sub>	2530	Kg/cm <sup>2</sup>
W	Pwd	250,8	Kg/m
Peso de la lámina de la probeta	Psd	16,72	Kg
Distancia del Cg a la fibra en compresión	d	8,93	cm
Distancia CGS al EN	Y <sub>cc</sub>	1,23	cm
Centro de Gravedad	C <sub>gs</sub>	3,07	cm
Eje Neutro	E <sub>n</sub>	10,62	cm
ro	p	0,00109	adimensional
ro balanceado	p <sub>o</sub>	0,02614	adimensional
Profundidad bloque plástico	a	1,38	cm
Momento Positivo Wd1	M+	100,99	Kg m
Momento Positivo Wd2	M+	96,31	Kg m
Momento Negativo	M-	117,37	Kg m

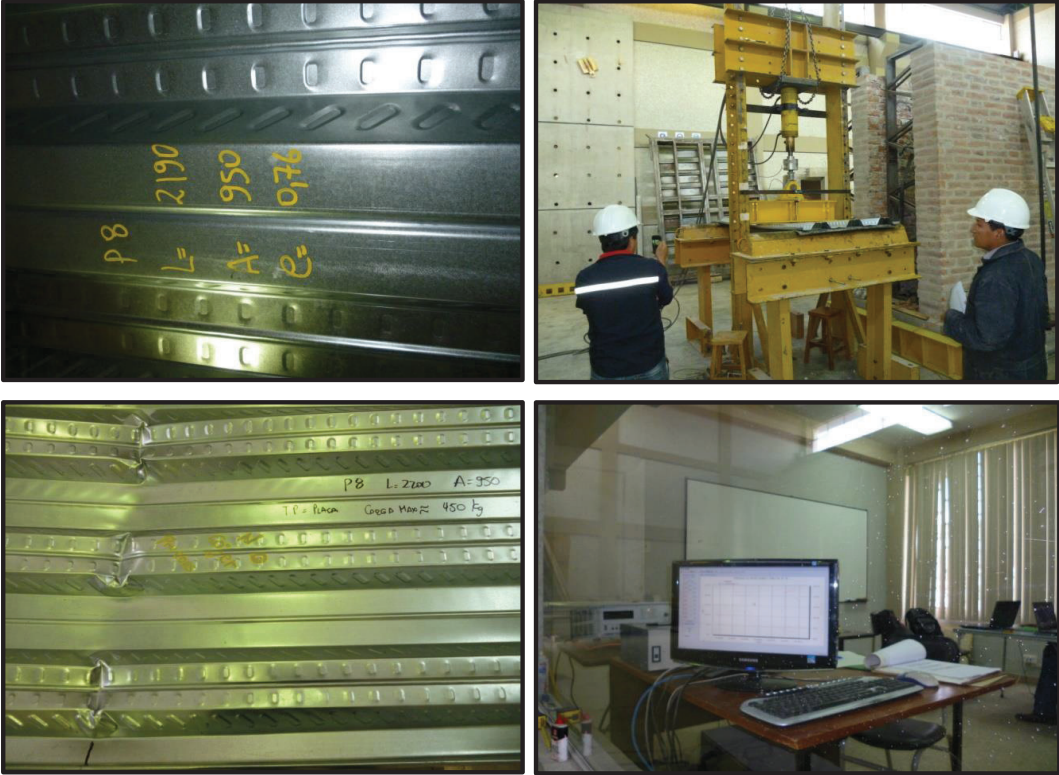
FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FIGURA 5.5. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 1 PLACA P8; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

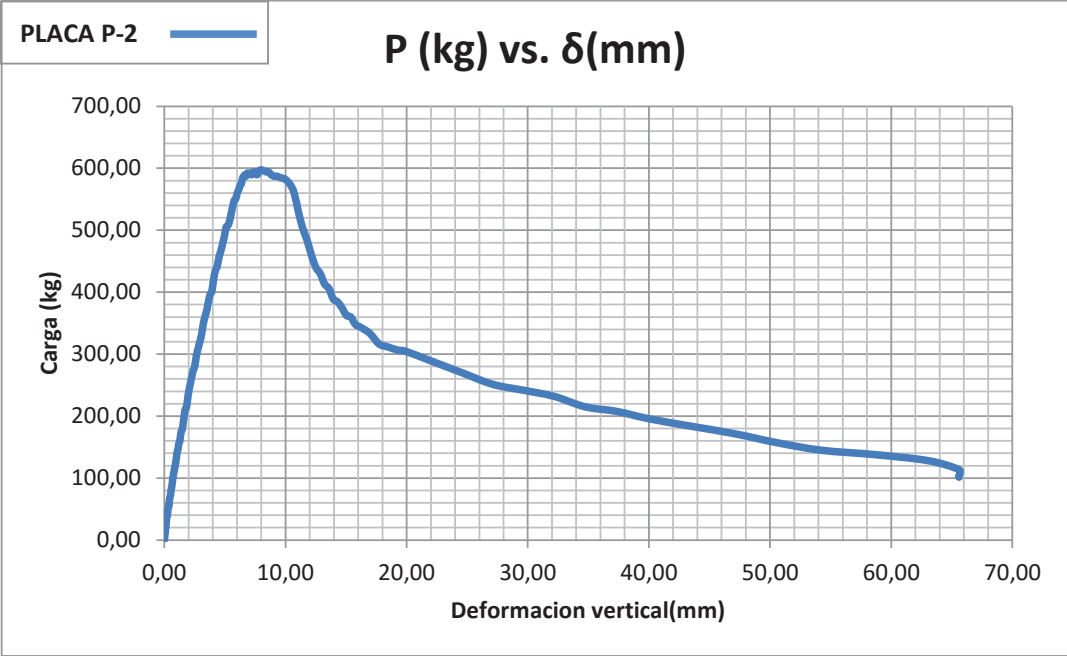
**FOTOGRAFÍA 5.3. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 1 PLACA P8; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**5.2.3. PROBETA P2, e =0.90 mm; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA**

**FIGURA 5.6. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 1 PLACA P2; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 5.5. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 1 PLACA P2; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**

P (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	$M_{pd}$ (kg.m)	$M_{pl}$ (kg.m)	$M_{final}$ (kg.m)
2.42	0.00	0.014	0.00	1.21	1.21
72.48	0.51	0.406	0.00	36.24	36.24
260.95	2.24	1.463	0.00	130.47	130.47
309.28	2.78	1.734	0.00	154.64	154.64
401.09	3.92	2.249	0.00	200.55	200.55
490.49	4.96	2.750	0.00	245.25	245.25
584.72	6.47	3.278	0.00	292.36	292.36
596.76	7.89	3.345	0.00	298.38	298.38
594.35	8.59	3.332	0.00	297.17	297.17
575.02	10.34	3.224	0.00	287.51	287.51

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

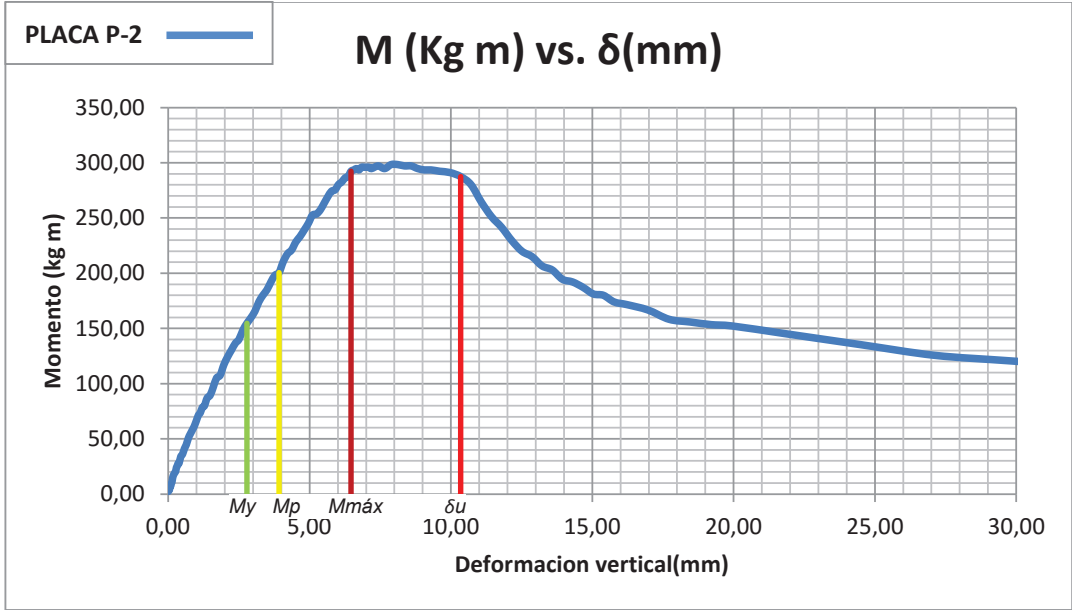
En el ensayo Tipo 1 Placa P2, la sección llega hasta una carga máxima de 596.76 kilogramos, a partir de este valor la placa absorbe deformación pero su capacidad de resistir carga disminuye. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a las reales, revelando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa.

**CUADRO 5.6. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 1 PLACA P2; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**

Calibre	C	20	
Espesor	btm	0.9	mm
Ancho de la Plancha	Ap	1220	mm
Ancho Útil	Au	950	mm
Largo de la Plancha	L	2200	mm
Luz libre	Lsd	2000	mm
Área de Acero de la lámina	Asd	10.98	cm <sup>2</sup>
Peso de la Plancha por metro cuadrado	Wsd	9.54	Kg/m
Inercia	Isd	94.74	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Superior	S+	24.95	cm <sup>3</sup> /m
Módulo de Sección Inferior	S-	26.23	cm <sup>3</sup> /m
Módulo de elasticidad del acero	E	2043000	Kg/cm <sup>2</sup>
Volumen de Hormigón	Vh	0.1	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Resistencia del Hormigón a la Compresión	f <sub>c</sub>	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del Hormigón	γ	2400	Kg/m <sup>3</sup>
Fy Acero	f <sub>y</sub>	2530	Kg/cm <sup>2</sup>
W	Pwd	250.8	Kg/m
Peso de la lamina de la probeta	Psd	19.94	Kg
Distancia del Cg a la fibra en compresión	d	8.93	cm
Distancia CGS al EN	Y <sub>cc</sub>	1.33	cm
Centro de Gravedad	C <sub>gs</sub>	3.07	cm
Eje Neutro	E <sub>n</sub>	10.36	cm
ro	p	0.00129	adimensional
ro balanceado	p <sub>o</sub>	0.02614	adimensional
Profundidad bloque plástico	a	1.64	cm
Momento Positivo Wd1	M+	102.28	Kg m
Momento Positivo Wd2	M+	96.31	Kg m
Momento Negativo	M-	117.37	Kg m

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FIGURA 5.7. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 1 PLACA P2; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FOTOGRAFÍA 5.4. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 1 PLACA P2; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**

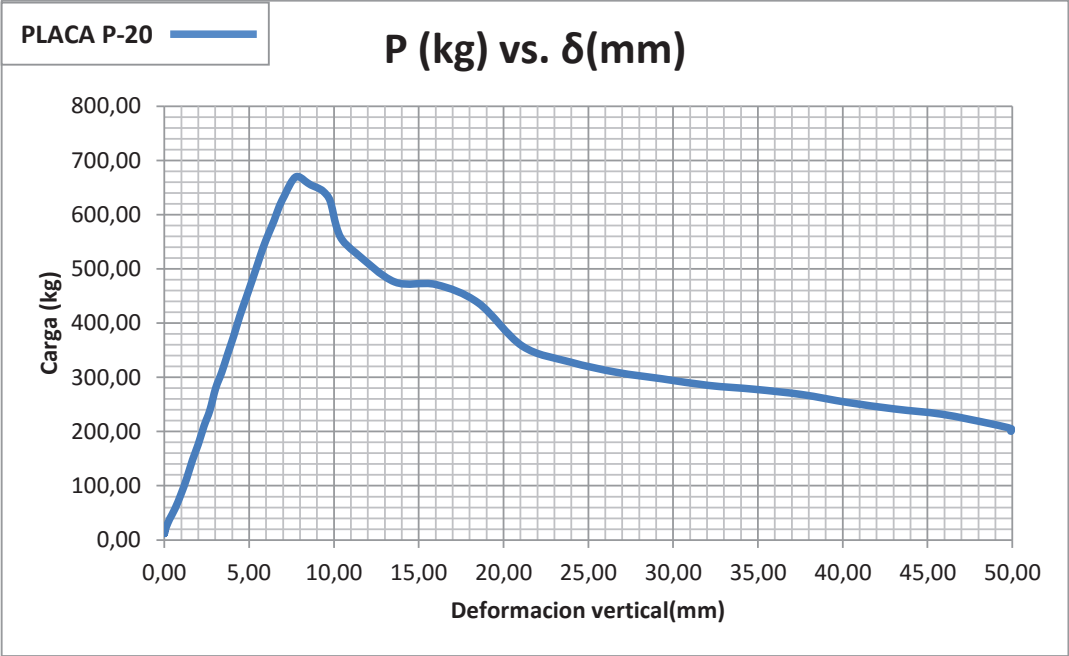


FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán



**5.2.4. PROBETA P20, e =0.90 mm; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA**

**FIGURA 5.8. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 1 PLACA P20; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 5.7. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 1 PLACA P20; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**

P (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	$M_{pd}$ (kg.m)	$M_{pl}$ (kg.m)	$M_{final}$ (kg.m)
14.50	0.00	0.081	0.00	7.25	7.25
21.74	0.02	0.122	0.00	10.87	10.87
309.23	3.38	1.734	0.00	154.62	154.62
413.11	4.45	2.316	0.00	206.56	206.56
565.31	6.15	3.169	0.00	282.66	282.66
589.47	6.48	3.305	0.00	294.74	294.74
635.37	7.09	3.562	0.00	317.69	317.69
669.20	7.72	3.752	0.00	334.60	334.60
654.70	8.64	3.670	0.00	327.35	327.35
625.71	9.77	3.508	0.00	312.85	312.85

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

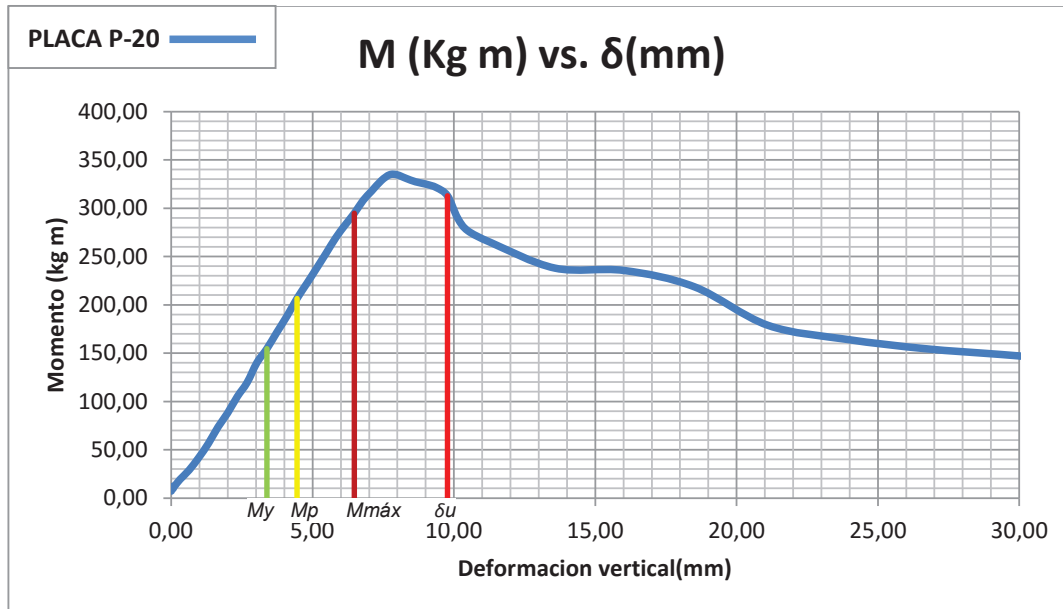
En el ensayo Tipo 1 Placa P20, la sección llega hasta una carga máxima de 669.20 kilogramos, a partir de este valor la placa absorbe deformación pero su capacidad de resistir carga disminuye. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a las reales, revelando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa.

**CUADRO 5.8. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 1 PLACA P7; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**

Calibre	C	20	
Espesor	btm	0.9	mm
Ancho de la Plancha	Ap	1220	mm
Ancho Útil	Au	950	mm
Largo de la Plancha	L	2200	mm
Luz libre	Lsd	2000	mm
Área de Acero de la lámina	Asd	10.98	cm <sup>2</sup>
Peso de la Plancha por metro cuadrado	Wsd	9.54	Kg/m
Inercia	Isd	94.74	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Superior	S+	24.95	cm <sup>3</sup> /m
Módulo de Sección Inferior	S-	26.23	cm <sup>3</sup> /m
Módulo de elasticidad del acero	E	2043000	Kg/cm <sup>2</sup>
Volumen de Hormigón	Vh	0.1	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Resistencia del Hormigón a la Compresión	f <sub>c</sub>	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del Hormigón	γ	2400	Kg/m <sup>3</sup>
Fy Acero	f <sub>y</sub>	2530	Kg/cm <sup>2</sup>
W	Pwd	250.80	Kg/m
Peso de la lamina de la probeta	Psd	19.94	Kg
Distancia del Cg a la fibra en compresión	d	8.93	cm
Distancia CGS al EN	Y <sub>cc</sub>	1.33	cm
Centro de Gravedad	C <sub>gs</sub>	3.07	cm
Eje Neutro	E <sub>n</sub>	10.36	cm
ro	p	0.00129	adimensional
ro balanceado	p <sub>o</sub>	0.02614	adimensional
Profundidad bloque plástico	a	1.64	cm
Momento Positivo Wd1	M+	102.28	Kg m
Momento Positivo Wd2	M+	96.3072	Kg m
Momento Negativo	M-	117.37	Kg m

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FIGURA 5.9. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 1 PLACA P20; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

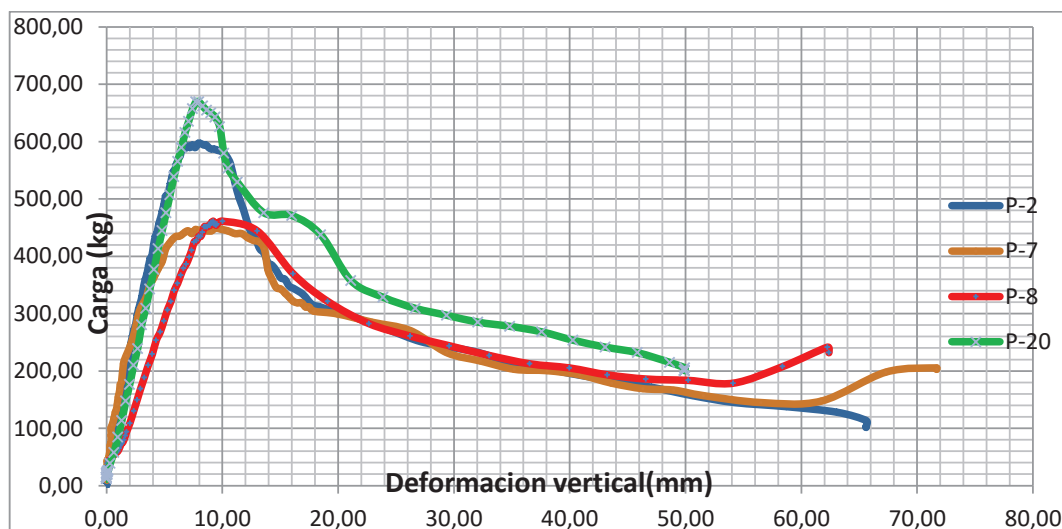
**FOTOGRAFÍA 5.5. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 1 PLACA P20; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

### 5.2.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ENSAYO TIPO 1, PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA

FIGURA 5.10. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 1, PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

CUADRO 5.9. RESUMEN CARGAS MÁXIMAS, DEFORMACIONES REALES Y TEÓRICAS Y MOMENTOS MÁXIMOS DE PROBETAS ENSAYO TIPO 1; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA

NOMBRE	e (mm)	P <sub>máx</sub> (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	M <sub>y</sub> (kg.m)	M <sub>p</sub> (kg.m)	M <sub>máx</sub> (kg.m)	M <sub>u</sub> (kg.m)
P7	0,76	449,30	9,43	3.071	106.29	154.60	206.53	206.53
P8	0,76	461,26	10,02	3.153	114.72	170.27	213.73	222.18
P2	0,90	596,76	7.89	3.345	154.64	200.55	292.36	287.51
P20	0,90	669,20	7.72	3.752	154.62	206.56	294.74	312.85

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

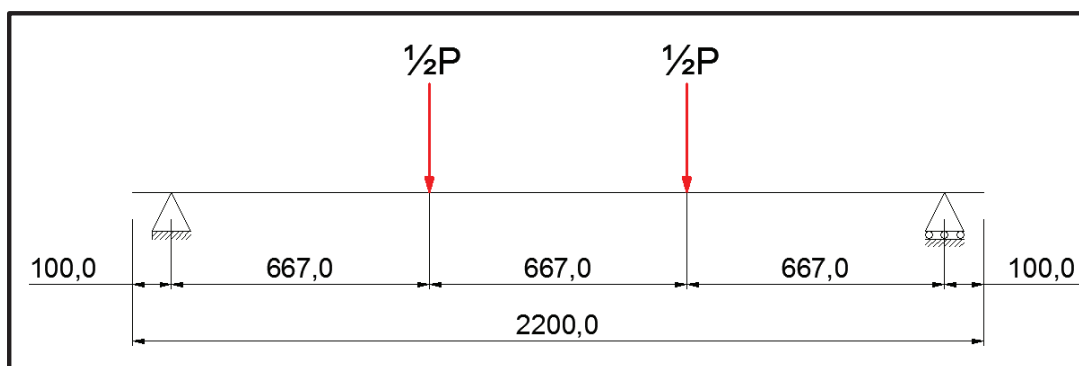
En el ensayo Tipo 1, la carga máxima de la sección de las probetas de 0.76 mm de espesor llega hasta 461.26 kilogramos; mientras la carga máxima de la sección de las probetas de 0.90 mm de espesor llega hasta 669.20 kilogramos. Al trabajar la placa Deck sola la capacidad portante es proporcional al espesor de la misma, la placa Deck de 0.90 mm tiene un 31 % más de capacidad portante respecto a la placa de 0.76 mm. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a

las reales, revelando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa.

### 5.3. ENSAYO TIPO 2. LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGON

Para los ensayos en los que la probeta es analizada con una carpeta de hormigón (ensayo tipo 2, ensayo tipo 3 y ensayo tipo 4) el plano de carga se coloca de forma longitudinal a la placa Deck, de manera que la carga total es aplicada en forma transversal a la probeta ubicando dos puntos de carga en los tercios de la misma reproduciendo el modelo de la figura 5.7.

FIGURA 5.7. DISTANCIA ENTRE APOYOS ENSAYO TIPO 2, 3 y 4.



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

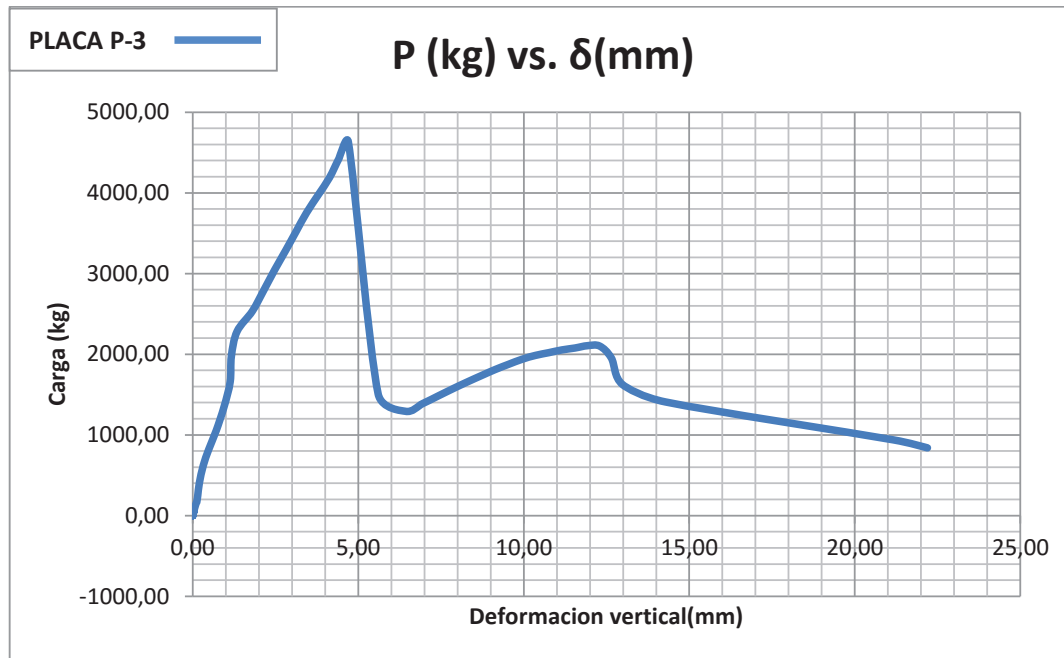
FOTOGRAFÍA 5.6. UBICACIÓN DE APOYOS Y CARGA EN LA PROBETA



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

### 5.3.1. PROBETA P3, $e = 0.90$ mm; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN

FIGURA 5.11. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 2 PLACA P3; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 5.10. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 2 PLACA P3; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.**

P (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	$M_{pd}$ (kg.m)	$M_{pl}$ (kg.m)	$M_{final}$ (kg.m)
19.30	0.01	0.019	125.40	9.65	135.05
154.41	0.10	0.151	125.40	77.20	202.60
820.29	0.48	0.805	125.40	410.14	535.54
2450.24	1.60	2.403	125.40	1225.12	1350.52
2788.97	2.14	2.736	125.40	1394.48	1519.88
2995.97	2.31	2.939	125.40	1497.98	1623.38
3285.97	2.81	3.223	125.40	1642.98	1768.38
4230.94	4.28	4.150	125.40	2115.47	2240.87
4632.20	4.70	4.543	125.40	2316.10	2441.50
1408.96	14.28	1.382	125.40	704.48	829.88

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

En el ensayo Tipo 2 Placa P3, la sección llega hasta una carga máxima de 4632.20 kilogramos, a partir de este valor la placa absorbe deformación pero su capacidad de resistir carga disminuye. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a las reales, revelando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa. Antes de llegar a su valor máximo de carga se formaron pequeñas fisuras en los puntos de apoyo y al dejar de absorber carga la probeta el hormigón se fisuró en toda la altura de la loseta.



**CUADRO 5.11. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 2 PLACA P3; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.**

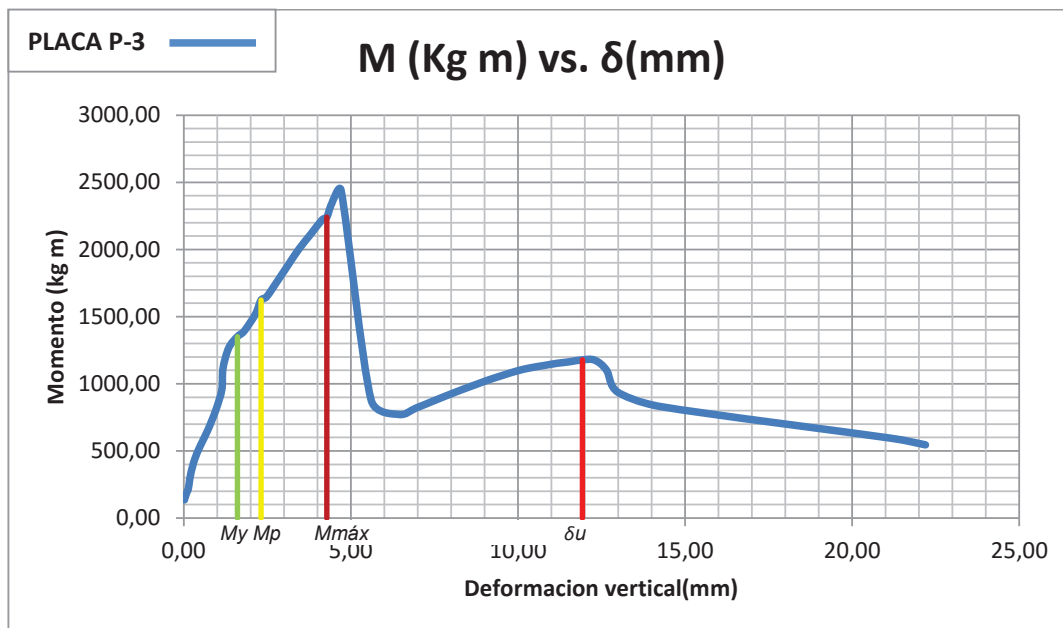
Calibre	C	20	
Espesor	btm	0.9	mm
Ancho de la Plancha	Ap	1220	mm
Ancho Útil	Au	950	mm
Largo de la Plancha	L	2200	mm
Luz libre	Lsd	2000	mm
Área de Acero de la lámina	Asd	9.27	cm <sup>2</sup>
Peso de la Plancha por metro cuadrado	Wsd	9.54	Kg/m
Inercia	Isd	94.74	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Superior	S+	24.95	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Inferior	S-	26.23	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de elasticidad del acero	E	2043000	Kg/cm <sup>2</sup>
Volumen de Hormigón	Vh	0.1	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Resistencia del Hormigón a la Compresión	f'c	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del Hormigón	γ	2400	Kg/m <sup>3</sup>
Fy Acero	fy	2530	Kg/cm <sup>2</sup>
W	Pwd	250.8	Kg/m
Carga	Wsd	4632.20	Kg/m
Peso de la lamina de la probeta	Psd	19.9386	Kg
Distancia del Cg a la fibra en compresión	d	8.93	cm
Ro	p	0.00109	adimensional
Ro balanceado	po	0.02614	adimensional
Profundidad bloque de compresión	a	1.38	cm
Momento Nominal	Mn	1932.31	Kg m
Momento de Diseño	Mr	1739.08	Kg m
Modulo de Sección Compuesta	Sc	73.81	cm <sup>3</sup> /m
Momento Positivo Wd1	M+	102.28	Kg m
Momento Positivo Wd2	M+	96.3072	Kg m
Momento Negativo	M-	117.37	Kg m
Momento P Wd	Mpd	125.4	Kg/m
Momento P WI	Mpl	2316.10	Kg/m

**CUADRO 5.11. CONTINUACIÓN**

Momento Plástico	$M_p$	2441.50	Kg/m
Momento Elástico	$M_e$	1464.90	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Plástico	$f_+$	1503.55	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Elástico	$f_-$	902.13	kg/cm <sup>2</sup>
Relación máxima de Esfuerzo	$f < 0.6F_y$	1518	kg/cm <sup>2</sup>

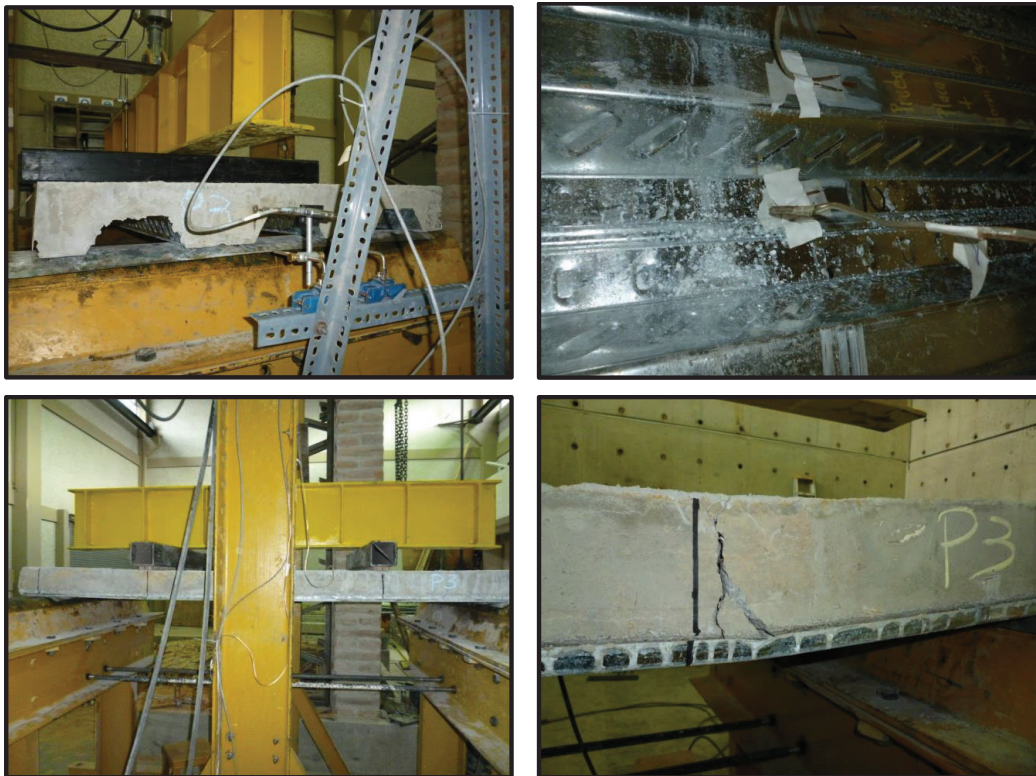
FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FIGURA 5.12. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 2 PLACA P3; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

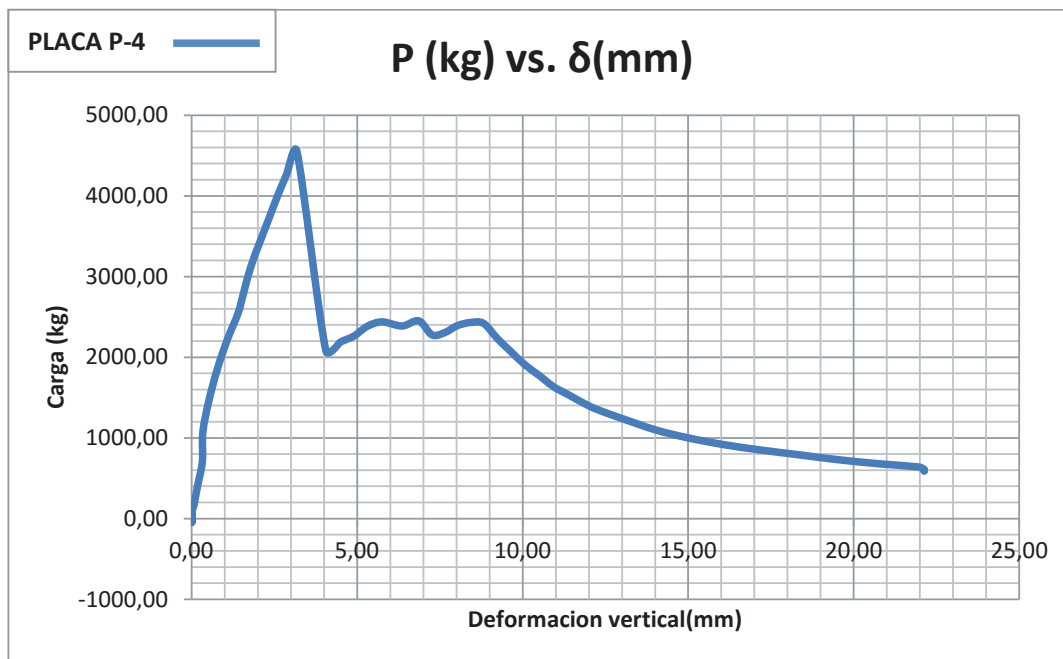
**FOTOGRAFÍA 5.7. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 2 PLACA P3; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**5.3.2. PROBETA P4,  $e = 0.90$  mm; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.**

**FIGURA 5.13. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 2 PLACA P4; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 5.12. DEFORMACIONES REALES Y TEÓRICAS ENSAYO TIPO 2 PLACA P4; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.**

P (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	$M_{pd}$ (kg.m)	$M_{pl}$ (kg.m)	$M_{final}$ (kg.m)
4.83	0.01	0.005	125.40	2.41	127.81
243.83	0.10	0.239	125.40	121.92	247.32
1071.89	0.34	1.051	125.40	535.95	661.35
2450.24	1.25	2.403	125.40	1225.12	1350.52
2995.97	1.68	2.939	125.40	1497.98	1623.38
3980.88	2.58	3.905	125.40	1990.44	2115.84
4230.94	2.73	4.150	125.40	2115.47	2240.87
4548.20	3.18	4.461	125.40	2274.10	2399.50
2450.33	6.86	2.403	125.40	1225.16	1350.56
1100.81	14.00	1.080	125.40	550.41	675.81

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

En el ensayo Tipo 2 Placa P4, la sección llega hasta una carga máxima de 4548.20 kilogramos, a partir de este valor la placa absorbe deformación pero su capacidad de resistir carga disminuye. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a las reales, revelando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa. Antes de llegar a su valor máximo de carga se formaron pequeñas fisuras transversales en la probeta y al dejar de absorber carga el hormigón se fisuró quebrando por completo la loseta produciendo así un desplazamiento entre la placa Deck y la carpeta de hormigón.

**CUADRO 5.13. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 2 PLACA P4; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.**

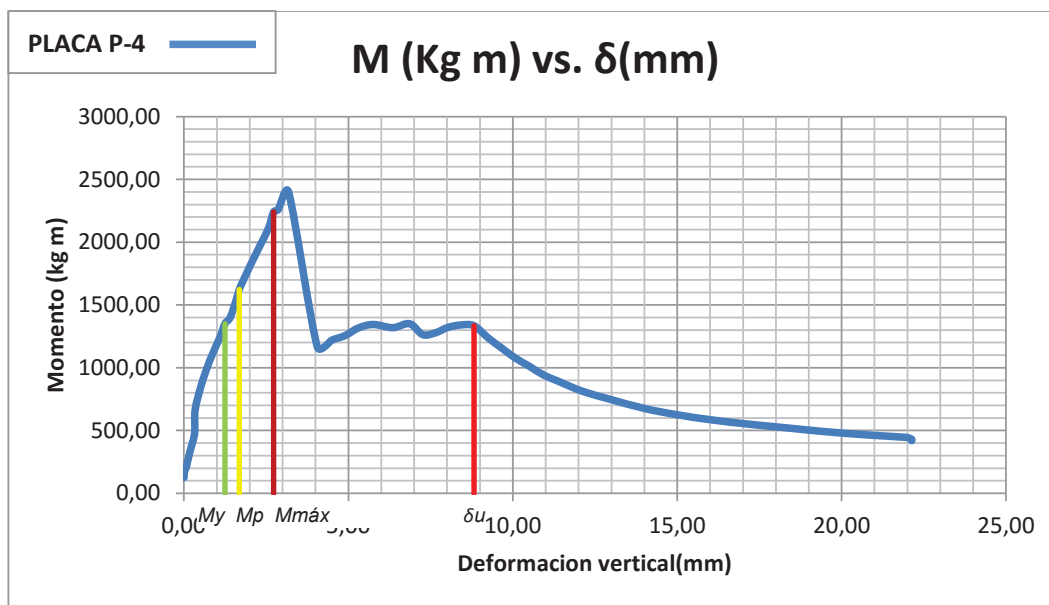
Calibre	C	20	
Espesor	btm	0.9	mm
Ancho de la Plancha	Ap	1220	mm
Ancho Útil	Au	950	mm
Largo de la Plancha	L	2200	mm
Luz libre	Lsd	2000	mm
Área de Acero de la lámina	Asd	9.27	cm <sup>2</sup>
Peso de la Plancha por metro cuadrado	Wsd	9.54	Kg/m
Inercia	Isd	94.74	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Superior	S+	24.95	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Inferior	S-	26.23	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de elasticidad del acero	E	2043000	Kg/cm <sup>2</sup>
Volumen de Hormigón	Vh	0.1	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Resistencia del Hormigón a la Compresión	f <sub>c</sub>	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del Hormigón	γ	2400	Kg/m <sup>3</sup>
Fy Acero	f <sub>y</sub>	2530	Kg/cm <sup>2</sup>
W	Pwd	250.8	Kg/m
Carga	Wsd	4548.20	Kg/m
Peso de la lamina de la probeta	Psd	19.9386	Kg
Distancia del Cg a la fibra en compresión	d	8.93	cm
Ro	p	0.00109	adimensional
Ro balanceado	po	0.02614	adimensional
Profundidad bloque de compresión	a	1.38	cm
Momento Nominal	Mn	1932.31	Kg m
Momento de Diseño	Mr	1739.08	Kg m
Modulo de Sección Compuesta	Sc	73.81	cm <sup>3</sup> /m
Momento Positivo Wd1	M+	102.28	Kg m
Momento Positivo Wd2	M+	96.3072	Kg m
Momento Negativo	M-	117.37	Kg m
Momento P Wd	Mpd	125.4	Kg/m
Momento P WI	Mpl	2274.10	Kg/m

**CUADRO 5.13. CONTINUACIÓN**

Momento Plástico	Mp	2399.50	Kg/m
Momento Elástico	Me	1439.70	kg/cm2
Esfuerzo Plástico	f+	1477.69	kg/cm2
Esfuerzo Elástico	f-	886.61	kg/cm2
Relación máxima de Esfuerzo	f<0.6Fy	1518	kg/cm2

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FIGURA 5.14. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 2 PLACA P4; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.**



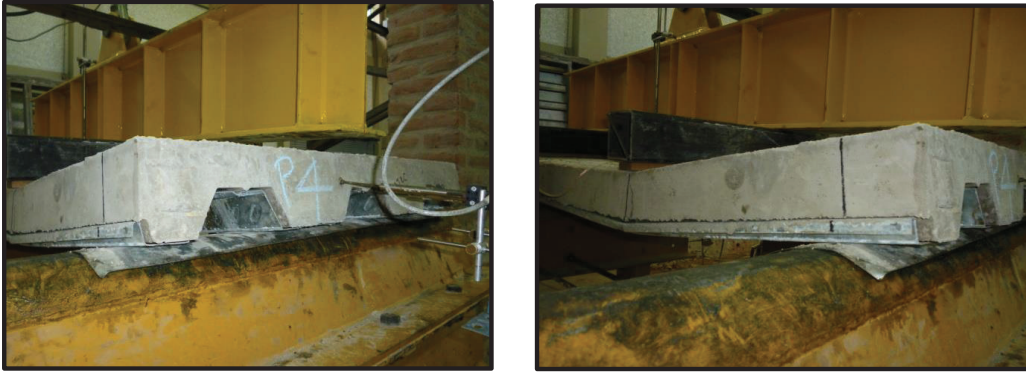
FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FOTOGRAFÍA 5.8. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 2 PLACA P4; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.**





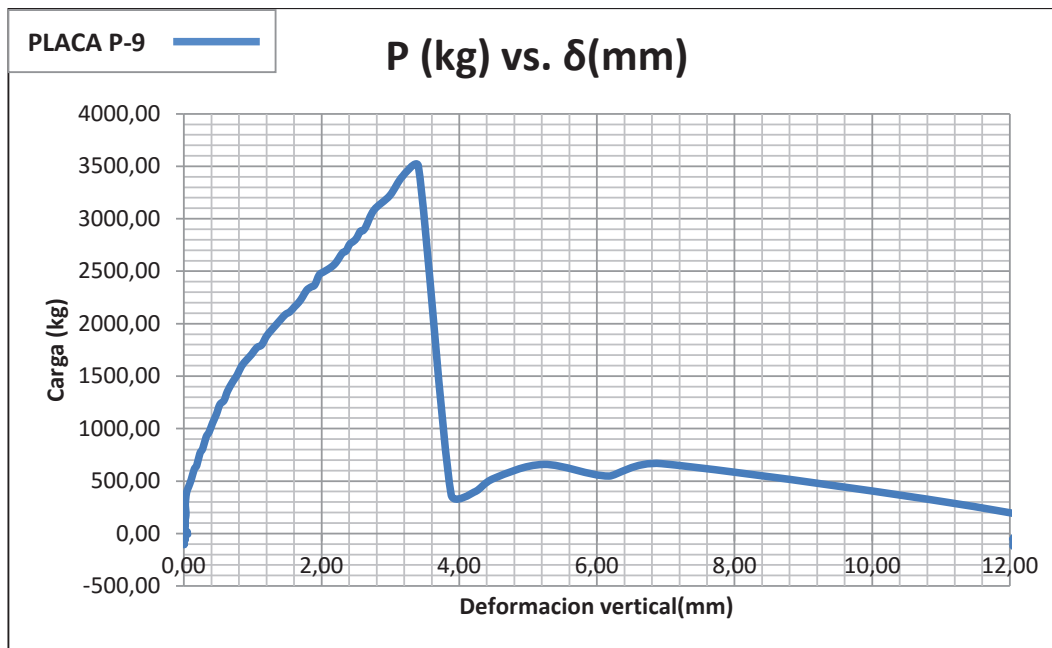
**FOTOGRAFÍA 5.8. CONTINUACIÓN**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**5.3.3. PROBETA P9,  $e = 0.76$  mm; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.**

**FIGURA 5.15. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 2 PLACA P9; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán



**CUADRO 5.14. DEFORMACIONES REALES Y TEÓRICAS ENSAYO TIPO 2 PLACA P9; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.**

P (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	$M_{pd}$ (kg.m)	$M_{pl}$ (kg.m)	$M_{final}$ (kg.m)
130.32	0.00	0.136	125.40	65.16	190.56
323.38	0.02	0.337	125.40	161.69	287.09
2039.14	1.41	2.126	125.40	1019.57	1144.97
2109.36	1.51	2.200	125.40	1054.68	1180.08
2526.79	2.12	2.635	125.40	1263.39	1388.79
2758.27	2.41	2.876	125.40	1379.14	1504.54
3499.03	3.41	3.649	125.40	1749.52	1874.92
3556.95	3.64	3.709	125.40	1778.48	1903.88
666.02	6.94	0.695	125.40	333.01	458.41
173.75	12.18	0.181	125.40	86.87	212.27

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

En el ensayo Tipo 2 Placa P9, la sección llega hasta una carga máxima de 3499.03 kilogramos, a partir de este valor la placa absorbe deformación pero su capacidad de resistir carga disminuye. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a las reales, revelando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa. Antes de llegar a su valor máximo de carga se formaron pequeñas fisuras en los puntos de apoyo y al dejar de absorber carga la probeta el hormigón se fisuró en la parte inferior de la loseta causando un desplazamiento mínimo entre la placa Deck y la carpeta de hormigón.

**CUADRO 5.15. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 2 PLACA P9; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.**

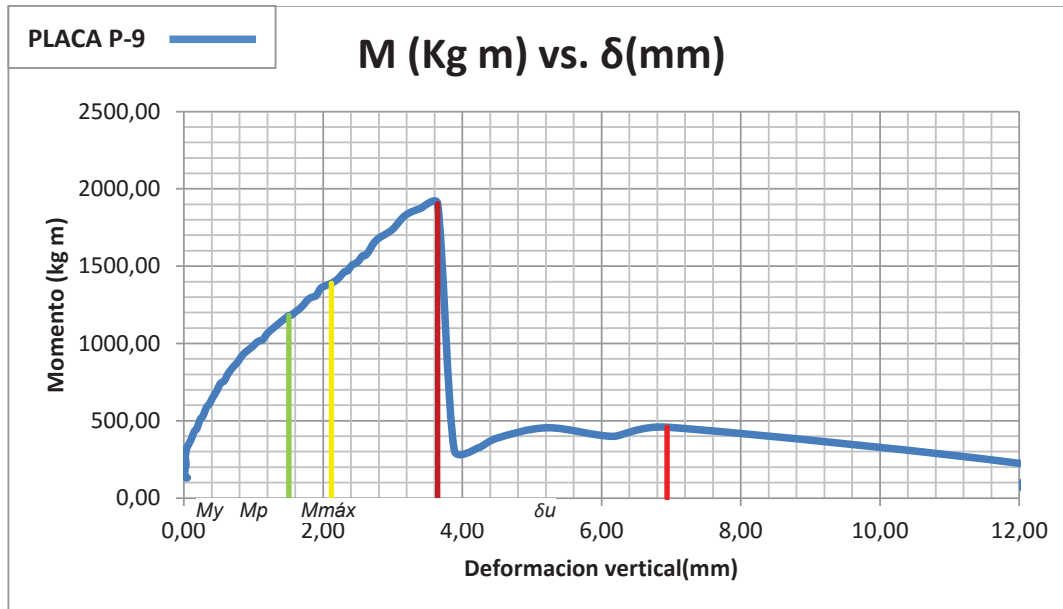
Calibre	C	22	
Espesor	btm	0.76	mm
Ancho de la Plancha	Ap	1220	mm
Ancho Útil	Au	950	mm
Largo de la Plancha	L	2200	mm

**CUADRO 5.15. CONTINUACIÓN**

Luz libre	Lsd	2000	mm
Área de Acero de la lámina	Asd	9.27	cm <sup>2</sup>
Peso de la Plancha por metro cuadrado	Wsd	8	Kg/m
Inercia	Isd	79.74	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Superior	S+	19.87	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Inferior	S-	20.58	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de elasticidad del acero	E	2043000	Kg/cm <sup>2</sup>
Volumen de Hormigón	Vh	0.1	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Resistencia del Hormigón a la Compresión	f'c	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del Hormigón	γ	2400	Kg/m <sup>3</sup>
Fy Acero	fy	2530	Kg/cm <sup>2</sup>
W	Pwd	250.8	Kg/m
Carga	Wsd	3499.03	Kg/m
Peso de la lámina de la probeta	Psd	16.72	Kg
Distancia del Cg a la fibra en compresión	d	8.93	cm
Ro	p	0.00109	adimensional
Ro balanceado	po	0.02614	adimensional
Profundidad bloque de compresión	a	1.38	cm
Momento Nominal	Mn	1932.31	Kg m
Momento de Diseño	Mr	1739.08	Kg m
Módulo de Sección Compuesta	Sc	62.71	cm <sup>3</sup> /m
Momento Positivo Wd1	M+	100.99	Kg m
Momento Positivo Wd2	M+	96.3072	Kg m
Momento Negativo	M-	117.37	Kg m
Momento P Wd	Mpd	125.4	Kg/m
Momento P WI	Mpl	1749.52	Kg/m
Momento Plástico	Mp	1874.92	Kg/m
Momento Elástico	Me	1124.95	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Plástico	f+	1359.01	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Elástico	f-	815.41	kg/cm <sup>2</sup>
Relación máxima de Esfuerzo	f<0.6Fy	1518	kg/cm <sup>2</sup>

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FIGURA 5.16. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 2 PLACA P9; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

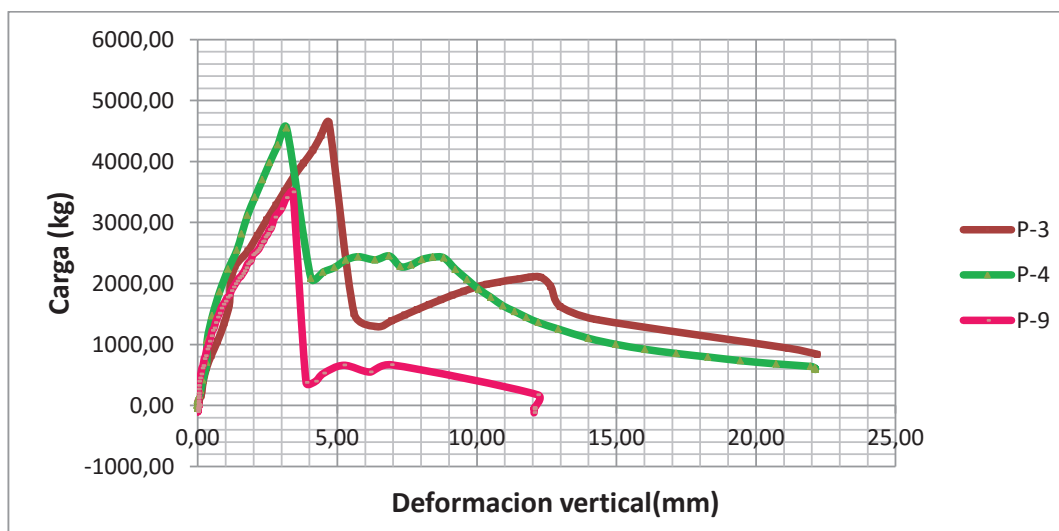
**FOTOGRAFÍA 5.9. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 2 PLACA P9; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

### 5.3.4. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ENSAYO TIPO 2; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.

FIGURA 5.17. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 2; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

CUADRO 5.16. RESUMEN CARGAS MAXIMAS, DEFORMACIONES REALES Y TEORICAS Y MOMENTOS MAXIMOS DE PROBETAS ENSAYO TIPO 2; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.

NOMBRE	e (mm)	P <sub>máx</sub> (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	M <sub>y</sub> (kg.m)	M <sub>p</sub> (kg.m)	M <sub>máx</sub> (kg.m)	M <sub>u</sub> (kg.m)
P3	0,90	4632,20	4.70	4.543	1350.5	1623.4	2240.9	1178.5
P4	0,90	4548,20	3.18	4.461	1350.5	1623.4	2240.9	1334.9
P9	0,76	3499,04	3.41	3.649	1180.1	1388.8	1903.9	458.41

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

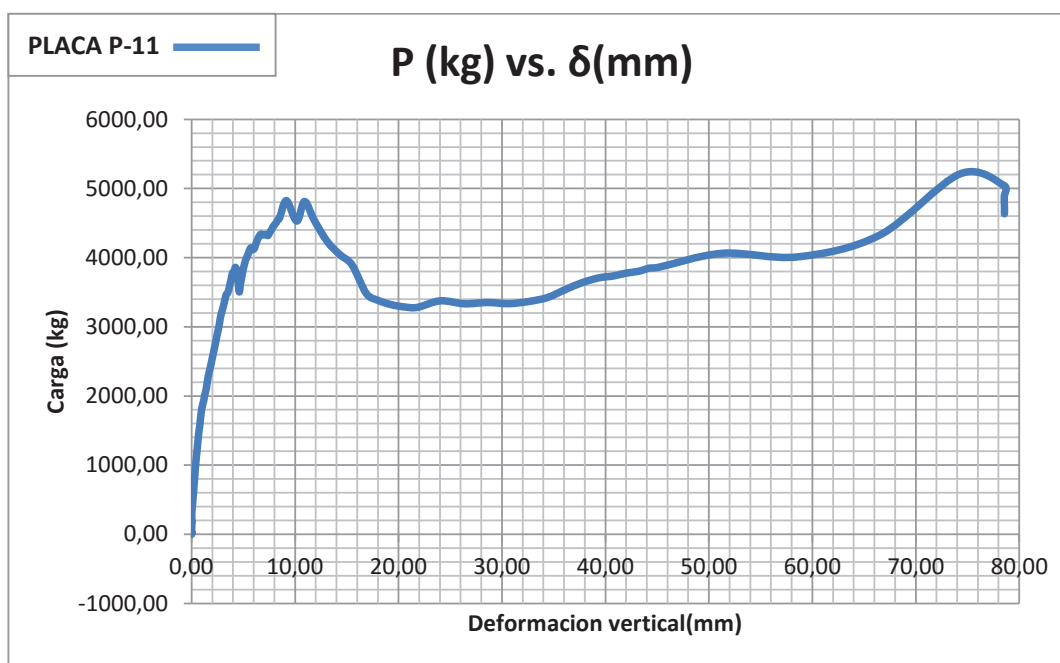
En el ensayo Tipo 2, la carga máxima de la sección de las probetas con placa Deck de 0.76 mm de espesor llega hasta 3499.04 kilogramos; mientras la carga máxima de la sección de las probetas con placa Deck de 0.90 mm de espesor llega hasta 4632.20 kilogramos. La probeta con placa Deck de 0.90 mm tiene un 24 % más de capacidad portante respecto a la probeta con placa Deck de 0.76 mm. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a las reales, revelando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa. Se puede observar un

comportamiento similar en las curvas de carga - deformación de las tres probetas ensayadas.

#### 5.4. ENSAYO TIPO 3. MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD

##### 5.4.1. PROBETA P11, $e = 0.76$ mm; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD

FIGURA 5.18. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3 PLACA P11; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 5.17. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 3 PLACA P11; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**

P (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	$M_{pd}$ (kg.m)	$M_{pl}$ (kg.m)	$M_{final}$ (kg.m)
12.06	0.01	0.013	125.40	6.03	131.43
243.55	0.02	0.254	125.40	121.77	247.17
315.89	0.02	0.329	125.40	157.95	283.35
935.62	0.35	0.976	125.40	467.81	593.21
2020.64	1.28	2.107	125.40	1010.32	1135.72
2109.36	1.41	2.200	125.40	1054.68	1180.08
2526.79	1.91	2.635	125.40	1263.39	1388.79
3556.95	3.58	3.709	125.40	1778.48	1903.88
3860.44	4.24	4.026	125.40	1930.22	2055.62
5210.62	74.26	5.434	125.40	2605.31	2730.71

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

En el ensayo Tipo 3 Placa P11, la sección llega hasta una carga máxima de 5210.62 kilogramos, a partir de este valor la placa absorbe deformación pero su capacidad de resistir carga disminuye. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a las reales, revelando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa. Antes de llegar a su valor máximo de carga se formaron pequeñas fisuras en la superficie de hormigón y al dejar de absorber carga la probeta sufrió una rotura al nivel medio y un desprendimiento parcial de los conectores de corte causando un desplazamiento entre la placa Deck y la carpeta de hormigón. Se pudo observar fisuras menores a las presentadas en el ensayo tipo 2.

**CUADRO 5.18. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 3 PLACA P11; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**

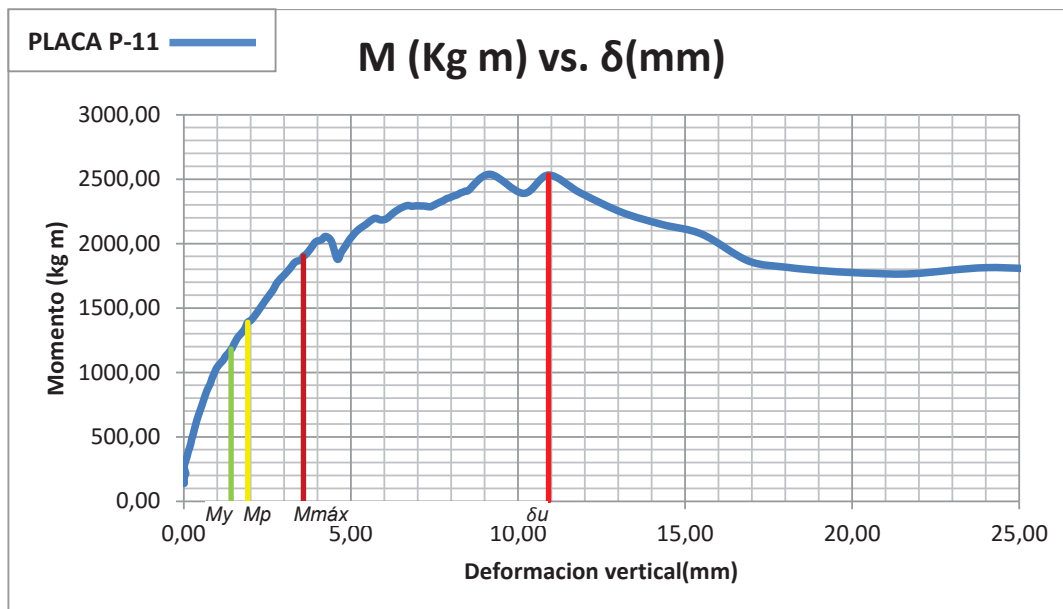
Calibre	C	22	
Espesor	btm	0.76	mm
Ancho de la Plancha	Ap	1220	mm
Ancho Útil	Au	950	mm
Largo de la Plancha	L	2200	mm
Luz libre	Lsd	2000	mm
Área de Acero de la lámina	Asd	9.27	cm <sup>2</sup>
Peso de la Plancha por metro cuadrado	Wsd	8	Kg/m
Inercia	Isd	79.74	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Superior	S+	19.87	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Inferior	S-	20.58	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de elasticidad del acero	E	2043000	Kg/cm <sup>2</sup>
Volumen de Hormigón	Vh	0.1	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Resistencia del Hormigón a la Compresión	f'c	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del Hormigón	γ	2400	Kg/m <sup>3</sup>
Fy Acero	fy	2530	Kg/cm <sup>2</sup>
W	Pwd	250.8	Kg/m
Carga	Wsd	5210.62	Kg/m
Peso de la lamina de la probeta	Psd	16.72	Kg
Distancia del Cg a la fibra en compresión	d	8.93	cm
Ro	p	0.00109	adimensional
Ro balanceado	po	0.02614	adimensional
Profundidad bloque de compresión	a	1.38	cm
Momento Nominal	Mn	1932.31	Kg m
Momento de Diseño	Mr	1739.08	Kg m
Modulo de Sección Compuesta	Sc	62.71	cm <sup>3</sup> /m
Momento Positivo Wd1	M+	100.99	Kg m
Momento Positivo Wd2	M+	96.3072	Kg m
Momento Negativo	M-	117.37	Kg m
Momento P Wd	Mpd	125.4	Kg/m
Momento P WI	Mpl	2605.31	Kg/m

**CUADRO 5.18. CONTINUACIÓN**

Momento Plástico	$M_p$	2730.71	Kg/m
Momento Elástico	$M_e$	1638.43	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Plástico	$f_+$	1979.32	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Elástico	$f_-$	1187.59	kg/cm <sup>2</sup>
Relación máxima de Esfuerzo	$f < 0.6F_y$	1518	kg/cm <sup>2</sup>

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FIGURA 5.19. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3 PLACA P11; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán



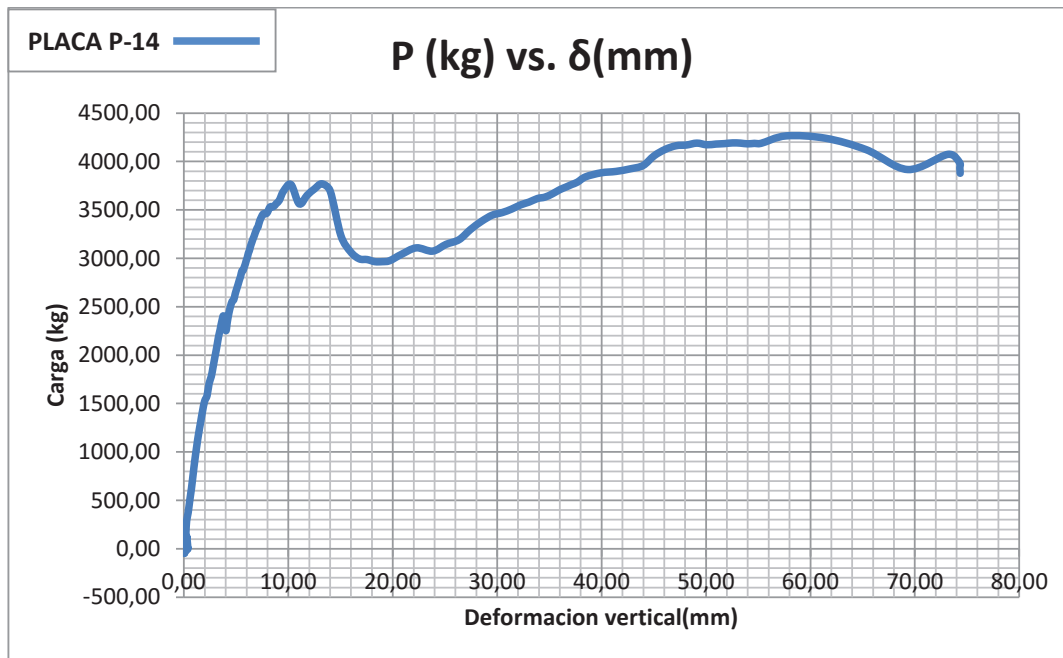
**FOTOGRAFÍA 5.10. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 3 PLACA P11; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**5.4.2. PROBETA P14,  $e = 0.76$  mm; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**

**FIGURA 5.20. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3 PLACA P14; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 5.19. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 3 PLACA P14; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**

P (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	$M_{pd}$ (kg.m)	$M_{pl}$ (kg.m)	$M_{final}$ (kg.m)
33.82	0.00	0.035	125.40	16.91	142.31
627.97	0.72	0.655	125.40	313.99	439.39
1780.02	2.61	1.856	125.40	890.01	1015.41
2077.09	3.13	2.166	125.40	1038.55	1163.95
2109.36	3.21	2.200	125.40	1054.68	1180.08
2526.79	4.53	2.635	125.40	1263.39	1388.79
3009.23	6.07	3.138	125.40	1504.61	1630.01
3556.95	8.70	3.709	125.40	1778.48	1903.88
4264.88	57.67	4.447	125.40	2132.44	2257.84
3934.02	74.31	4.102	125.40	1967.01	2092.41

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

En el ensayo Tipo 3 Placa P14, la sección llega hasta una carga máxima de 4264.88 kilogramos, a partir de este valor la placa absorbe deformación pero su capacidad de resistir carga disminuye. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a las deformaciones reales, revelando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa. Antes de llegar a su valor máximo de carga se formaron pequeñas fisuras en la superficie de hormigón y un desprendimiento parcial de los conectores de corte causando un desplazamiento entre la placa Deck y la carpeta de hormigón.

**CUADRO 5.20. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 3 PLACA P14; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**

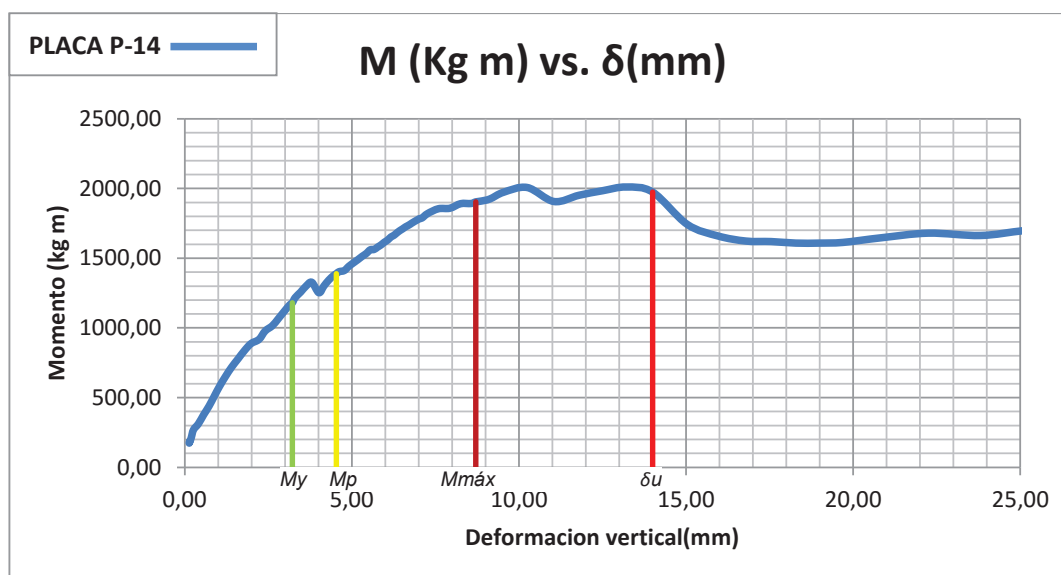
Calibre	C	22	
Espesor	btm	0.76	mm
Ancho de la Plancha	Ap	1220	mm
Ancho Útil	Au	950	mm
Largo de la Plancha	L	2200	mm
Luz libre	Lsd	2000	mm
Área de Acero de la lámina	Asd	9.27	cm <sup>2</sup>
Peso de la Plancha por metro cuadrado	Wsd	8	Kg/m
Inercia	Isd	79.74	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Superior	S+	19.87	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Inferior	S-	20.58	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de elasticidad del acero	E	2043000	Kg/cm <sup>2</sup>
Volumen de Hormigón	Vh	0.1	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Resistencia del Hormigón a la Compresión	f'c	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del Hormigón	γ	2400	Kg/m <sup>3</sup>
Fy Acero	fy	2530	Kg/cm <sup>2</sup>
W	Pwd	250.8	Kg/m
Carga	Wsd	4264.88	Kg/m
Peso de la lamina de la probeta	Psd	16.72	Kg
Distancia del Cg a la fibra en compresión	d	8.93	cm
Ro	p	0.00109	adimensional
Ro balanceado	po	0.02614	adimensional
Profundidad bloque de compresión	a	1.38	cm
Momento Nominal	Mn	1932.31	Kg m
Momento de Diseño	Mr	1739.08	Kg m
Modulo de Sección Compuesta	Sc	62.71	cm <sup>3</sup> /m
Momento Positivo Wd1	M+	100.99	Kg m
Momento Positivo Wd2	M+	96.3072	Kg m
Momento Negativo	M-	117.37	Kg m
Momento P Wd	Mpd	125.4	Kg/m
Momento P WI	Mpl	2132.44	Kg/m

**CUADRO 5.20. CONTINUACIÓN**

Momento Plástico	$M_p$	2257.84	Kg/m
Momento Elástico	$M_e$	1354.70	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Plástico	$f_+$	1636.57	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Elástico	$f_-$	981.94	kg/cm <sup>2</sup>
Relación máxima de Esfuerzo	$f < 0.6F_y$	1518	kg/cm <sup>2</sup>

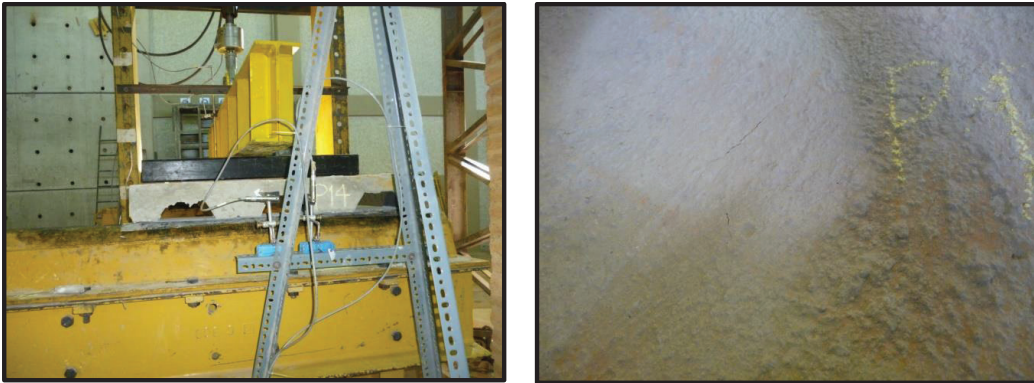
FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FIGURA 5.21. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3 PLACA P14; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

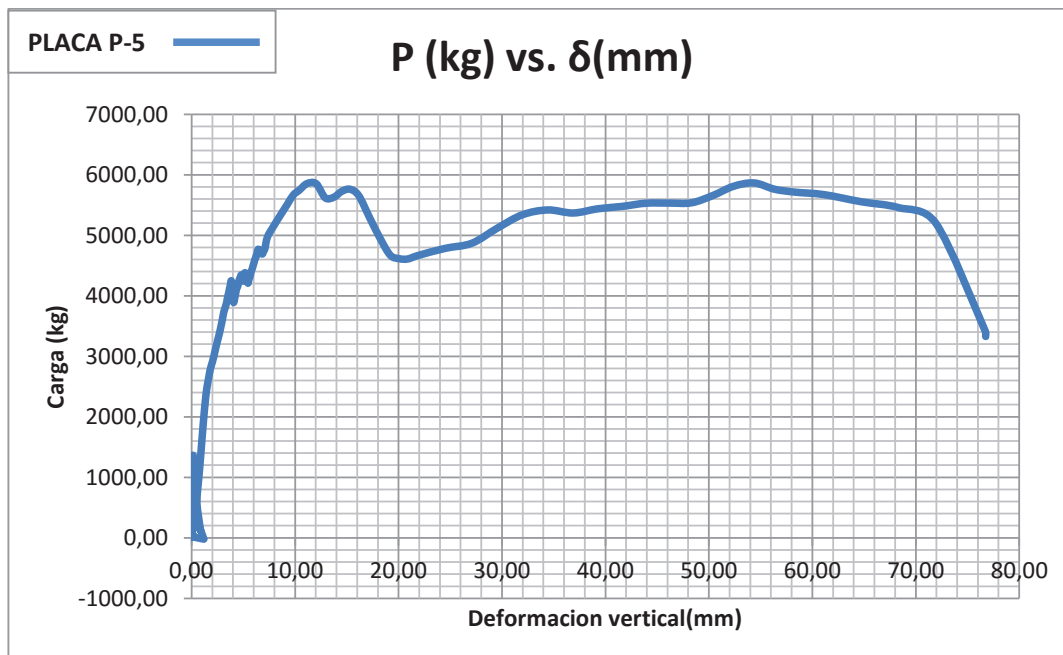
**FOTOGRAFÍA 5.11. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 3 PLACA P14; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**5.4.3. PROBETA P5,  $e = 0.90$  mm; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**

**FIGURA 5.22. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3 PLACA P5; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 5.21. DEFORMACIONES REALES Y TEÓRICAS ENSAYO TIPO 3 PLACA P5; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**

P (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	$M_{pd}$ (kg.m)	$M_{pl}$ (kg.m)	$M_{final}$ (kg.m)
16.88	0.02	0.017	125.40	8.44	133.84
135.05	0.12	0.132	125.40	67.53	192.93
1147.82	0.77	1.126	125.40	573.91	699.31
2450.24	1.53	2.403	125.40	1225.12	1350.52
2995.97	2.08	2.939	125.40	1497.98	1623.38
3851.16	3.32	3.777	125.40	1925.58	2050.98
4230.94	3.78	4.150	125.40	2115.47	2240.87
5852.99	11.14	5.741	125.40	2926.49	3051.89
5761.35	15.31	5.651	125.40	2880.67	3006.07
5284.10	17.23	5.183	125.40	2642.05	2767.45

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

En el ensayo Tipo 3 Placa P5, la sección llega hasta una carga máxima de 5852.99 kilogramos, a partir de este valor la placa absorbe deformación pero su capacidad de resistir carga disminuye. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a las reales, revelando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa. Antes de llegar a su valor máximo de carga se formaron pequeñas fisuras en la superficie de hormigón y al dejar de absorber carga la probeta sufrió una rotura parcial al nivel medio y un ligero desprendimiento de los conectores de corte causando un desplazamiento entre la placa Deck y la carpeta de hormigón.

**CUADRO 5.22. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 3 PLACA P5; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**

Calibre	C	20	
Espesor	b <sub>tm</sub>	0.9	mm
Ancho de la Plancha	A <sub>p</sub>	1220	mm
Ancho Útil	A <sub>u</sub>	950	mm
Largo de la Plancha	L	2200	mm
Luz libre	L <sub>sd</sub>	2000	mm
Área de Acero de la lámina	A <sub>sd</sub>	9.27	cm <sup>2</sup>
Peso de la Plancha por metro cuadrado	W <sub>sd</sub>	9.54	Kg/m
Inercia	I <sub>sd</sub>	94.74	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Superior	S <sup>+</sup>	24.95	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Inferior	S <sup>-</sup>	26.23	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de elasticidad del acero	E	2043000	Kg/cm <sup>2</sup>
Volumen de Hormigón	V <sub>h</sub>	0.1	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Resistencia del Hormigón a la Compresión	f' <sub>c</sub>	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del Hormigón	γ	2400	Kg/m <sup>3</sup>
Fy Acero	f <sub>y</sub>	2530	Kg/cm <sup>2</sup>
W	P <sub>wd</sub>	250.8	Kg/m
Carga	W <sub>sd</sub>	5865.33	Kg/m
Peso de la lamina de la probeta	P <sub>sd</sub>	19.9386	Kg
Distancia del Cg a la fibra en compresión	d	8.93	cm
Ro	ρ	0.00109	adimensional
Ro balanceado	ρ <sub>o</sub>	0.02614	adimensional
Profundidad bloque de compresión	a	1.38	cm
Momento Nominal	M <sub>n</sub>	1932.31	Kg m
Momento de Diseño	M <sub>r</sub>	1739.08	Kg m
Modulo de Sección Compuesta	S <sub>c</sub>	73.81	cm <sup>3</sup> /m
Momento Positivo Wd1	M <sup>+</sup>	102.28	Kg m
Momento Positivo Wd2	M <sup>+</sup>	96.3072	Kg m
Momento Negativo	M <sup>-</sup>	117.37	Kg m
Momento P Wd	M <sub>pd</sub>	125.4	Kg/m
Momento P WI	M <sub>pl</sub>	2932.66	Kg/m

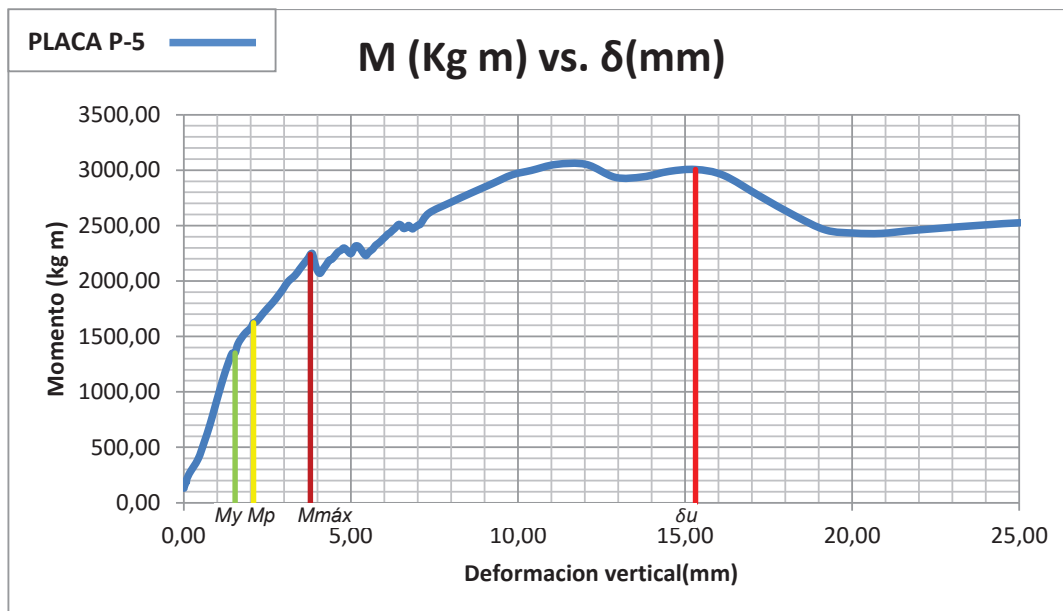


**CUADRO 5.22. CONTINUACIÓN**

Momento Plástico	$M_p$	3058.06	Kg/m
Momento Elástico	$M_e$	1834.84	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Plástico	$f_+$	1883.25	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Elástico	$f_-$	1129.95	kg/cm <sup>2</sup>
Relación máxima de Esfuerzo	$f < 0.6F_y$	1518	kg/cm <sup>2</sup>

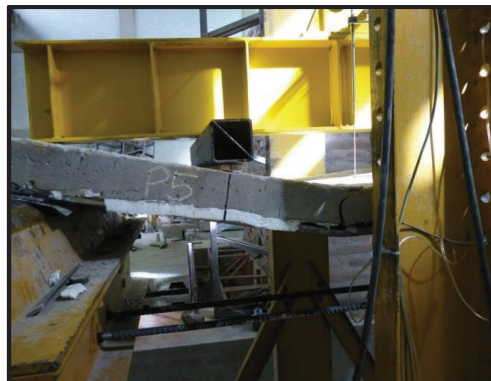
FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FIGURA 5.23. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3 PLACA P5; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

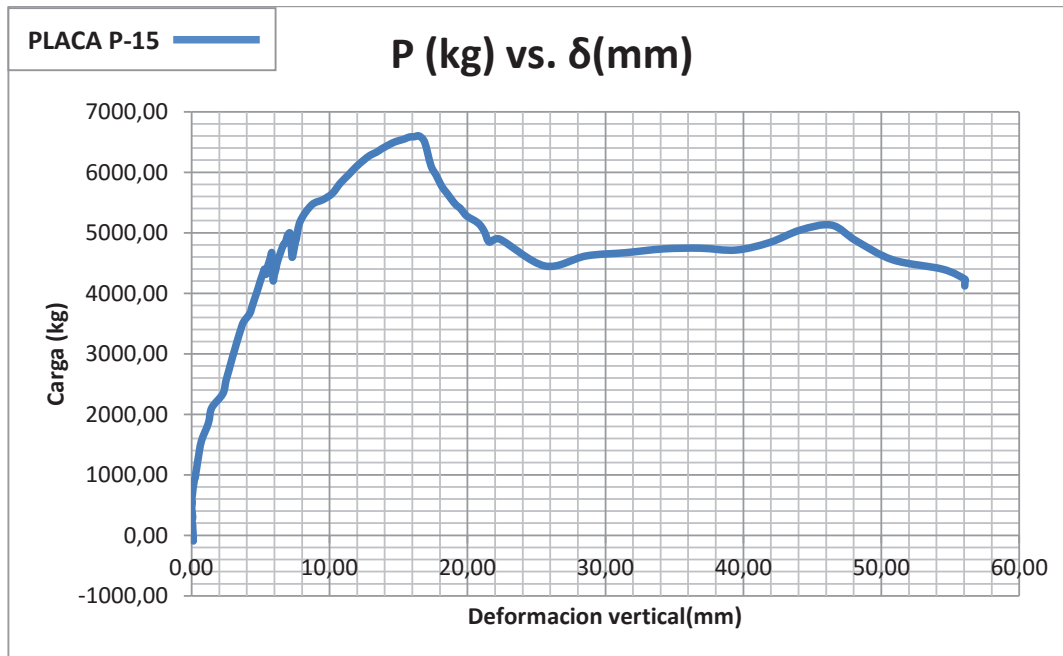
**FOTOGRAFÍA 5.12. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 3 PLACA P5; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**5.4.4. PROBETA P15,  $e = 0.90$  mm; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**

**FIGURA 5.24. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3 PLACA P15; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 5.23. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 3 PLACA P15; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**

P (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	$M_{pd}$ (kg.m)	$M_{pl}$ (kg.m)	$M_{final}$ (kg.m)
123.11	0.00	0.121	125.40	61.56	186.96
161.73	0.00	0.159	125.40	80.87	206.27
603.49	0.02	0.592	125.40	301.74	427.14
2450.24	2.37	2.403	125.40	1225.12	1350.52
2995.97	3.04	2.939	125.40	1497.98	1623.38
4230.94	5.07	4.150	125.40	2115.47	2240.87
5192.27	7.88	5.093	125.40	2596.13	2721.53
6599.56	16.49	6.473	125.40	3299.78	3425.18
6500.59	16.89	6.376	125.40	3250.30	3375.70
5003.98	21.26	4.908	125.40	2501.99	2627.39

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

En el ensayo Tipo 3 Placa P15, la sección llega hasta una carga máxima de 6599.56 kilogramos, a partir de este valor la placa absorbe deformación pero su capacidad de resistir carga disminuye. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a las reales, revelando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa. Antes de llegar a su valor máximo de carga se formaron pequeñas fisuras en la superficie de hormigón y al dejar de absorber carga la probeta sufrió una rotura en el tercio longitudinal y el desprendimiento de los conectores de corte causando un desplazamiento entre la placa Deck y la carpeta de hormigón.

**CUADRO 5.24. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 3 PLACA P15; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**

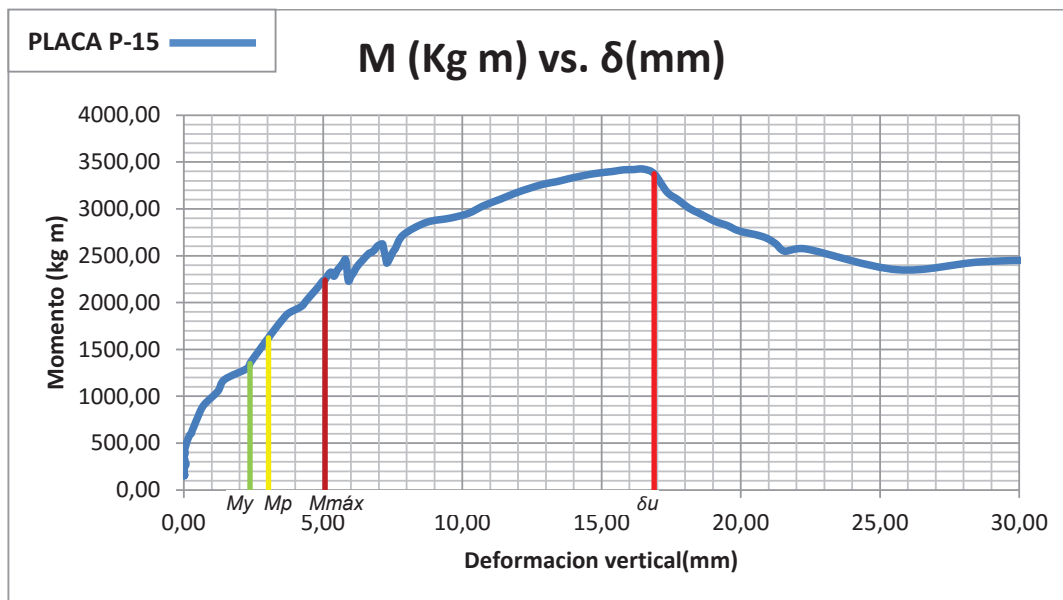
Calibre	C	20	
Espesor	btm	0.9	mm
Ancho de la Plancha	Ap	1220	mm
Ancho Útil	Au	950	mm
Largo de la Plancha	L	2200	mm
Luz libre	Lsd	2000	mm
Área de Acero de la lámina	Asd	9.27	cm <sup>2</sup>
Peso de la Plancha por metro cuadrado	Wsd	9.54	Kg/m
Inercia	Isd	94.74	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Superior	S+	24.95	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Inferior	S-	26.23	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de elasticidad del acero	E	2043000	Kg/cm <sup>2</sup>
Volumen de Hormigón	Vh	0.1	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Resistencia del Hormigón a la Compresión	f'c	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del Hormigón	γ	2400	Kg/m <sup>3</sup>
Fy Acero	fy	2530	Kg/cm <sup>2</sup>
W	Pwd	250.8	Kg/m
Carga	Wsd	6599.56	Kg/m
Peso de la lamina de la probeta	Psd	19.9386	Kg
Distancia del Cg a la fibra en compresión	d	8.93	cm
Ro	p	0.00109	adimensional
Ro balanceado	po	0.02614	adimensional
Profundidad bloque de compresión	a	1.38	cm
Momento Nominal	Mn	1932.31	Kg m
Momento de Diseño	Mr	1739.08	Kg m
Modulo de Sección Compuesta	Sc	73.81	cm <sup>3</sup> /m
Momento Positivo Wd1	M+	102.28	Kg m
Momento Positivo Wd2	M+	96.3072	Kg m
Momento Negativo	M-	117.37	Kg m
Momento P Wd	Mpd	125.4	Kg/m
Momento P WI	Mpl	3299.78	Kg/m

**CUADRO 5.24. CONTINUACIÓN**

Momento Plástico	$M_p$	3425.18	Kg/m
Momento Elástico	$M_e$	2055.11	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Plástico	$f_+$	2109.33	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Elástico	$f_-$	1265.60	kg/cm <sup>2</sup>
Relación máxima de Esfuerzo	$f < 0.6F_y$	1518	kg/cm <sup>2</sup>

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FIGURA 5.25. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3 PLACA P15; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

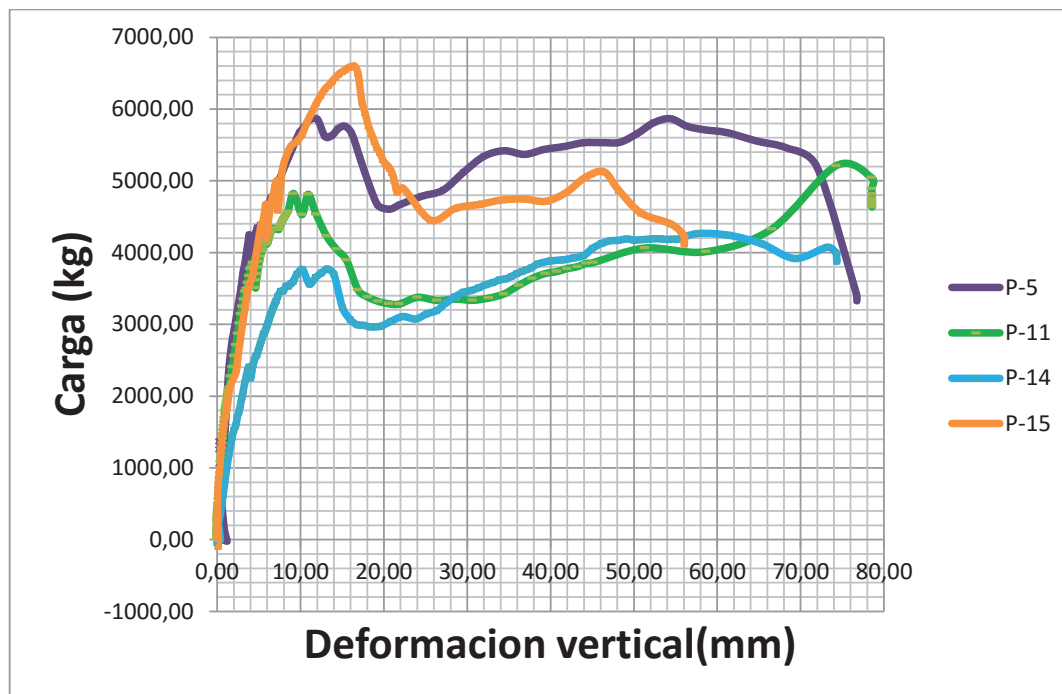
**FOTOGRAFÍA 5.13. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 3 PLACA P15; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

#### 5.4.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ENSAYO TIPO 3; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.

FIGURA 5.26. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 3; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

CUADRO 5.25. RESUMEN CARGAS MÁXIMAS, DEFORMACIONES REALES Y TEÓRICAS Y MOMENTOS MÁXIMOS DE PROBETAS ENSAYO TIPO 3; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.

NOMBRE	e (mm)	P <sub>máx</sub> (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	M <sub>y</sub> (kg.m)	M <sub>p</sub> (kg.m)	M <sub>máx</sub> (kg.m)	M <sub>u</sub> (kg.m)
P11	0,76	5210,62	74.26	5.434	1180.1	1388.8	1903.9	2531.9
P14	0,76	4264,88	57.67	4.447	1180.1	1388.8	1903.9	1974.2
P5	0,90	5865,33	11.14	5.753	1350.5	1623.4	2240.9	3006.1
P15	0,90	6599,56	16.49	6.473	1350.5	1623.4	2240.9	3375.7

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

En el ensayo Tipo 3, la carga máxima de la sección de las probetas con placa Deck de 0.76 mm de espesor llega hasta 5210.62 kilogramos; mientras la carga máxima de la sección de las probetas con placa Deck de 0.90 mm de espesor llega hasta 6599.56 kilogramos. La probeta con placa Deck de 0.90 mm tiene

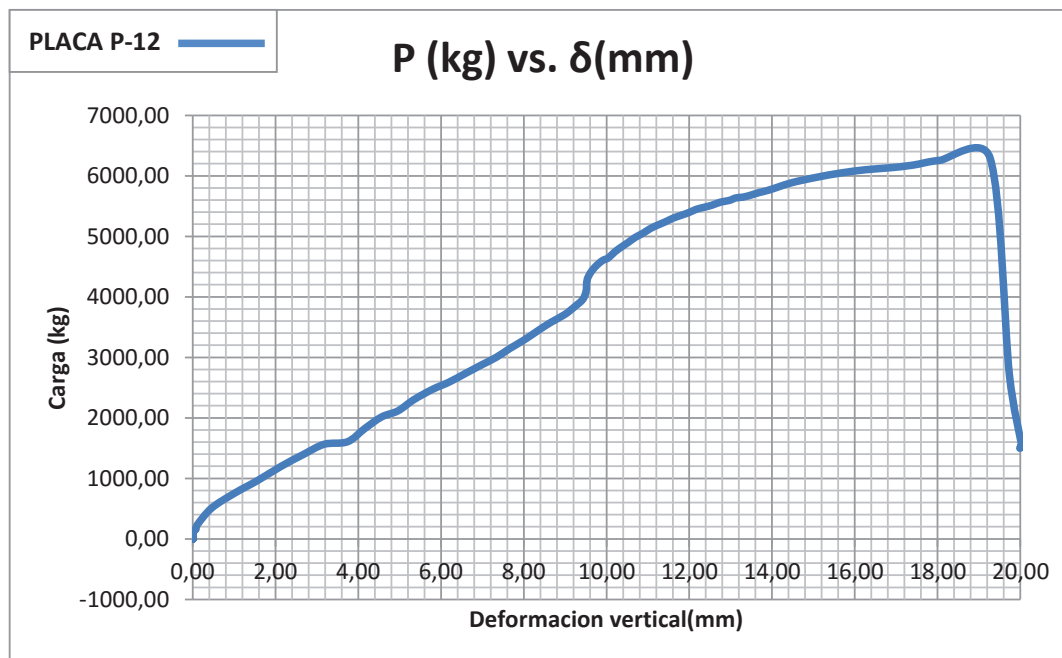


un 21 % más de capacidad portante respecto a la probeta con placa Deck de 0.76 mm. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a las reales, demostrando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa. En este ensayo se observó que al iniciar el proceso de descarga el rango se mantiene cercano al máximo a diferencia de los ensayos tipo 1 y tipo 2 en los que la capacidad de carga descendía de forma considerable.

## 5.5. ENSAYO TIPO 4. MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD) (FLEXION NEGATIVA

### 5.5.1. PROBETA P12, $e = 0.76$ mm; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA)

FIGURA 5.27. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 4 PLACA P12; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 5.26. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 4 PLACA P12; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).**

P (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	$M_{pd}$ (kg.m)	$M_{pl}$ (kg.m)	$M_{final}$ (kg.m)
2,41	0,00	0.003	125,40	1,21	126,61
156,96	0,06	0.164	125,40	78,48	203,88
2109,78	4,76	2.200	125,40	1054,89	1180,29
2527,34	5,99	2.636	125,40	1263,67	1389,07
3556,95	8,49	3.709	125,40	1778,48	1903,88
4080,94	9,50	4.256	125,40	2040,47	2165,87
6176,80	17,40	6.441	125,40	3088,40	3213,80
6297,54	19,27	6.567	125,40	3148,77	3274,17
2706,88	19,74	2.823	125,40	1353,44	1478,84
1516,43	20,00	1.581	125,40	758,22	883,62

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

En el ensayo Tipo 4 Placa P12, la sección llega hasta una carga máxima de 6297.54 kilogramos, a partir de este valor la placa absorbe deformación pero su capacidad de resistir carga disminuye. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a las reales, revelando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa. Al llegar a su valor máximo de carga se formaron fisuras en la superficie de hormigón y al dejar de absorber carga la probeta sufrió una rotura en el tercio longitudinal.

**CUADRO 5.27. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 4 PLACA P12; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).**

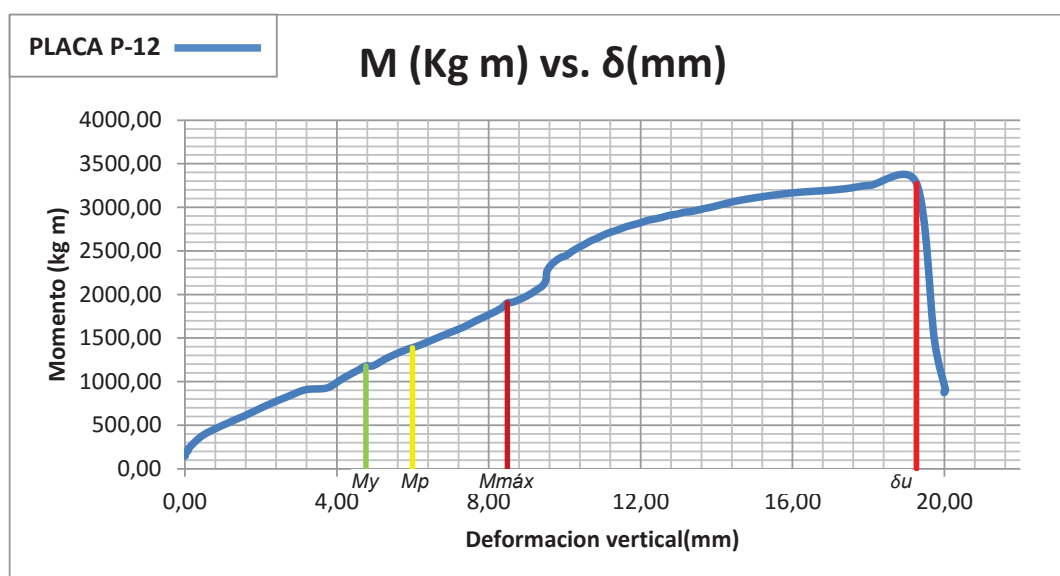
Calibre	C	22	
Espesor	btm	0.76	mm
Ancho de la Plancha	Ap	1220	mm
Ancho Útil	Au	950	mm
Largo de la Plancha	L	2200	mm
Luz libre	Lsd	2000	mm
Área de Acero de la lámina	Asd	9.27	cm <sup>2</sup>
Peso de la Plancha por metro cuadrado	Wsd	8	Kg/m
Inercia	Isd	79.74	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Superior	S+	19.87	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Inferior	S-	20.58	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de elasticidad del acero	E	2043000	Kg/cm <sup>2</sup>
Volumen de Hormigón	Vh	0.1	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Resistencia del Hormigón a la Compresión	f'c	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del Hormigón	γ	2400	Kg/m <sup>3</sup>
Fy Acero	fy	2530	Kg/cm <sup>2</sup>
W	Pwd	250.8	Kg/m
Carga	Wsd	6297.54	Kg/m
Peso de la lamina de la probeta	Psd	16.72	Kg
Distancia del Cg a la fibra en compresión	d	8.93	cm
Ro	p	0.00109	adimensional
Ro balanceado	po	0.02614	adimensional
Profundidad bloque de compresión	a	1.38	cm
Momento Nominal	Mn	1932.31	Kg m
Momento de Diseño	Mr	1739.08	Kg m
Modulo de Sección Compuesta	Sc	62.71	cm <sup>3</sup> /m
Momento Positivo Wd1	M+	100.99	Kg m
Momento Positivo Wd2	M+	96.3072	Kg m
Momento Negativo	M-	117.37	Kg m
Momento P Wd	Mpd	125.4	Kg/m
Momento P WI	Mpl	3148.77	Kg/m

**CUADRO 5.27. CONTINUACIÓN**

Momento Plástico	$M_p$	3274.17	Kg/m
Momento Elástico	$M_e$	1964.50	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Plástico	$f_+$	2373.24	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Elástico	$f_-$	1423.94	kg/cm <sup>2</sup>
Relación máxima de Esfuerzo	$f < 0.6F_y$	1518	kg/cm <sup>2</sup>

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FIGURA 5.28. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 4 PLACA P12; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

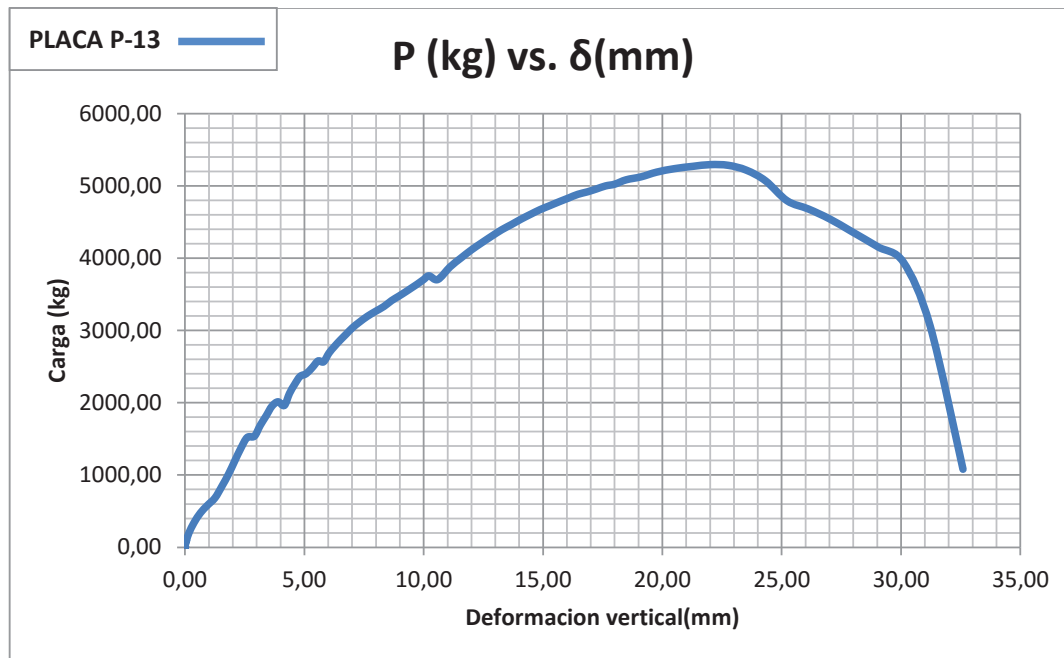
**FOTOGRAFÍA 5.14. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 4 PLACA P12; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**5.5.2. PROBETA P13,  $e = 0.76$  mm; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).**

**FIGURA 5.29. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 4 PLACA P13; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 5.28. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 4 PLACA P13; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).**

P (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	$M_{pd}$ (kg.m)	$M_{pl}$ (kg.m)	$M_{final}$ (kg.m)
9,67	0,00	0.010	125,40	4,83	130,23
843,32	1,54	0.879	125,40	421,66	547,06
2012,86	3,89	2.099	125,40	1006,43	1131,83
2109,78	4,27	2.200	125,40	1054,89	1180,29
2527,34	5,46	2.636	125,40	1263,67	1389,07
3034,99	7,01	3.165	125,40	1517,49	1642,89
3556,95	9,38	3.709	125,40	1778,48	1903,88
5269,64	21,27	5.495	125,40	2634,82	2760,22
5293,80	22,01	5.520	125,40	2646,90	2772,30
3061,27	31,22	3.192	125,40	1530,64	1656,04

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

En el ensayo Tipo 4 Placa P13, la sección llega hasta una carga máxima de 5293.80 kilogramos, a partir de este valor la placa absorbe deformación pero su capacidad de resistir carga disminuye. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a las reales, revelando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa. Al llegar a su valor máximo de carga se formaron fisuras en la superficie de hormigón y al dejar de absorber carga la probeta sufrió una rotura transversal.

**CUADRO 5.29. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 4 PLACA P13; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).**

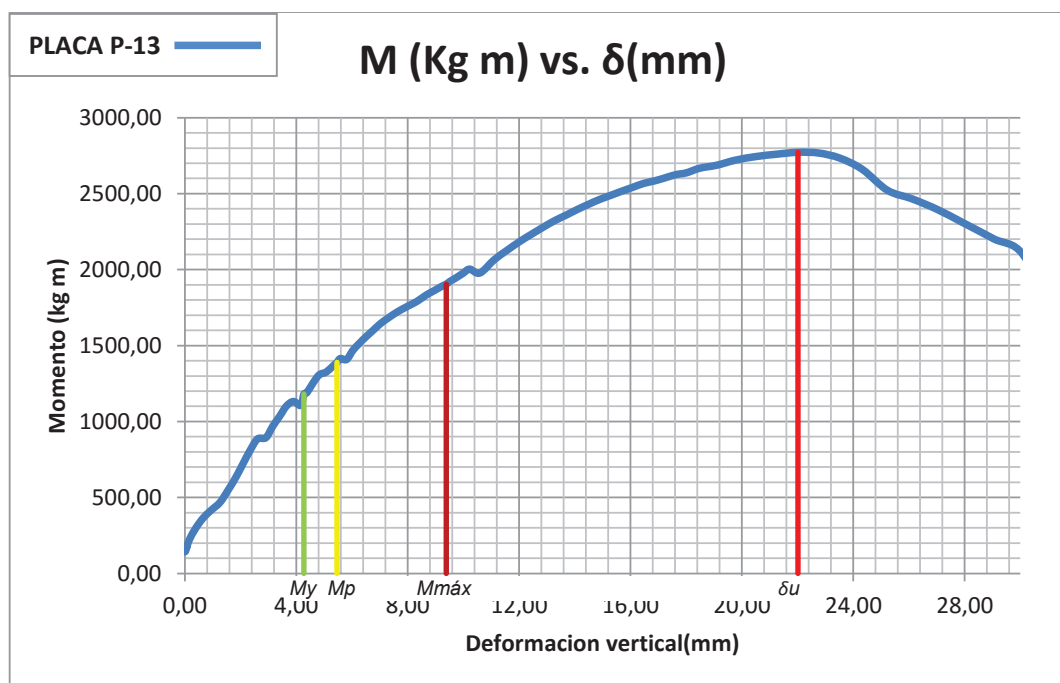
Calibre	C	22	
Espesor	b <sub>tm</sub>	0.76	mm
Ancho de la Plancha	A <sub>p</sub>	1220	mm
Ancho Útil	A <sub>u</sub>	950	mm
Largo de la Plancha	L	2200	mm
Luz libre	L <sub>sd</sub>	2000	mm
Área de Acero de la lámina	A <sub>sd</sub>	9.27	cm <sup>2</sup>
Peso de la Plancha por metro cuadrado	W <sub>sd</sub>	8	Kg/m
Inercia	I <sub>sd</sub>	79.74	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Superior	S <sup>+</sup>	19.87	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Inferior	S <sup>-</sup>	20.58	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de elasticidad del acero	E	2043000	Kg/cm <sup>2</sup>
Volumen de Hormigón	V <sub>h</sub>	0.1	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Resistencia del Hormigón a la Compresión	f' <sub>c</sub>	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del Hormigón	γ	2400	Kg/m <sup>3</sup>
Fy Acero	f <sub>y</sub>	2530	Kg/cm <sup>2</sup>
W	P <sub>wd</sub>	250.8	Kg/m
Carga	W <sub>sd</sub>	5293.80	Kg/m
Peso de la lamina de la probeta	P <sub>sd</sub>	16.72	Kg
Distancia del Cg a la fibra en compresión	d	8.93	cm
Ro	ρ	0.00109	adimensional
Ro balanceado	ρ <sub>o</sub>	0.02614	adimensional
Profundidad bloque de compresión	a	1.38	cm
Momento Nominal	M <sub>n</sub>	1932.31	Kg m
Momento de Diseño	M <sub>r</sub>	1739.08	Kg m
Modulo de Sección Compuesta	S <sub>c</sub>	62.71	cm <sup>3</sup> /m
Momento Positivo Wd1	M <sup>+</sup>	100.99	Kg m
Momento Positivo Wd2	M <sup>+</sup>	96.3072	Kg m
Momento Negativo	M <sup>-</sup>	117.37	Kg m
Momento P Wd	M <sub>pd</sub>	125.4	Kg/m
Momento P WI	M <sub>pl</sub>	2646.90	Kg/m

**CUADRO 5.29. CONTINUACIÓN**

Momento Plástico	Mp	2772.30	Kg/m
Momento Elástico	Me	1663.38	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Plástico	f+	2009.47	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Elástico	f-	1205.68	kg/cm <sup>2</sup>
Relación máxima de Esfuerzo	f<0.6Fy	1518	kg/cm <sup>2</sup>

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

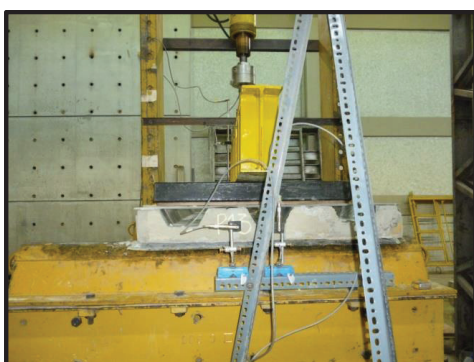
**FIGURA 5.30. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 4 PLACA P13; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán



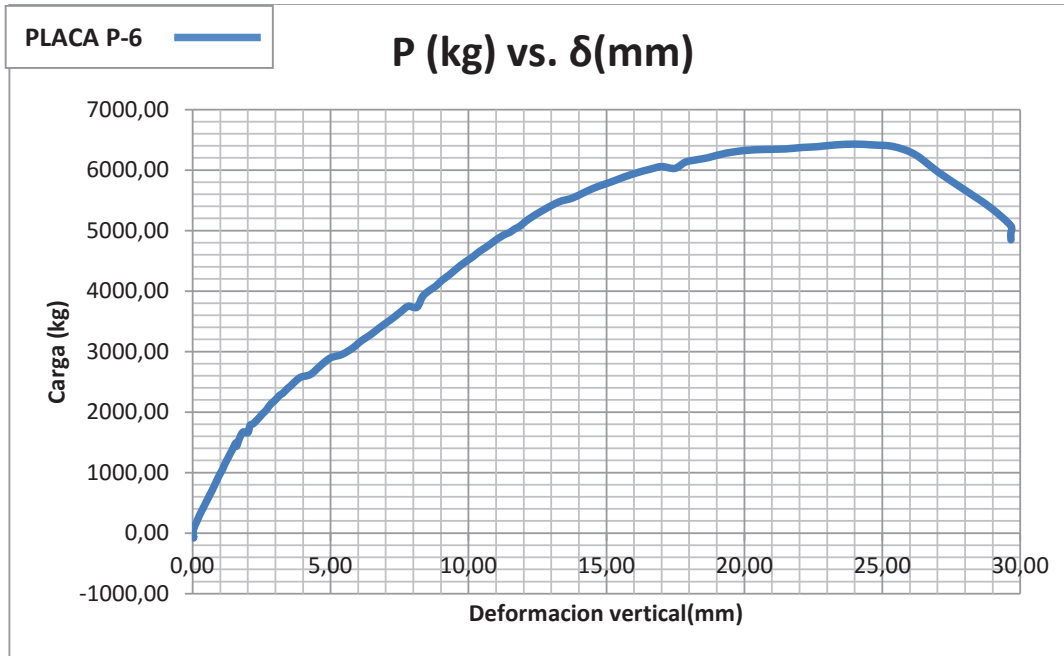
**FOTOGRAFÍA 5.15. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 4 PLACA P13; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**5.5.3. PROBETA P6,  $e = 0.90$  mm; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).**

**FIGURA 5.31. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 4 PLACA P6; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**CUADRO 5.30. DEFORMACIONES REALES, DEFORMACIONES TEÓRICAS Y CÁLCULO DE MOMENTOS ENSAYO TIPO 4 PLACA P6; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).**

P (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	$M_{pd}$ (kg.m)	$M_{pl}$ (kg.m)	$M_{final}$ (kg.m)
4,83	0,00	0.005	125,40	2,41	127,81
750,86	0,75	0.736	125,40	375,43	500,83
2450,24	3,60	2.403	125,40	1225,12	1350,52
2995,97	5,60	2.939	125,40	1497,98	1623,38
4230,94	9,15	4.150	125,40	2115,47	2240,87
4775,24	10,79	4.684	125,40	2387,62	2513,02
6428,95	23,99	6.306	125,40	3214,48	3339,88
6414,47	24,69	6.292	125,40	3207,23	3332,63
4871,81	29,66	4.778	125,40	2435,90	2561,30
4847,67	29,66	4.755	125,40	2423,83	2549,23

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

En el ensayo Tipo 4 Placa P6, la sección llega hasta una carga máxima de 6428.95 kilogramos, a partir de este valor la placa absorbe deformación pero su capacidad de resistir carga disminuye. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a las reales, revelando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa. . Al llegar a su valor máximo de carga se formaron fisuras en la superficie de hormigón y al dejar de absorber carga la probeta sufrió una rotura transversal.

**CUADRO 5.31. CÁLCULOS ENSAYO TIPO 4 PLACA P6; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).**

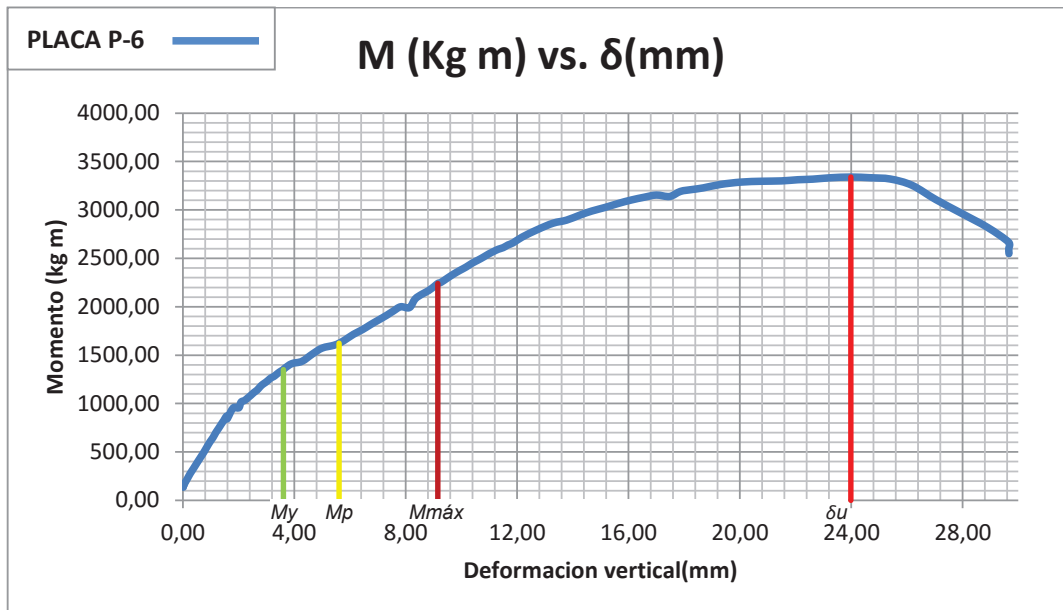
Calibre	C	20	
Espesor	btm	0.9	mm
Ancho de la Plancha	Ap	1220	mm
Ancho Útil	Au	950	mm
Largo de la Plancha	L	2200	mm
Luz libre	Lsd	2000	mm
Área de Acero de la lámina	Asd	9.27	cm <sup>2</sup>

**CUADRO 5.31. CONTINUACIÓN**

Peso de la Plancha por metro cuadrado	Wsd	9.54	Kg/m
Inercia	Isd	94.74	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Superior	S+	24.95	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de Sección Inferior	S-	26.23	cm <sup>4</sup> /m
Módulo de elasticidad del acero	E	2043000	Kg/cm <sup>2</sup>
Volumen de Hormigón	Vh	0.1	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Resistencia del Hormigón a la Compresión	f'c	210	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del Hormigón	γ	2400	Kg/m <sup>3</sup>
Fy Acero	fy	2530	Kg/cm <sup>2</sup>
W	Pwd	250.8	Kg/m
Carga	Wsd	6428.95	Kg/m
Peso de la lamina de la probeta	Psd	19.9386	Kg
Distancia del Cg a la fibra en compresión	d	8.93	cm
Ro	p	0.00109	adimensional
Ro balanceado	po	0.02614	adimensional
Profundidad bloque de compresión	a	1.38	cm
Momento Nominal	Mn	1932.31	Kg m
Momento de Diseño	Mr	1739.08	Kg m
Modulo de Sección Compuesta	Sc	73.81	cm <sup>3</sup> /m
Momento Positivo Wd1	M+	102.28	Kg m
Momento Positivo Wd2	M+	96.3072	Kg m
Momento Negativo	M-	117.37	Kg m
Momento P Wd	Mpd	125.4	Kg/m
Momento P WI	Mpl	3214.48	Kg/m
Momento Plástico	Mp	3339.88	Kg/m
Momento Elástico	Me	2003.93	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Plástico	f+	2056.80	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo Elástico	f-	1234.08	kg/cm <sup>2</sup>
Relación máxima de Esfuerzo	f<0.6Fy	1518	kg/cm <sup>2</sup>

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

**FIGURA 5.32. CURVA MOMENTO VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 4 PLACA P12; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

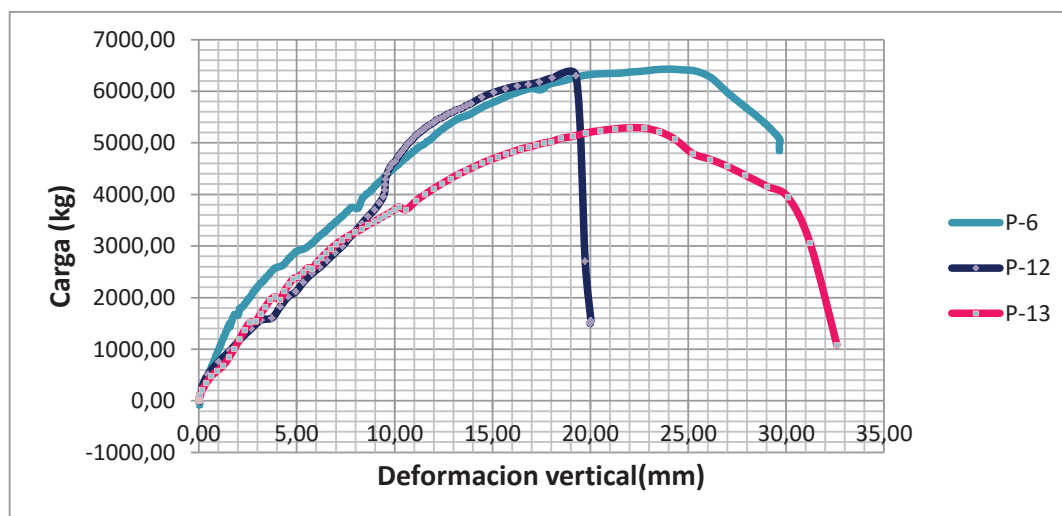
**FOTOGRAFÍA 5.16. CICLOS DE CARGA Y FALLAS DEL ENSAYO TIPO 4 PLACA P6; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).**



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

#### 5.5.4. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ENSAYO TIPO 4; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).

FIGURA 5.33. CURVA CARGA VS. DEFORMACIÓN VERTICAL ENSAYO TIPO 4; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).



FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

CUADRO 5.32. RESUMEN CARGAS MAXIMAS, DEFORMACIONES REALES Y TEORICAS Y MOMENTOS MAXIMOS DE PROBETAS ENSAYO TIPO 4; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).

NOMBRE	e (mm)	P <sub>máx</sub> (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	M <sub>y</sub> (kg.m)	M <sub>p</sub> (kg.m)	M <sub>máx</sub> (kg.m)	M <sub>u</sub> (kg.m)
P12	0,76	6297,54	19.27	6.567	1180.3	1389.1	1903.9	3274.2
P13	0,76	5293,80	22.01	5.520	1180.3	1389.1	1903.9	2772.3
P6	0,90	6428,95	23.99	6.306	1350.5	1623.4	2240.9	3339.9

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán

En el ensayo Tipo 4, la carga máxima de la sección de las probetas con placa Deck de 0.76 mm de espesor llega hasta 6297.54 kilogramos; mientras la carga máxima de la sección de las probetas con placa Deck de 0.90 mm de espesor llega hasta 6428.95 kilogramos. La probeta con placa Deck de 0.90 mm tiene un 2 % más de capacidad portante respecto a la probeta con placa Deck de

0.76 mm por lo que podríamos considerar que su capacidad es igual, esto se debe a que al trabajar bajo momento negativo la capacidad no la define la placa de acero sino la capa de hormigón que está trabajando bajo flexión. Las deformaciones teóricas calculadas con la inercia de la sección compuesta completa son superiores a las reales, demostrando que la inercia efectiva es mayor que la inercia compuesta completa. Al observar las curvas de las placas P-6 y P-13 se ve un comportamiento similar al fallar, al ser estas placas de diferente espesor se verifica que el material que está trabajando es el hormigón.

**CUADRO 5.33. RESUMEN GENERAL DE CARGAS MAXIMAS, DEFORMACIONES REALES Y TEORICAS Y MOMENTOS MAXIMOS DE PROBETAS.**

ENSAYO	NOMBRE	e (mm)	P <sub>máx</sub> (kg)	$\delta_r$ (mm)	$\delta_i$ (mm)	M <sub>y</sub> (kg.m)	M <sub>p</sub> (kg.m)	M <sub>máx</sub> (kg.m)	M <sub>u</sub> (kg.m)	fp kg/cm <sup>2</sup>	fe kg/cm <sup>2</sup>
ENSAYO TIPO 1	P7	0,76	449,3	9,43	3,071	106,29	154,60	206,53	206,53	341,45	234,75
	P8	0,76	461,26	10,02	3,153	114,72	170,27	213,73	222,18	376,06	253,37
	P2	0,90	596,76	7,89	3,345	154,64	200,55	292,36	287,51	347,53	267,98
	P20	0,90	669,20	7,72	3,752	154,62	206,56	294,74	312,85	357,95	267,94
ENSAYO TIPO 2	P3	0,90	4632,2	4,70	4,543	1350,5	1623,4	2240,9	1178,5	999,73	831,69
	P4	0,90	4548,2	3,18	4,461	1350,5	1623,4	2240,9	1334,9	999,73	831,69
	P9	0,76	3499,04	3,41	3,649	1180,1	1388,8	1903,9	458,41	1006,65	855,36
ENSAYO TIPO 3	P11	0,76	5210,62	74,26	5,434	1180,1	1388,8	1903,9	2531,9	1006,65	855,36
	P14	0,76	4264,88	57,67	4,447	1180,1	1388,8	1903,9	1974,2	1006,65	855,36
	P5	0,90	5865,33	11,14	5,753	1350,5	1623,4	2240,9	3006,1	999,73	831,69
	P15	0,90	6599,56	16,49	6,473	1350,5	1623,4	2240,9	3375,7	999,73	831,69
ENSAYO TIPO 4	P12	0,76	6297,54	19,27	6,567	1180,3	1389,1	1903,9	3274,2	1006,65	855,36
	P13	0,76	5293,8	22,01	5,520	1180,3	1389,1	1903,9	2772,3	1006,65	855,36
	P6	0,90	6428,95	23,99	6,306	1350,5	1623,4	2240,9	3339,9	999,73	831,69

FUENTE Y ELABORACIÓN: Juan Carlos Cañar y Johanna Cupuerán



- ENSAYO TIPO 1; PLACA ENCOFRADO, PLACA DECK SOLA.
- ENSAYO TIPO 2; LOSETA, PLACA DECK + CARPETA DE HORMIGÓN.
- ENSAYO TIPO 3; MOMENTO POSITIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD.
- ENSAYO TIPO 4; MOMENTO NEGATIVO, LOSETA + MALLA ELECTROSOLDADA + NELSON STUD, (FLEXIÓN NEGATIVA).

Definiciones:

e: Espesor de la probeta.

P<sub>máx</sub>: Carga máxima que produce la plastificación total de la probeta (valor experimental).

$\delta_r$ : Deformación real de la probeta (valor experimental).

$\delta_t$ : Deformación teórica de la probeta (valor teórico).

M<sub>y</sub>: Momento que produce la fluencia de la probeta (valor teórico).

M<sub>p</sub>: Momento que produce la plastificación total de la probeta (valor teórico).

M<sub>pd</sub>: Momento de carga muerta que produce la plastificación total de la probeta (valor teórico).

M<sub>pl</sub>: Momento de carga viva que produce la plastificación total de la probeta (valor teórico).

$M_{m\acute{a}x}$ : Momento máximo visto en la curva Momento versus deformaci3n vertical (valor te3rico).

$\delta_u$ : Momento ltimo ( $M_{pd} + M_{pl}$ ) (valor te3rico).

$f_p$ : Esfuerzo plástico de la probeta (valor te3rico).

$f_e$ : Esfuerzo plástico de la probeta (valor te3rico).

Los valores de los momentos elásticos y plásticos se compararon en cada tipo de espesor de placa para las placas calibre 22 y calibre 20 en la que el calibre 20 debido a su espesor y una mayor área de acero supera l calibre 22, pero en cuanto al tipo de ensayo en losas compuestas por hormig3n al tener la misma secci3n transversal en todos los ensayos no varía el cculo de los mismos, pues dependen de la ubicaci3n del eje neutro y las fibras a compresi3n y tensi3n, pero si tienen una capacidad de carga diferente y se puede observar en cada una de las gráficas que el momento máximo calculado est muy cercano al momento máximo experimental en donde la secci3n entra en total plasticidad y decrece su capacidad de carga hasta llegar a la deformaci3n final

En las placas que son únicamente placa metálica colaborante Satec Composite Deck los momentos son los producidos por la carga en la que el material permanece en rango elástico capaz de regresar a su posici3n inicial o sobrepasado este punto su deformaci3n ya no es regresiva llegando a la deformaci3n final.

## CAPITULO 6

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. CONCLUSIONES

- Las propiedades obtenidas de la placa metálica colaborante Satec Composite Deck, están en función de las dimensiones en las que son fabricadas dentro de las instalaciones de Satec - Aceromex del Ecuador, al tener una altura mayor en la cresta se obtiene una mayor inercia la que proporciona una mayor resistencia en cuanto a cargas verticales y una mejor ductilidad.
- Al tener esta relación entre el valle y la cresta, incrementa el módulo de sección negativo de la lámina de 20.58 cm<sup>3</sup>/m para calibre 22 y 26.23 cm<sup>3</sup>/m y calibre 20, y su inercia negativa de 73.65 cm<sup>4</sup>/m y 90.83 cm<sup>4</sup>/m respectivamente para cada calibre, comparado para los valores de sección positivos de 19.87 cm<sup>3</sup>/m y 24.95 cm<sup>3</sup>/m, y las inercias positivas de 79.74 cm<sup>3</sup>/m y 94.74 cm<sup>3</sup>/m, de cada calibre respectivamente, lo que nos da una mayor distancia entre apuntalamientos, y un comportamiento idéntico tanto para momentos positivos como momentos negativos.
- Para las placas metálicas colaborantes de un espesor de 0.76 mm, que trabaja únicamente como encofrado se obtuvo una carga máxima promedio de 455.28 kg para la medida ensayada de 0.950 m, por 2.00 m, obtenemos una carga efectiva promedio de 239.62 kg/m<sup>2</sup>, con una deflexión de 1.00 cm y frente a la deflexión permitida de 1.9 cm, está dentro de la respectiva norma. La carga mínima establecida es de 100 kg/cm<sup>2</sup>, superando en un 239.62% el valor mínimo en general.
- Para las placas metálicas colaborantes de un espesor de 0.90 mm. que trabaja únicamente como encofrado se obtuvo una carga máxima promedio de 632.98 kg, para la medida ensayada de 0.950 m, por 2.00

m, obtenemos una carga efectiva promedio de  $352.21 \text{ kg/m}^2$ , con una deflexión de 1.00 cm, y frente a la deflexión permitida de 1.9 cm, está dentro de la respectiva norma. La carga mínima establecida es de  $100 \text{ kg/cm}^2$ , superando en un 352.21 % el valor mínimo en general.

- En el ensayo de las placas metálicas colaborantes SCD de 0.76 mm, solo ensayadas con hormigón, las capacidades máximas de carga promedio reales obtenidas de los ensayos son 3499.04 kg, con una deformación máxima de 3.41 mm, para las dimensiones estándar de las pruebas la carga máxima promedio es  $1841.6 \text{ kg/m}^2$ .
- Las placas metálicas colaborantes SCD de 0.90 mm, que se ensayaron solo con hormigón las capacidades máximas de carga promedio reales obtenidas de los ensayos son 4590.2 kg, con una deformación máxima de 4.18 mm, para las dimensiones estándar de las pruebas la carga máxima promedio es  $2415.90 \text{ kg/m}^2$ .
- Una vez terminado el ensayo de las placas metálicas colaborantes SCD de 0.76 mm, como sección compuesta tuvo como resultado un valor de carga máxima promedio de  $4737.75 \text{ kg/m}^2$  y una deflexión máxima de 65.96 mm., el valor de la carga para el área donde fue aplicada es de  $2493.55 \text{ kg/m}^2$ .
- Las placas metálicas colaborantes SCD de 0.90 mm., que fueron armadas para el tipo de prueba 3 se obtuvo el resultado de carga máxima promedio de  $6232.45 \text{ kg/cm}^2$  y al aplicar esta carga sobre el área se obtiene un valor máximo de  $3280.24 \text{ kg/cm}^2$  y una deflexión máxima de 13.82 mm.
- En el último tipo de ensayo que se denominó sección compuesta a momento negativo y con un espesor de placa metálica colaborante SCD de 0.76 mm reflejo un valor máximo promedio de carga de  $5795.67 \text{ kg/cm}^2$ , que aplicada sobre el área de la probeta se obtuvo un valor

máximo promedio de  $3050.35 \text{ kg/m}^2$ , y una deflexión máxima de 20.64 mm.

- Para el mismo ensayo pero considerando la placa metálica colaborante SCD de un espesor de 0.90 mm, se obtuvo un valor de 6428.95 kg y siendo aplicada sobre el área predeterminada del ensayo se obtiene un valor de carga máxima de  $3383.66 \text{ kg/m}^2$ , y con esto una deflexión de 23.99 mm.
- La separación entre los apoyos para todos los casos de ensayos ejecutados en esta investigación fue de 2.00 m, en el análisis del Capítulo III se obtuvo que la separación entre apoyos tanto para el espesor de 0.76 mm, y 0.90 mm, es de 2.04 m y 2.36 m, por lo que no se colocó ningún apoyo adicional, además fue una recomendación del fabricante que se utilizara esta separación entre apoyos para sus interés propios constructivos.
- En el ensayo tipo 2 que solo constaba de hormigón se comparó con los resultados de las tablas después del análisis y la sobrecarga que se admite sin uso de conectores para el espesor de 0.76 mm y 0.90 mm  $1653 \text{ kg/m}^2$  y  $2000 \text{ kg/m}^2$ , respectivamente y los valores reales obtenidos son superiores lo que nos da un margen de seguridad de un 10.2% y 17.21% más de carga respectivamente.
- Para el ensayo tipo 3 que tiene el uso de conectores de corte específicamente Nelson Stud los valores obtenidos en el análisis teórico tienen valores de  $2000 \text{ kg/cm}^2$  para ambos espesores pero en los valores reales obtenidos reflejamos valores que nos dan un margen de seguridad de un 19.79% y 39.02% respectivamente para cada espesor.
- En el último tipo de ensayo también utilizando conectores Nelson Stud pero aplicando un momento negativo los valores teóricos esperados de carga admisible son de  $2000 \text{ kg/m}^2$ , para cada espesor y los valores

reales alcanzan un margen de seguridad de 34.43% y 40.89% respectivamente.

- Las losas mixtas que sean capaces de desarrollar la tensión en la totalidad de la sección de la placa metálica colaborante. El análisis teórico no toma en cuenta el acero de refuerzo que pueda existir adicionalmente ni tampoco el caso de que una porción de la placa metálica colaborante esté en la zona de compresión dentro de la sección a flexión.
- En el análisis teórico los cálculos realizados fueron con hormigones de  $f'_c = 210$  y  $240 \text{ kg/cm}^2$ , por lo tanto  $\beta_1$  siempre tuvo un valor de 0,85. Igualmente el  $F_y$  especificado para todas las láminas de acero es  $2530 \text{ kg/cm}^2$ .
- El comportamiento de la placa metálica colaborante Satec Composite Deck, aplicándose un momento negativo tiene un comportamiento muy similar al estar frente a un momento positivo, e incluso el uso de un calibre más grueso mejora aun los resultados.
- El uso del sistema de la placa Deck como encofrado mostró una capacidad de carga superior a la necesaria durante el proceso de construcción, ofreciendo seguridad al personal sin el riesgo de que la placa sufra quebraduras.
- Al comparar los resultados obtenidos en el ensayo tipo 2 y el ensayo tipo 3, se observa que en el sistema compuesto (ensayo tipo 3) la capacidad de carga se incrementa en un 33% aproximadamente en relación a la loseta (ensayo tipo 2), siendo este de mayor beneficio al momento de requerir un diseño óptimo.

## 6.2. RECOMENDACIONES

- El recubrimiento mínimo indicado en la norma guía de la presente investigación indica que debe ser de  $275 \text{ g/m}^2$ , al tener un recubrimiento G-90 se tiene el espesor indicado, debido a que la materia prima para la elaboración de las placas son de fabricación en el exterior se garantiza la calidad de esta con los certificados de calidad o certificado de molino, adjuntado en los anexos.
- Para la evaluación de cargas sísmicas y no sísmicas se consideran los reglamentos locales de construcción, los cuales abarcan cualquier tipo de estructura. con estos nos referimos a la NEC-SE.
- Los valores de las tabla sobrecargas admisibles solo serán válidos si la lámina debe de estar sujeta a la estructura en todos los valles con tornillos autoperforantes, puntos de soldadura o clavo disparado. en la periferia colocar moldaduras perimetrales metálicas como indica la tabla de nota.- se considera que se restringe mejor el giro en los extremos cuando la lámina está sujeta a la estructura, para esto también dependen del diseño adecuado de las vigas que forman parte de la losa compuesta, lo que se recomienda no desestimar dicho análisis.
- Para cargas concentradas muy grandes se debe hacer un análisis donde se agrega acero de refuerzo adicional para el momento negativo, una buena observación son los edificios de uso exclusivo de estacionamientos.
- Es importante realizar el transporte de las losas con todas las normas de seguridad posibles para así evitar fisuras o posibles roturas de las mismas.
- El etiquetado es indispensable para realizar los ensayos en el orden correcto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American National Standards Institute. (2006). *Steel Deck Institute Composite Steel Floor Deck*. Chicago : ANSI Accredited Standards Developer.
- Galambos, T., F.J., L., & Johnston, B. (1999). *Diseño de Estructuras de Acero con LRFD*. México: Prentice Hall.
- Gere, J., & Timoshenko, S. (1984). *Mecánica de Materiales* (Segunda ed.). México D.F: Grupo Editorial Sudamerica.
- IMSA. (2002). *Laminas Acanaladas Soluciones de Acero Recubierto Para la Construcción*. Mexico: Industrias Monterrey.
- McCormac, J. (1991). *Diseño de Estructuras de Acero. Método LRFD*. México: Alfaomega.
- Murray, T., Allen, D., & Ungar, E. (1997). *Floor Vibrations Due to Human Activity. American Institute of Steel Construction*. Chicago: Canadian Institute of Steel Construction.
- Porte, M., & Ekberg, C. (1977). Design Recommendations for Steel Deck Floor Slabs. *En Journal of the Structural Division, SCE*.
- Segui, W. (1999). *Diseño de Estructuras de Acero con LRFD* (Segunda ed.). México: International Thomson Editores.
- Shuster, R. M. (1994). *Composite Steel-Deck-Reinforced Concrete Floor Systems, En Design in Cold Formed Steel. R. M. Schuster*. Ontario: School of Architecture.
- Steel Deck Institute. (2006). *SDI Manual of Construction With the Steel Deck* (Segunda ed.). Chicago: Steel Deck Institute.



## **ANEXOS**

**ANEXO N° 1**  
**CERTIFICADO DE CALIDAD SATEC – ACEROMEX DEL**  
**ECUADOR**

Page 1 of 2

**CERTIFICADO DE CALIDAD /**  
**QUALITY CERTIFICATE**  
 (EN10204 3.1 - ISO 10476 3.1B)  
 Fecha de Emisión / Date of Issue  
 (DMA) 29/02/2012  
**977904**  
STROCK

No./ Document number  
977904

Orden de compra/ Purchase order  
45000060323

---

**TERMIUM MEXICO, S.A. DE C.V.**  
 AV. UNIVERSIDAD No. 962, Colonia Cuauhtémoc, San Nicolás de los Garza, N.L., Código Postal  
 66450  
 Teléfono: +52(81)8329-8500  
 WWW.terminum.com

Pedido No./ Sales order  
171503

Remisión/ Delivery  
977904

Medio de Transporte/ Means of transportation  
Triple eje con ausp. de a

---

**Código cliente/ Customer ID**  
1873

**Cliente/ Customer**  
 ACERIMEX  
 CARRETERA MONTERREY-LAREDO KM 27  
 CIENEGA DE FLORES  
 NL  
 85590

**Descripción de mercancías/ Goods description**  
 ROLLO CALIENTE

---

No. Rollo/Coil ID	Colado/Heat	Recubrimiento/ Coating	Peso/Weight kg lb	Datos Generales / General Data		Capa/Thickness oz/82 N/A
				Espesor/ Thickness mm	Ancho/Width	
1622972AA	PA11K21802	N/A	21485 47460	in 48.03	mm 1220	m N/A


No. Rollo/Coil ML	Colado/Heat	TS/ST (1)	No. Parte/Part	Datos Generales / General Data	
				Descripción/Description	Norma de Calidad/Quality Norm
1622972AA	PA11K21802	N/A		ROLLO CALIENTE	N/A
					ASTM A 36

---

**Observaciones / Comments**

1. TS: Tratamiento superficial, Anodizado, Sellado / ST: Surface treatment, Oxid. Sinterized, etc  
 2. LE: Lubricación / V: Yield Point - 0.2% offset (presión máxima soportada por el producto) / 3. RT: Resistencia a la tracción / TS: Tensile Strength  
 4. UR: UR: Ruedas B indicadas en VC  
 5. LML: Laminado laminado / L: Lower Limit  
 6. USMA: Unión Superior / Upper Limit

**C.I. / ID #**

**Firma / Signature**  
  
Ing. Antonio Ma

Page 2 of 2

**CERTIFICADO DE CALIDAD /**  
**MILL TEST CERTIFICATE**  
 (EN10204 3.1 - ISO 10474 3.1B)  
 Fecha de Emisión / Date of Issue  
 (DMA) 29/02/2012

No. / Document number  
 977904

**977904**  
 977904

**Ternium**  
 TERNIUM MEXICO, S.A. DE C.V.  
 R.F.C. TME-840710-TR4  
 Av. Universidad No. 992, Colonia Cuauhtémoc, San Nicolás de los Garza, N.L., Código Postal  
 66450  
 Teléfonos: +52(61)8329-8500  
 www.ternium.com

No. Rollos/Coil		Coil/Heat		Calidad del Acero / Steel Quality (Propiedades Mecánicas Transversales)		LE / YP (2)		% Elongación / Elongation %		RT/TS (3)		LE/RT (S/TS)	
Id		Id		Mpa	KSI	Mpa	KSI						
1622972AA		PA11K21902		277	40.2	425	61.5	44				N/A	

Calidad del Acero / Steel Quality (Análisis Químico/Chemical Analysis)																	
No. Rollos/Coil	Coil/Heat	C	Mn	Si	P	S	Al	Cu	Cr	Ni	Mo	Sn	N	Cb	V	B	Ti
1622972AA	PA11K21902	0.190	0.660	0.100	0.017	0.011	0.024	0.031	0.046	0.020	0.003	0.002	0.006	0.003	0.002	0.000	0.001

Notas / Notes:

- 1. TS: Tratamiento superficial. Acabado: Pulido / FT: Superficial treatment, Coat, Stenciled, etc.
- 2. LE: Límite elástico / YP: Yield Point - 0.2% offset productos recubiertos (coating products)
- 4. HRBW: Rockwell B Indentador de WC
- 5. LUL: Límite Inferior / Lower Limit
- 6. LUL: Límite Superior / Upper Limit
- 3. RT: Resistencia a la tensión / TS: Tensile Strength

Observaciones / Comments

MA

Confirma que el peso neto descrito ha sido inspeccionado y verificado por personal autorizado independiente del área de manufactura con  
 821, J4 2 2011, según procedimiento T-100 de la planta de Acero Ternium México S.A. de C.V. (TME) y T-1002, T-1003, T-1004, T-1005, T-1006, T-1007, T-1008, T-1009, T-1010, T-1011, T-1012, T-1013, T-1014, T-1015, T-1016, T-1017, T-1018, T-1019, T-1020, T-1021, T-1022, T-1023, T-1024, T-1025, T-1026, T-1027, T-1028, T-1029, T-1030, T-1031, T-1032, T-1033, T-1034, T-1035, T-1036, T-1037, T-1038, T-1039, T-1040, T-1041, T-1042, T-1043, T-1044, T-1045, T-1046, T-1047, T-1048, T-1049, T-1050, T-1051, T-1052, T-1053, T-1054, T-1055, T-1056, T-1057, T-1058, T-1059, T-1060, T-1061, T-1062, T-1063, T-1064, T-1065, T-1066, T-1067, T-1068, T-1069, T-1070, T-1071, T-1072, T-1073, T-1074, T-1075, T-1076, T-1077, T-1078, T-1079, T-1080, T-1081, T-1082, T-1083, T-1084, T-1085, T-1086, T-1087, T-1088, T-1089, T-1090, T-1091, T-1092, T-1093, T-1094, T-1095, T-1096, T-1097, T-1098, T-1099, T-1100, T-1101, T-1102, T-1103, T-1104, T-1105, T-1106, T-1107, T-1108, T-1109, T-1110, T-1111, T-1112, T-1113, T-1114, T-1115, T-1116, T-1117, T-1118, T-1119, T-1120, T-1121, T-1122, T-1123, T-1124, T-1125, T-1126, T-1127, T-1128, T-1129, T-1130, T-1131, T-1132, T-1133, T-1134, T-1135, T-1136, T-1137, T-1138, T-1139, T-1140, T-1141, T-1142, T-1143, T-1144, T-1145, T-1146, T-1147, T-1148, T-1149, T-1150, T-1151, T-1152, T-1153, T-1154, T-1155, T-1156, T-1157, T-1158, T-1159, T-1160, T-1161, T-1162, T-1163, T-1164, T-1165, T-1166, T-1167, T-1168, T-1169, T-1170, T-1171, T-1172, T-1173, T-1174, T-1175, T-1176, T-1177, T-1178, T-1179, T-1180, T-1181, T-1182, T-1183, T-1184, T-1185, T-1186, T-1187, T-1188, T-1189, T-1190, T-1191, T-1192, T-1193, T-1194, T-1195, T-1196, T-1197, T-1198, T-1199, T-1200, T-1201, T-1202, T-1203, T-1204, T-1205, T-1206, T-1207, T-1208, T-1209, T-1210, T-1211, T-1212, T-1213, T-1214, T-1215, T-1216, T-1217, T-1218, T-1219, T-1220, T-1221, T-1222, T-1223, T-1224, T-1225, T-1226, T-1227, T-1228, T-1229, T-1230, T-1231, T-1232, T-1233, T-1234, T-1235, T-1236, T-1237, T-1238, T-1239, T-1240, T-1241, T-1242, T-1243, T-1244, T-1245, T-1246, T-1247, T-1248, T-1249, T-1250, T-1251, T-1252, T-1253, T-1254, T-1255, T-1256, T-1257, T-1258, T-1259, T-1260, T-1261, T-1262, T-1263, T-1264, T-1265, T-1266, T-1267, T-1268, T-1269, T-1270, T-1271, T-1272, T-1273, T-1274, T-1275, T-1276, T-1277, T-1278, T-1279, T-1280, T-1281, T-1282, T-1283, T-1284, T-1285, T-1286, T-1287, T-1288, T-1289, T-1290, T-1291, T-1292, T-1293, T-1294, T-1295, T-1296, T-1297, T-1298, T-1299, T-1300, T-1301, T-1302, T-1303, T-1304, T-1305, T-1306, T-1307, T-1308, T-1309, T-1310, T-1311, T-1312, T-1313, T-1314, T-1315, T-1316, T-1317, T-1318, T-1319, T-1320, T-1321, T-1322, T-1323, T-1324, T-1325, T-1326, T-1327, T-1328, T-1329, T-1330, T-1331, T-1332, T-1333, T-1334, T-1335, T-1336, T-1337, T-1338, T-1339, T-1340, T-1341, T-1342, T-1343, T-1344, T-1345, T-1346, T-1347, T-1348, T-1349, T-1350, T-1351, T-1352, T-1353, T-1354, T-1355, T-1356, T-1357, T-1358, T-1359, T-1360, T-1361, T-1362, T-1363, T-1364, T-1365, T-1366, T-1367, T-1368, T-1369, T-1370, T-1371, T-1372, T-1373, T-1374, T-1375, T-1376, T-1377, T-1378, T-1379, T-1380, T-1381, T-1382, T-1383, T-1384, T-1385, T-1386, T-1387, T-1388, T-1389, T-1390, T-1391, T-1392, T-1393, T-1394, T-1395, T-1396, T-1397, T-1398, T-1399, T-1400, T-1401, T-1402, T-1403, T-1404, T-1405, T-1406, T-1407, T-1408, T-1409, T-1410, T-1411, T-1412, T-1413, T-1414, T-1415, T-1416, T-1417, T-1418, T-1419, T-1420, T-1421, T-1422, T-1423, T-1424, T-1425, T-1426, T-1427, T-1428, T-1429, T-1430, T-1431, T-1432, T-1433, T-1434, T-1435, T-1436, T-1437, T-1438, T-1439, T-1440, T-1441, T-1442, T-1443, T-1444, T-1445, T-1446, T-1447, T-1448, T-1449, T-1450, T-1451, T-1452, T-1453, T-1454, T-1455, T-1456, T-1457, T-1458, T-1459, T-1460, T-1461, T-1462, T-1463, T-1464, T-1465, T-1466, T-1467, T-1468, T-1469, T-1470, T-1471, T-1472, T-1473, T-1474, T-1475, T-1476, T-1477, T-1478, T-1479, T-1480, T-1481, T-1482, T-1483, T-1484, T-1485, T-1486, T-1487, T-1488, T-1489, T-1490, T-1491, T-1492, T-1493, T-1494, T-1495, T-1496, T-1497, T-1498, T-1499, T-1500, T-1501, T-1502, T-1503, T-1504, T-1505, T-1506, T-1507, T-1508, T-1509, T-1510, T-1511, T-1512, T-1513, T-1514, T-1515, T-1516, T-1517, T-1518, T-1519, T-1520, T-1521, T-1522, T-1523, T-1524, T-1525, T-1526, T-1527, T-1528, T-1529, T-1530, T-1531, T-1532, T-1533, T-1534, T-1535, T-1536, T-1537, T-1538, T-1539, T-1540, T-1541, T-1542, T-1543, T-1544, T-1545, T-1546, T-1547, T-1548, T-1549, T-1550, T-1551, T-1552, T-1553, T-1554, T-1555, T-1556, T-1557, T-1558, T-1559, T-1560, T-1561, T-1562, T-1563, T-1564, T-1565, T-1566, T-1567, T-1568, T-1569, T-1570, T-1571, T-1572, T-1573, T-1574, T-1575, T-1576, T-1577, T-1578, T-1579, T-1580, T-1581, T-1582, T-1583, T-1584, T-1585, T-1586, T-1587, T-1588, T-1589, T-1590, T-1591, T-1592, T-1593, T-1594, T-1595, T-1596, T-1597, T-1598, T-1599, T-1600, T-1601, T-1602, T-1603, T-1604, T-1605, T-1606, T-1607, T-1608, T-1609, T-1610, T-1611, T-1612, T-1613, T-1614, T-1615, T-1616, T-1617, T-1618, T-1619, T-1620, T-1621, T-1622, T-1623, T-1624, T-1625, T-1626, T-1627, T-1628, T-1629, T-1630, T-1631, T-1632, T-1633, T-1634, T-1635, T-1636, T-1637, T-1638, T-1639, T-1640, T-1641, T-1642, T-1643, T-1644, T-1645, T-1646, T-1647, T-1648, T-1649, T-1650, T-1651, T-1652, T-1653, T-1654, T-1655, T-1656, T-1657, T-1658, T-1659, T-1660, T-1661, T-1662, T-1663, T-1664, T-1665, T-1666, T-1667, T-1668, T-1669, T-1670, T-1671, T-1672, T-1673, T-1674, T-1675, T-1676, T-1677, T-1678, T-1679, T-1680, T-1681, T-1682, T-1683, T-1684, T-1685, T-1686, T-1687, T-1688, T-1689, T-1690, T-1691, T-1692, T-1693, T-1694, T-1695, T-1696, T-1697, T-1698, T-1699, T-1700, T-1701, T-1702, T-1703, T-1704, T-1705, T-1706, T-1707, T-1708, T-1709, T-1710, T-1711, T-1712, T-1713, T-1714, T-1715, T-1716, T-1717, T-1718, T-1719, T-1720, T-1721, T-1722, T-1723, T-1724, T-1725, T-1726, T-1727, T-1728, T-1729, T-1730, T-1731, T-1732, T-1733, T-1734, T-1735, T-1736, T-1737, T-1738, T-1739, T-1740, T-1741, T-1742, T-1743, T-1744, T-1745, T-1746, T-1747, T-1748, T-1749, T-1750, T-1751, T-1752, T-1753, T-1754, T-1755, T-1756, T-1757, T-1758, T-1759, T-1760, T-1761, T-1762, T-1763, T-1764, T-1765, T-1766, T-1767, T-1768, T-1769, T-1770, T-1771, T-1772, T-1773, T-1774, T-1775, T-1776, T-1777, T-1778, T-1779, T-1780, T-1781, T-1782, T-1783, T-1784, T-1785, T-1786, T-1787, T-1788, T-1789, T-1790, T-1791, T-1792, T-1793, T-1794, T-1795, T-1796, T-1797, T-1798, T-1799, T-1800, T-1801, T-1802, T-1803, T-1804, T-1805, T-1806, T-1807, T-1808, T-1809, T-1810, T-1811, T-1812, T-1813, T-1814, T-1815, T-1816, T-1817, T-1818, T-1819, T-1820, T-1821, T-1822, T-1823, T-1824, T-1825, T-1826, T-1827, T-1828, T-1829, T-1830, T-1831, T-1832, T-1833, T-1834, T-1835, T-1836, T-1837, T-1838, T-1839, T-1840, T-1841, T-1842, T-1843, T-1844, T-1845, T-1846, T-1847, T-1848, T-1849, T-1850, T-1851, T-1852, T-1853, T-1854, T-1855, T-1856, T-1857, T-1858, T-1859, T-1860, T-1861, T-1862, T-1863, T-1864, T-1865, T-1866, T-1867, T-1868, T-1869, T-1870, T-1871, T-1872, T-1873, T-1874, T-1875, T-1876, T-1877, T-1878, T-1879, T-1880, T-1881, T-1882, T-1883, T-1884, T-1885, T-1886, T-1887, T-1888, T-1889, T-1890, T-1891, T-1892, T-1893, T-1894, T-1895, T-1896, T-1897, T-1898, T-1899, T-1900, T-1901, T-1902, T-1903, T-1904, T-1905, T-1906, T-1907, T-1908, T-1909, T-1910, T-1911, T-1912, T-1913, T-1914, T-1915, T-1916, T-1917, T-1918, T-1919, T-1920, T-1921, T-1922, T-1923, T-1924, T-1925, T-1926, T-1927, T-1928, T-1929, T-1930, T-1931, T-1932, T-1933, T-1934, T-1935, T-1936, T-1937, T-1938, T-1939, T-1940, T-1941, T-1942, T-1943, T-1944, T-1945, T-1946, T-1947, T-1948, T-1949, T-1950, T-1951, T-1952, T-1953, T-1954, T-1955, T-1956, T-1957, T-1958, T-1959, T-1960, T-1961, T-1962, T-1963, T-1964, T-1965, T-1966, T-1967, T-1968, T-1969, T-1970, T-1971, T-1972, T-1973, T-1974, T-1975, T-1976, T-1977, T-1978, T-1979, T-1980, T-1981, T-1982, T-1983, T-1984, T-1985, T-1986, T-1987, T-1988, T-1989, T-1990, T-1991, T-1992, T-1993, T-1994, T-1995, T-1996, T-1997, T-1998, T-1999, T-2000, T-2001, T-2002, T-2003, T-2004, T-2005, T-2006, T-2007, T-2008, T-2009, T-2010, T-2011, T-2012, T-2013, T-2014, T-2015, T-2016, T-2017, T-2018, T-2019, T-2020, T-2021, T-2022, T-2023, T-2024, T-2025, T-2026, T-2027, T-2028, T-2029, T-2030, T-2031, T-2032, T-2033, T-2034, T-2035, T-2036, T-2037, T-2038, T-2039, T-2040, T-2041, T-2042, T-2043, T-2044, T-2045, T-2046, T-2047, T-2048, T-2049, T-2050, T-2051, T-2052, T-2053, T-2054, T-2055, T-2056, T-2057, T-2058, T-2059, T-2060, T-2061, T-2062, T-2063, T-2064, T-2065, T-2066, T-2067, T-2068, T-2069, T-2070, T-2071, T-2072, T-2073, T-2074, T-2075, T-2076, T-2077, T-2078, T-2079, T-2080, T-2081, T-2082, T-2083, T-2084, T-2085, T-2086, T-2087, T-2088, T-2089, T-2090, T-2091, T-2092, T-2093, T-2094, T-2095, T-2096, T-2097, T-2098, T-2099, T-2100, T-2101, T-2102, T-2103, T-2104, T-2105, T-2106, T-2107, T-2108, T-2109, T-2110, T-2111, T-2112, T-2113, T-2114, T-2115, T-2116, T-2117, T-2118, T-2119, T-2120, T-2121, T-2122, T-2123, T-2124, T-2125, T-2126, T-2127, T-2128, T-2129, T-2130, T-2131, T-2132, T-2133, T-2134, T-2135, T-2136, T-2137, T-2138, T-2139, T-2140, T-2141, T-2142, T-2143, T-2144, T-2145, T-2146, T-2147, T-2148, T-2149, T-2150, T-2151, T-2152, T-2153, T-2154, T-2155, T-2156, T-2157, T-2158, T-2159, T-2160, T-2161, T-2162, T-2163, T-2164, T-2165, T-2166, T-2167, T-2168, T-2169, T-2170, T-2171, T-2172, T-2173, T-2174, T-2175, T-2176, T-2177, T-2178, T-2179, T-2180, T-2181, T-2182, T-2183, T-2184, T-2185, T-2186, T-2187, T-2188, T-2189, T-2190, T-2191, T-2192, T-2193, T-2194, T-2195, T-2196, T-2197, T-2198, T-2199, T-2200, T-2201, T-2202, T-2203, T-2204, T-2205, T-2206, T-2207, T-2208, T-2209, T-2210, T-2211, T-2212, T-2213, T-2214, T-2215, T-2216, T-2217, T-2218, T-2219, T-2220, T-2221, T-2222, T-2223, T-2224, T-2225, T-2226, T-2227, T-2228, T-2229, T-2230, T-2231, T-2232, T-2233, T-2234, T-2235, T-2236, T-2237, T-2238, T-2239, T-2240, T-2241, T-2242, T-2243, T-2244, T-2245, T-2246, T-2247, T-2248, T-2249, T-2250, T-2251, T-2252, T-2253, T-2254, T-2255, T-2256, T-2257, T-2258, T-2259, T-2260, T-2261, T-2262, T-2263, T-2264, T-2265, T-2266, T-2267, T-2268, T-2269, T-2270, T-2271, T-2272, T-2273, T-2274, T-2275, T-2276, T-2277, T-2278, T-2279, T-2280, T-2281, T-2282, T-2283, T-2284, T-2285, T-2286, T-2287, T-2288, T-2289, T-2290, T-2291, T-2292, T-2293, T-2294, T-2295, T-2296, T-2297, T-2298, T-2299, T-2300, T-2301, T-2302, T-2303, T-2304, T-2305, T-2306, T-2307, T-2308, T-2309, T-2310, T-2311, T-2312, T-2313, T-2314, T-2315, T-2316, T-2317, T-2318, T-2319, T-2320, T-2321, T-2322, T-2323, T-2324, T-2325, T-2326, T-2327, T-2328, T-2329, T-2330, T-2331, T-2332, T-2333, T-2334, T-2335, T-2336, T-2337, T-2338, T-2339, T-2340, T-2341, T-2342, T-2343, T-2344, T-2345, T-2346, T-2347, T-2348, T-2349, T-2350, T-2351, T-2352, T-2353, T-2354, T-2355, T-2356, T-2357, T-2358, T-2359, T-2360, T-2361, T-2362, T-2363, T-2364, T-2365, T-2366, T-2367, T-2368, T-2369, T-2370, T-2371, T-2372, T-2373, T-2374, T-2375, T-2376, T-2377, T-2378, T-2379, T-2380, T-2381, T-2382, T-2383, T-2384, T-2385, T-2386, T-2387, T-2388, T-2389, T-2390, T-2391, T-2392, T-2393, T-2394, T-2395, T-2396, T-2397, T-2398, T-2399, T-2400, T-2401, T-2402, T-2403, T-2404, T-2405, T-2406, T-2407, T-2408, T-2409, T-2410, T-2411, T-2412, T-2413, T-2414, T-2415, T-2416, T-2417, T-2418, T-2419, T-2420, T-2421, T-2422, T-2423, T-2424, T-2425, T-2426, T-2427, T-2428, T-2429, T-2430, T-2431, T-2432, T-2433, T-2434, T-2435, T-2436, T-2437, T-2438, T-2439, T-2440, T-2441, T-2442, T-2443, T-2444, T-2445, T-2446, T-2447, T-2448, T-2449, T-2450, T-2451, T-2452, T-2453, T-2454, T-2455, T-2456, T-2457, T-2458, T-2459, T-2460, T-2461, T-2462, T-2463, T-2464, T-2465, T-2466, T-2467, T-2468, T-2469, T-2470, T-2471, T-2472, T-2473, T-2474, T-2475, T-2476, T-2477, T-2478, T-2479, T-2480, T-2481, T-2482, T-2483, T-2484, T-2485, T-2486, T-2487, T-2488, T-2489, T-2490, T-2491, T-2492, T-2493, T-2494, T-2495, T-2496, T-2497, T-2498, T-2499, T-2500, T-2501, T-2502, T-2503, T-2504, T-2505, T-2506, T-2507, T-2508, T-2509, T-2510, T-2511, T-2512, T-2513, T-2514, T-2515, T-2516, T-2517, T-2518, T-2519, T-2520, T-2521, T-2522, T-2523, T-2524, T-2525, T-2526, T-2527, T-2528, T-2529, T-2530, T-2531, T-2532, T-2533, T-2534, T-2535, T-2536, T-2537, T-2538, T-2539, T-2540, T-2541, T-2542, T-2543, T-2544, T-2545, T-2546, T-2547, T-2548, T-2549, T-2550, T-

**ANEXO N° 2**  
**FICHA TÉCNICA STRAIN GAGES**

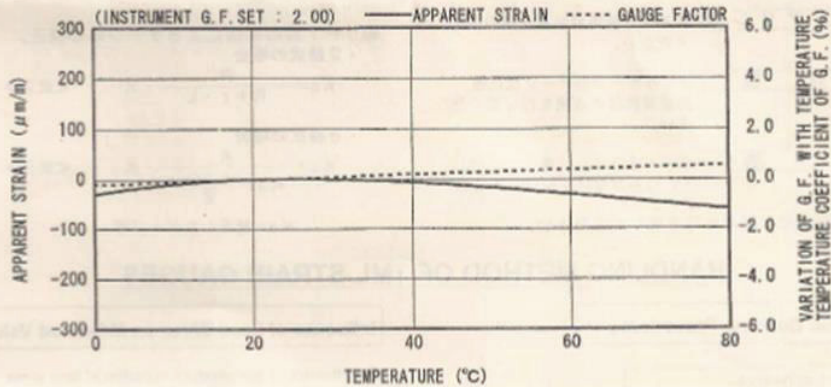
# TML STRAIN GAUGE TEST DATA

GAUGE TYPE	: PFL-10-11	TESTED ON	: SS 400
LOT NO.	: A515311	COEFFICIENT OF THERMAL EXPANSION	: 11.8 $\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
GAUGE FACTOR	: 2.12 $\pm 1\%$	TEMPERATURE COEFFICIENT OF G.F.	: $+0.1 \pm 0.05 \%/10^{\circ}\text{C}$
ADHESIVE	: P-2	DATA NO.	: D0047

THERMAL OUTPUT ( $\varepsilon_{\text{app}}$  : APPARENT STRAIN)

$$\varepsilon_{\text{app}} = -2.97 \times 10^{-1} + 2.73 \times 10^{-1} T - 7.23 \times 10^{-2} \times T^2 + 5.30 \times 10^{-4} \times T^3 - 1.40 \times 10^{-6} \times T^4 \quad (\mu\text{m/m})$$

TOLERANCE :  $\pm 0.85 [(\mu\text{m/m})/^{\circ}\text{C}]$ , T : TEMPERATURE




## ひずみゲージ取扱いの注意事項

- 上記の特性データは、リード線の取付けによる影響を含んでおりません。裏面記載のリード線の測定値への影響に従って補正してください。
- ゲージの使用温度は、接着剤の耐熱温度などにより変わります。
- 絶縁抵抗などの点検は、印加電圧を50V以下にしてください。
- ゲージリード線に無理な力を加えないでください。
- ゲージ裏面に接着剤を塗布して接着してください。
- ひずみゲージの裏面は脱脂洗浄してありますので、汚さないように取扱いしてください。
- ゲージの包装を開封後は、乾燥した場所で保管してください。
- ご使用に際してご不明な点などがございましたら、当社までお問い合わせください。

## CAUTIONS ON HANDLING STRAIN GAUGES

- The above characteristic data do not include influence due to lead wires. Correct the data in accordance with the influence of lead wires on measured values described overleaf.
- The service temperature of strain gauge depends on the operating temperature of adhesive, etc.
- Check of insulation resistance, etc. should be made at a voltage of less than 50V.
- Do not apply an excessive force to the gauge leads.
- Apply an adhesive to the back of a strain gauge and stick the gauge to a specimen.
- As the back of strain gauge has been degreased and washed, do not contaminate it.
- After unpacking, store strain gauges in a dry place.
- If you have any questions on strain gauges or installation, contact TML or your local agent.

Made in Japan

 株式会社 東京測器研究所

〒140-8560 東京都品川区南大井 6-8-2  
TEL 03-3763-5611  
FAX 03-3763-6128

Tokyo Sokki Kenkyujo Co., Ltd.

8-2, Minami-Ohi 6-Chome  
Shinagawa-ku, Tokyo 140-8560

**ANEXO N° 3**  
**FICHA TÉCNICA CONECTORES DE CORTE NELSON**  
**STUD**





## PERNOS DE TENSION CONTROLADA



Los pernos de tensión controlada y el innovador sistema de llave de corte, son el método de más bajo costo de instalación correcta, alta resistencia de fricción del mango / pernos precargados.

TCB como se les conoce comúnmente en todo el mundo, están reemplazando a los pernos de sujeción de fricción convencionales de alta resistencia y remaches de collar estampado, simplemente porque son rápidas y fáciles de instalar. La Tensión garantizada junto con la inspección visual elimina la probabilidad de error del operador y asegura a ingenieros que las conexiones estén apretadas según las especificaciones.

TCB de alta resistencia se utilizan en una amplia gama de aplicaciones de placas de empalme puente a las conexiones viga-columna.

La combinación de resistencia a la tracción superior, junto con resultado de ductilidad incrementado, en un perno universal, que puede ser empleada en casi todas las conexiones de estructuras de acero.

Pernos, arandela y tuerca en conjunto, están especificados dentro de los códigos emitidos por AISC, RCSC, los cuales a partir de estudios previos han demostrado ser la normativa adecuada para usarse como guía de diseño al momento de requerir juntas empernadas.

Los pernos de alta resistencia están especificados bajo las normas ASTM A325 y A490.

El perno A325 es fabricado bajo tratamiento térmico y con un acero temperado de medio carbono, el perno A490 es de un acero de baja aleación y templado, tiene propiedades mecánicas más altas que el A325.

Los pernos A325 poseen una resistencia mínima a la tensión de 120 ~~ksi~~ para diámetros de  $\frac{3}{8}$  - 1 ~~plg~~, y de 105 ~~ksi~~ para diámetros de 1  $\frac{1}{8}$  - 1  $\frac{1}{2}$  ~~plg~~ de diámetro. El perno A490 tiene una resistencia mínima a la tensión entre 150 a 170 ~~ksi~~ para diámetros de  $\frac{3}{8}$  a 1  $\frac{1}{2}$  ~~plg~~.

Las tuercas que se utiliza conjuntamente con los pernos de alta resistencia están bajo la normativa ASTM A563 grado C para los pernos A325, mientras que la tuerca ASTM A563 grado DH es la recomendada a usarse con los pernos A490.

Calle De las Avellanas E2-147 y De los Cipreses. Quito – Ecuador

Tel: 593 2 808-134 593 2 2801-157

MEXICO – SHANGHAI – MIAMI – PUERTO RICO – CHILE – COLOMBIA – PERU – ECUADOR





Las arandelas que se utilizan en conjunto con los pernos de alta resistencia están bajo la especificación ASTM F436, y su función fundamental es la de aportar una superficie endurecida no abrasiva bajo la cabeza del perno o la tuerca de trabajo pesado. Las arandelas tienen la finalidad de proteger la superficie exterior del material juntado a fin de evitar las consecuencias de desgaste de este material por el giro de la tuerca en la instalación del perno, además para ayudar a optimizar la fuerza de sujeción en la instalación del perno y para proporcionar superficies de dureza consistentes.

#### **Características principales**

##### **Descripción:**

El producto se suministra como conjunto, Formado por: Perno, Tuerca Hexagonal, Arandela Plana.

##### **Fabricación:**

Debe ser estampado en frío, sin discontinuidades ni rebabas.

**Material:** Acero Medio Carbono con tratamiento térmico. Dimensiones Geométricas: Según ASTM F-1 852

**Recubrimiento:** Fosfatizado y Aceitado.

##### **Marcas:**

Lleva siempre las marcas de identificación de SP y las marcas indicadas en la norma ASTM F1852. **Usos:**

Para uniones estructurales exigidas mecánicamente. Facilitando su montaje y evitando su reutilización.

Calle De las Avellanas E2-147 y De los Cipreses. Quito – Ecuador

Tel: 593 2 808-134 593 2 2801-157

MEXICO – SHANGHAI – MIAMI - PUERTO RICO – CHILE – COLOMBIA – PERU - ECUADOR



## ...more SMARTHEX ADVANTAGES



**TOTAL TRACEABILITY...** Only Lohr has a traceable "Lot ID" stamped on the head of every bolt. (See Traceability page for details.)

**ASTM SPECIFICATIONS...** Lohr SMARTHEX meet or exceed all ASTM A325 (F1852) & A490 and AISC Specifications.

**HIGH INSTALLED TENSION...** Lohr SMARTHEX are designed to shear well above minimum AISC tension requirements, compensating for real-world variations in delivered steel (warpage, misalignment, burrs, etc.).

**NUT LUBRICATION...** All Lohr Nuts are coated with a state-of-the-art lubricant.

**STOCK SIZES PRODUCED...**

Dia.	Grade	In Stock To	Dia.	Grade	In Stock To	NOTES
5/8	A325 (F1852)	4'	5/8	A490	Special Order	
3/4	A325 (F1852)	5'	3/4	A490	5'	
7/8	A325 (F1852)	5'	7/8	A490	5'	
1"	A325 (F1852)	5'	1"	A490	5'	
1-1/8	A325 (F1852)	10-1/2'	1-1/8	A490	10-1/2'	
1-1/4	A325 (F1852)	(see *)	1-1/4	A490	(see *)	

\* 1-1/4 SMARTHEX can be mfg. as soon as installation tools are available

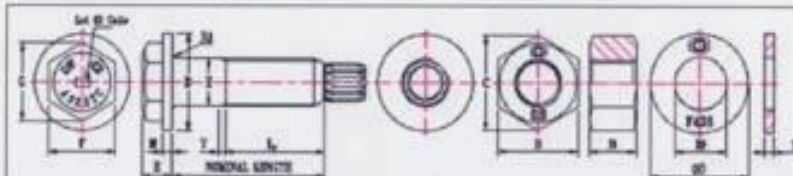
**PRE-ASSEMBLED SETS**

You'll appreciate the efficiency of our pre-assembled sets:

- Pre-tested, matched sets
- Eliminate costs of in-field bolt makeup and component loss
- Reduce thread damage during shipment

## SMARTHEX DATA

Lohr SMARTHEX fasteners meet or exceed all ASTM and AISC requirements. Sizes available are 5/8, 3/4, 7/8, 1" & 1-1/8" diameters with 1-1/4" coming soon. Available in ASTM A325 (F1852) and ASTM A490.



NOMINAL SIZE (INCHES)	E		D		H		R1		LT	Y
	BODY DIAMETER		SPACED END (BUSHING) DIAMETER		HEIGHT		RADIUS OF FLLET		THREAD LENGTH	THREAD TUCK
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MIN	MAX
5/8	942	905	1,368	1,313	453	376	362	321	1,250	220
3/4	708	729	1,524	1,489	483	458	362	321	1,575	250
7/8	856	852	1,829	1,750	503	521	362	321	1,800	280
1"	1,022	976	2,080	2,000	627	591	362	321	1,75	313
1-1/8	1,348	1,288	2,276	2,216	711	661	362	321	2,000	338

NOMINAL SIZE (INCHES)	2H NUTS						WASHERS					
	F		G		H		O.D.		I.D.		T	
	WIDTH ACROSS FLATS		WIDTH ACROSS CORNERS		HEIGHT		OUTSIDE DIAMETER		DIAMETER OF HOLE		THICKNESS	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MIN	
5/8	1,052	1,031	1,327	1,175	831	587	5-5/16	1-1/8	177	122		
3/4	1,250	1,212	1,443	1,362	766	710	1-15/32	1-3/16	177	122		
7/8	1,476	1,394	1,660	1,580	885	833	1-3/4	19/16	177	136		
1"	1,625	1,575	1,876	1,796	1,012	956	2"	1-3/8	177	136		
1-1/8	1,812	1,756	2,061	2,002	1,136	1,076	2-1/8	1-3/4	177	136		

Calle De las Avellanas E2-147 y De los Cipreses, Quito – Ecuador

Tel.: 593 2 808-134 593 2 2801-157

MEXICO – SHANGHAI – MIAMI – PUERTO RICO – CHILE – COLOMBIA – PERU – ECUADOR



### PERNOS NELSON STUD



En los elementos constructivos, los pernos conectores transmiten fuerzas cortantes horizontales a la losa de concreto, propiciando que actúen como una sola unidad (SECCION COMPUESTA). La alta resistencia a la tensión, incrementa la capacidad de carga viva así como el necesitar de hasta un 20% menos de acero.

Además, si se usan en losas aligeradas, se reduce sensiblemente la altura del edificio. Los procesos modernos de construcción, requieren con frecuencia del uso de cimbra metálica muerta, soportada en vigas metálicas. Los pernos auto soldables pueden ser colocados sobre la cimbra metálica para sujetar ésta a la estructura.

#### NELSON STUS DE SOLDADURA

ESPECIFICACIONES: S3L ~~Shear~~ Conectores (SC)

Conectores de corte Nelson cumplen con los requisitos de los siguientes códigos:

AWS D1.1 STRUCTURAL WELDING CODE – STEEL

AWS D1.6 STRUCTURAL WELDING CODE – STAINLESS STEEL

AWS D1.5 BRIDGE WELDING CODE / AASHTO STANDARD SPECIFICATION FOR HIGHWAY BRIDGES

ISO-13918 WELDING – STUDS FOR ARC STUD WELDING CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION  
W59 – WELDED STEEL CONSTRUCTION INTERNATIONAL BUILDING CODE SECTION 19

AISC MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION – ALLOWABLE STRESS DESIGN

AISC MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION – LOAD & RESISTANCE FACTOR DESIGN

Calle De las Avellanas E2-147 y De los Cipreses. Quito – Ecuador

Teléfono: 593 2 808-134 593 2 2801-157

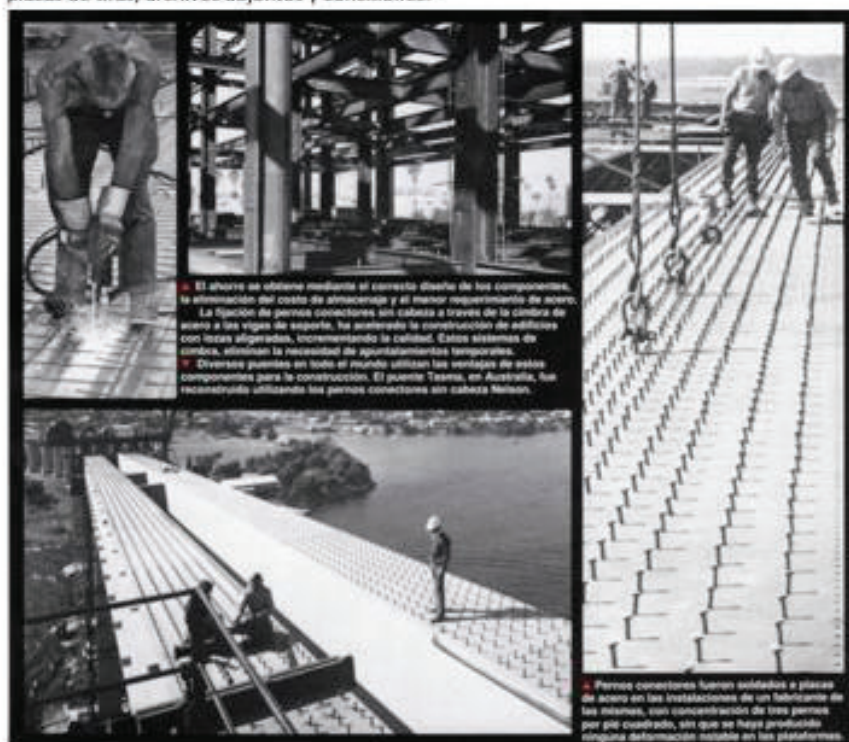
MEXICO – SHANGHAI – MIAMI – PUERTO RICO – CHILE – COLOMBIA – PERU – ECUADOR



#### VER TAMBIEN: ICBO EVALUATION REPORT ER-2614 NELSON SHEAR CONNECTORS

Conectores de corte se utilizan normalmente en la construcción de acero compuesto para la manteniendo unidas las losas de concreto a los elementos de acero, para resistir las fuerzas de corte y carga de aumento de cizalle de capacidad en los edificios de acero, puentes, columnas cajones, revestimientos de contención, etc.

También actúan como anclas de empotramiento en placas incrustadas diverso, marcos, ángulos, placas de tiras, archivos adjuntos y conexiones.



Los pernos NELSON STUD están conformados de uno de los siguientes materiales, como se especifica en las hojas de especificaciones individuales.

Todas las propiedades físicas y químicas son independientes del tamaño de perno o forma.

#### PERNOS NELSON STUD CONFORMADOS EN ACERO DULCE

NELSON STUD estándar de acero dulce, fabricados para cumplir con las especificaciones ASTM A-108 para 1010 a 1020 de aceros dulces. Las propiedades físicas y la composición química del Perno Nelson Stud en acero dulce se ajustan AWS D1.1.

Calle De las Avellanas E2-147 y De los Cipreses. Quito – Ecuador

Teléfono: 593 2 808-134 593 2 2801-157

MEXICO – SHANGHAI – MIAMI – PUERTO RICO – CHILE – COLOMBIA – PERU – ECUADOR





#### COMPOSICIÓN QUÍMICA ACERO DULCE

Element	Minimum wt%	Maximum wt%
C	0.08	0.23
Mn	0.30	0.90
P	--	0.04
S	--	0.05

#### PERNOS ESTÁNDAR NELSON STUD EN ACERO INOXIDABLE

Los pernos estándar Nelson Stud, fabricados en acero inoxidable se ajustan a las especificaciones ASTM A-276 o A-493. Estos pernos se pueden fabricar de otras aleaciones de acero inoxidable soldables. Las propiedades mecánicas de los pernos Nelson Stud de acero inoxidable dependen del tratamiento de elaboración en frío o calor aplicado a los Stud después de la formación. Los Stud de acero inoxidable pueden ser recocidos.

#### COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ACERO INOXIDABLE

Element	302HQ (30400) All other studs		316L (31600) Shear and Concrete Anchors	
	Minimum wt%	Maximum wt%	Minimum wt%	Maximum wt%
C	--	0.12	--	0.03
Cr	17.00	20.00	16.00	18.00
Ni	8.00	13.00	10.00	14.00
Mn	--	2.00	--	2.00
Cu	3.00	4.00	--	--

#### PROPIEDADES MECANICAS-ESTANDAR

Minimum Values	Mild Steel Shear and Concrete Anchors	Standard Mild Steel Studs	Mild Steel Deformed Bar Anchors	Stainless Steel Studs, as formed	Stainless Steel Studs, as formed, post-annealed
Yield, 0.2% offset (psi), $R_y$	21,000	45,000	30,000	50,000	80,000
Ultimate Tensile (psi), $R_u$	45,000	71,000	60,000	75,000	110,000
% Elongation, $A_2$ in 2" gage length	30	17	N/A	40	30
% Area Reduction	30	30	N/A	20	30

#### PROPIEDADES MECANICAS-METRICO

Minimum Values	Mild Steel Shear and Concrete Anchors	Standard Mild Steel Studs	Mild Steel Deformed Bar Anchors	Stainless Steel Studs, as formed	Stainless Steel Studs, as formed, post-annealed
Yield, 0.2% offset (MPa), $R_y$	350	340	490	340	270
Ultimate Tensile (MPa), $R_u$	450	400	550	510	400
% Elongation, $A_2$ in 2" diameter	30	14	N/A	40	40
% Area Reduction	30	30	N/A	20	30

Calle De las Avellanas E2-147 y De los Cipreses. Quito – Ecuador

Teléfono: 593 2 808-134 593 2 2801-157

MEXICO – SHANGHAI – MIAMI - PUERTO RICO – CHILE – COLOMBIA – PERU - ECUADOR

**ANEXO N° 4**  
**RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL**  
**HORMIGÓN**



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN**

INF. No. 15 - 0272  
 Hoja 1 de 1

Quito, 6 de Marzo de 2015

SOLICITA: SATEC S.A.  
 CONTRATISTA: \*\*\*\*\*  
 PROYECTO: ENSAYOS INEN  
 FISCALIZADOR: \*\*\*\*\*  
 ELEMENTO: INDICADOS  
 NORMA: ASTM C39/C39M - 14a

No.	FECHA FABRICACIÓN	DESCRIPCION	FECHA ROTURA	EDAD (días)	D (mm)	ÁREA TRANSV. (mm <sup>2</sup> )	P. ESPEC. (kg/m <sup>3</sup> )	CARGA		RESISTENCIA	
								(KN)	(ton)	(MPa)	(Kg/cm <sup>2</sup> )
1	04-feb-15	CILINDRO 1	06-mar-15	30	102	8171	2240	170,39	17,38	20,9	213
2	04-feb-15	CILINDRO 2	06-mar-15	30	102	8171	2220	178,66	18,22	21,9	223
3	04-feb-15	CILINDRO 3	06-mar-15	30	102	8171	2250	166,22	16,95	20,3	207
4	04-feb-15	CILINDRO 4	06-mar-15	30	102	8171	2250	188,17	19,19	23,0	235
5	04-feb-15	CILINDRO 5	06-mar-15	30	102	8171	2220	166,36	16,96	20,4	208
6	04-feb-15	CILINDRO 6	06-mar-15	30	102	8171	2210	168,94	17,23	20,7	211

**Observación:** La procedencia y fechas de fabricación han sido tomadas de las muestras y es responsabilidad del cliente.

  
 ING. MERCEDES VILLACÍS  
 JEFE DEL LABORATORIO



**ANEXO N° 5**  
**FICHA TÉCNICA LOSACERO**



RECUBRIMIENTOS

ACANALADOS IMSA

ACANALADOS DE  
FLUJACIÓN EXPUESTACUBIERTAS  
COMPUESTASENTREPISO  
METÁLICODISEÑO  
POR VIENTOSUGERENCIAS AL  
USUARIO

## Losacero Sección 4

Valles más amplios que las crestas lo que da mayor resistencia a las cargas al aumentar el brazo de palanca entre el acero (tensión) y el concreto (compresión). Mayor ancho efectivo del patín a compresión en el concreto en el apoyo, lo que incrementa la resistencia al momento negativo.

Mayor distancia entre apuntalamientos al incrementar el módulo de sección negativo de la lámina.

Mayor área de concreto envolviendo los conectores de cortante al trabajar como viga compuesta.

Embozado más ancho y profundo, lo que da una mayor superficie de contacto y trabazón entre lámina y concreto, efecto crítico en sistemas de construcción compuestos. Embozado en crestas, donde el cortante es mayor, además de estar en la zona en que no se produce agrietamiento, permitiendo cargas mayores y que no disminuyen con el tiempo.

Geometría que permite estibamiento de la lámina, disminuyendo los costos de flete y facilitando los traslapes.

Más ligera que cualquiera y con mayor ancho efectivo.

Tabla S4-1

Propiedades de la Sección (Sin concreto)					
Cal.	PESO (Kg/m <sup>2</sup> )	I+ (cm <sup>4</sup> /m)	I- (cm <sup>4</sup> /m)	S+ (cm <sup>3</sup> /m)	S- (cm <sup>3</sup> /m)
24	5.70	57.12	52.68	13.86	14.10
22 <sup>2.76</sup>	8.00	74.60	69.39	18.62	19.23
20 <sup>0.9</sup>	9.54	90.95	86.51	23.66	24.78
18	12.59	121.09	119.12	33.26	36.24

### Notas:

- Las propiedades de la sección como lámina sin concreto han sido calculadas de acuerdo a las especificaciones del AISI del 86 (American Iron and Steel Institute). Las propiedades de la Sección-Compuesta fueron calculadas bajo los lineamientos del Steel Deck Institute SDI del 91.
- El acero utilizado para la fabricación del perfil es Grado 37 (Fy=37 Ksi=2320 kg/cm<sup>2</sup>) y está acorde al ASTM A-653 para Zintro.
- Disponible en recubrimientos Zintro (G-90) y opcional Pintro cuya pintura es aplicada en la cara del acanalado no en contacto con el concreto.

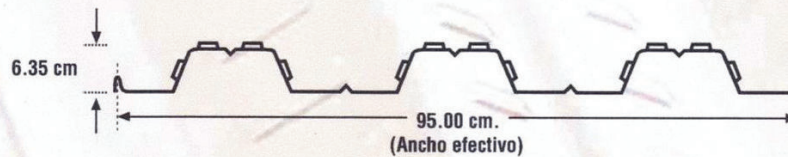


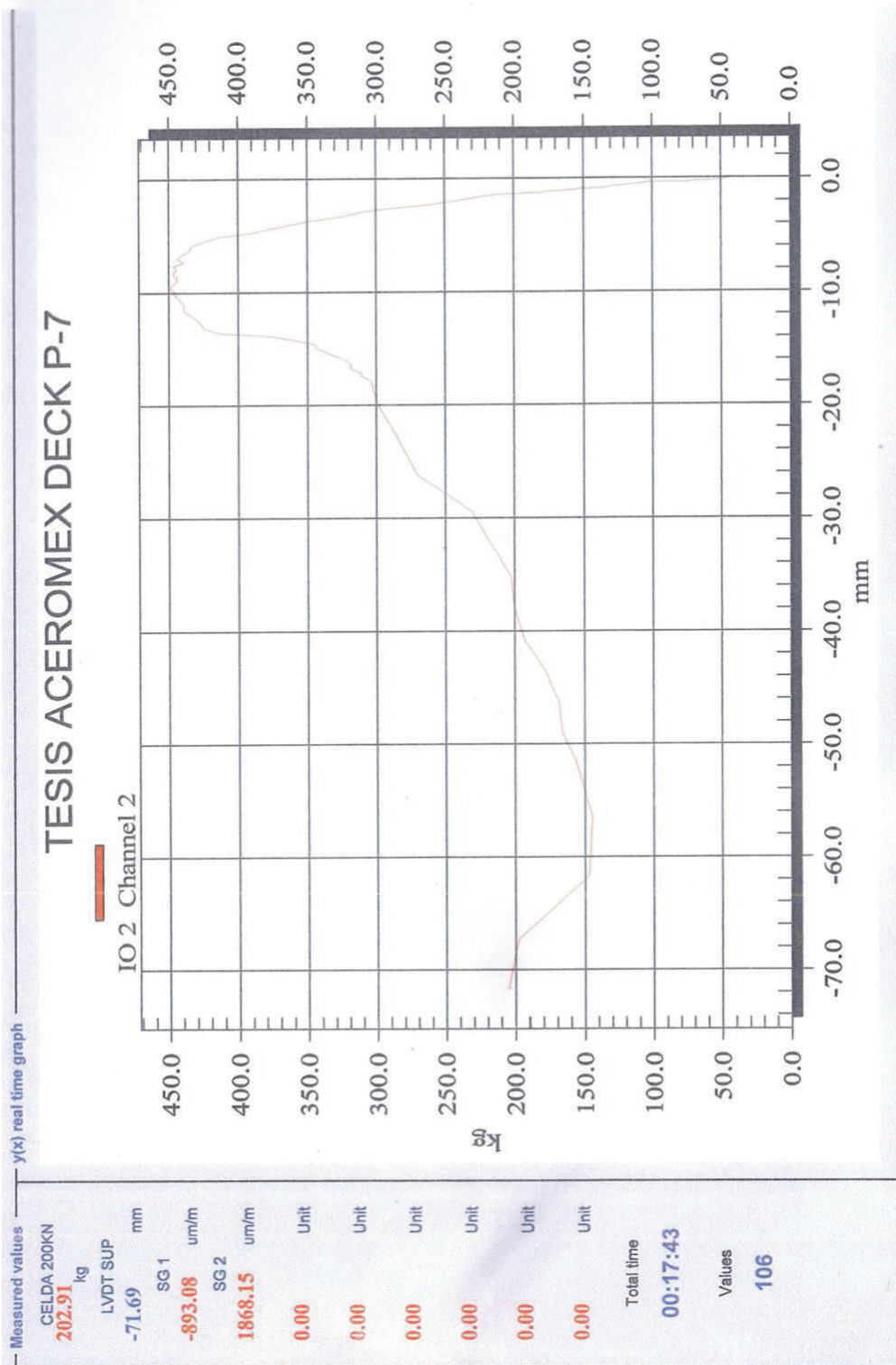
Tabla S4-3

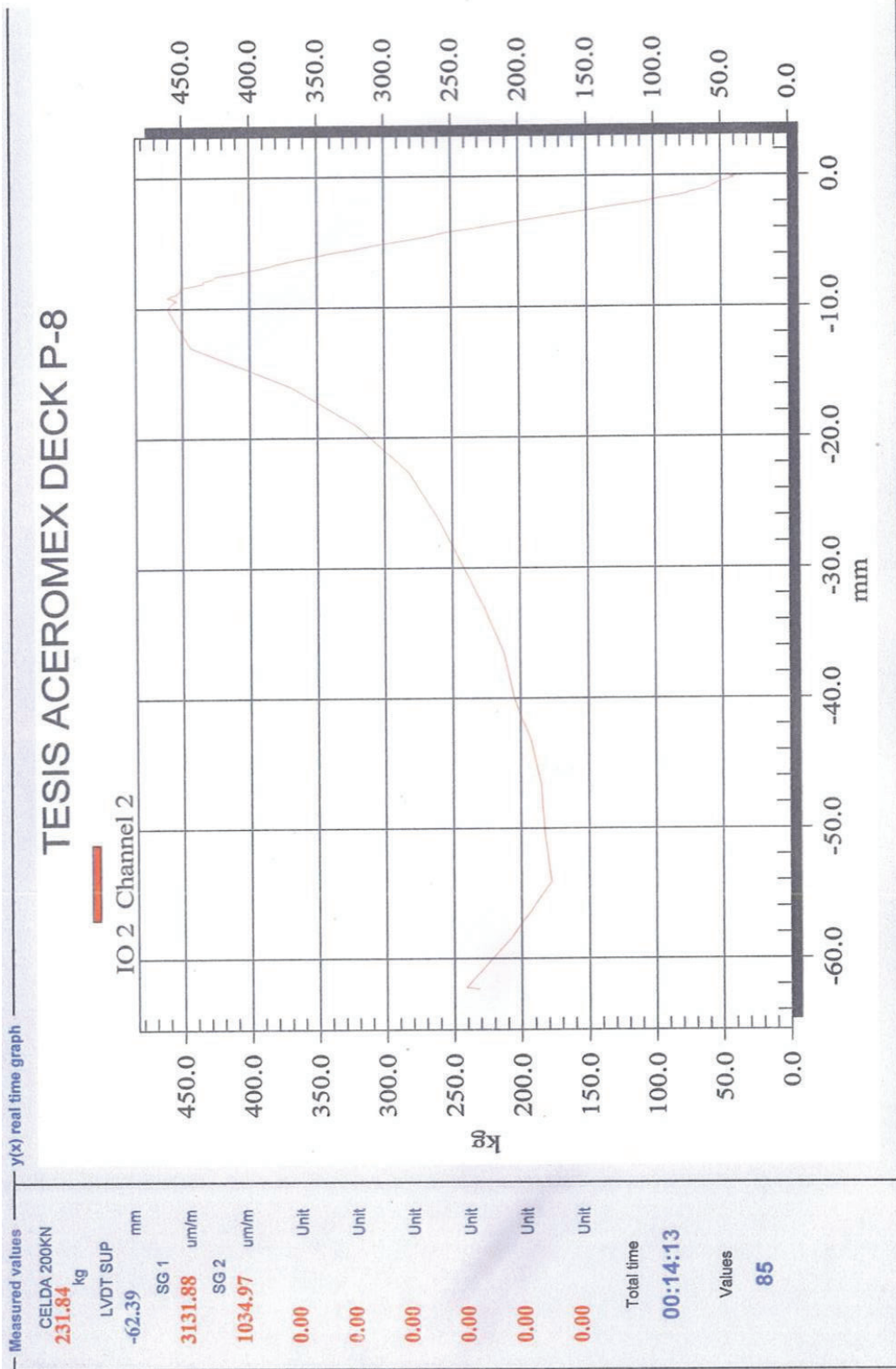
Inercia Promedio de Sección Compuesta "Iav" (cm <sup>4</sup> /m)					
esp. conc.	5	6	8	10	12
Cal 24	733.03	926.28	1411.04	2044.34	2846.97
Cal 22	789.67	995.18	1509.88	2180.47	3027.82
Cal 20	840.54	1057.06	1598.77	2303.14	3191.20
Cal 18	937.21	1175.55	1771.13	2543.33	3513.48

Tabla S4-4

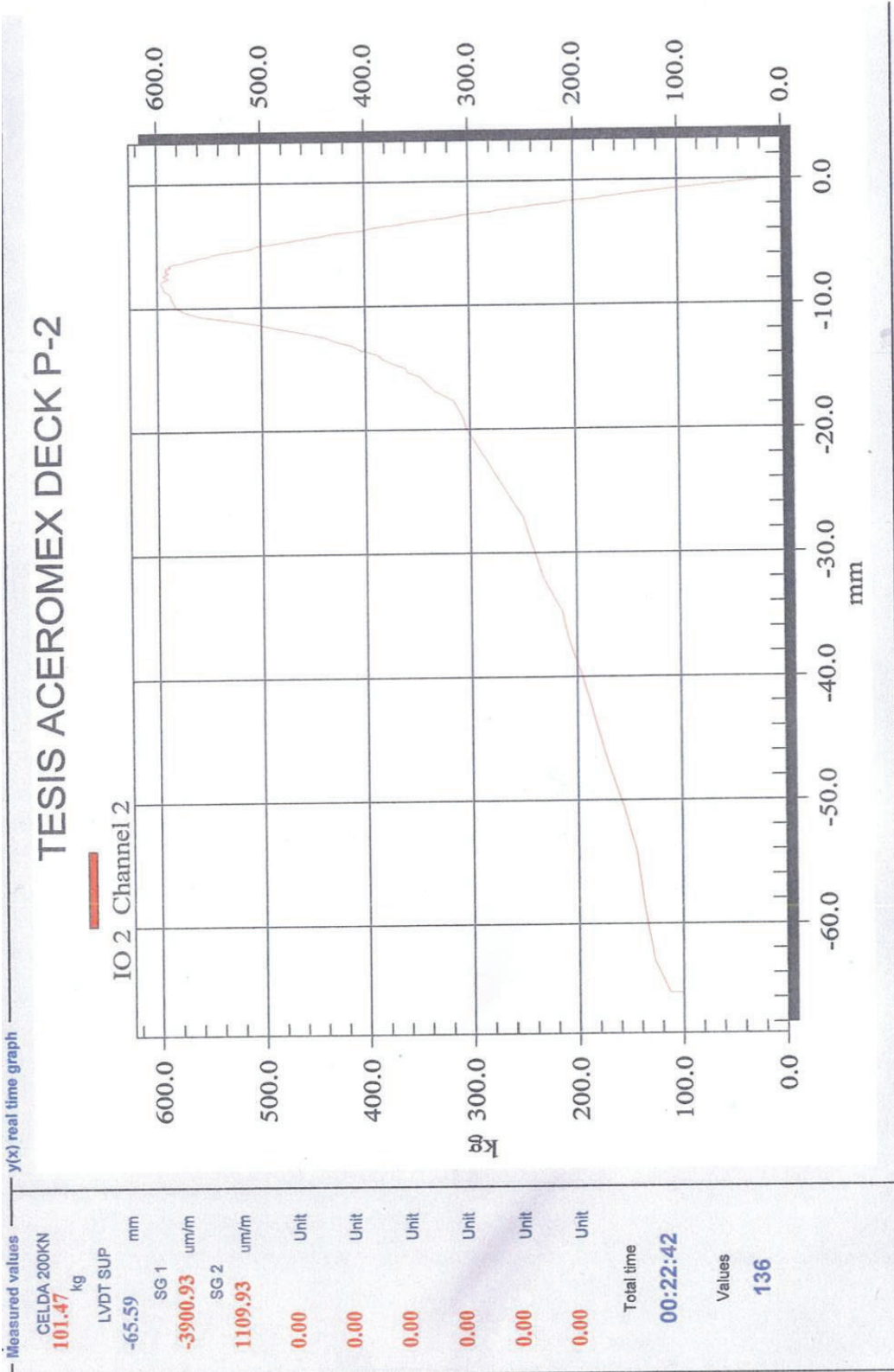
Módulo de Sección Inf. Sección Compuesta "Sc" (cm <sup>3</sup> /m)					
esp. conc.	5	6	8	10	12
Cal 24	44.91	50.74	62.98	75.75	88.87
Cal 22	55.56	62.71	77.78	93.55	109.81
Cal 20	65.43	73.81	91.51	110.10	129.30
Cal 18	85.31	96.28	119.57	144.13	169.56

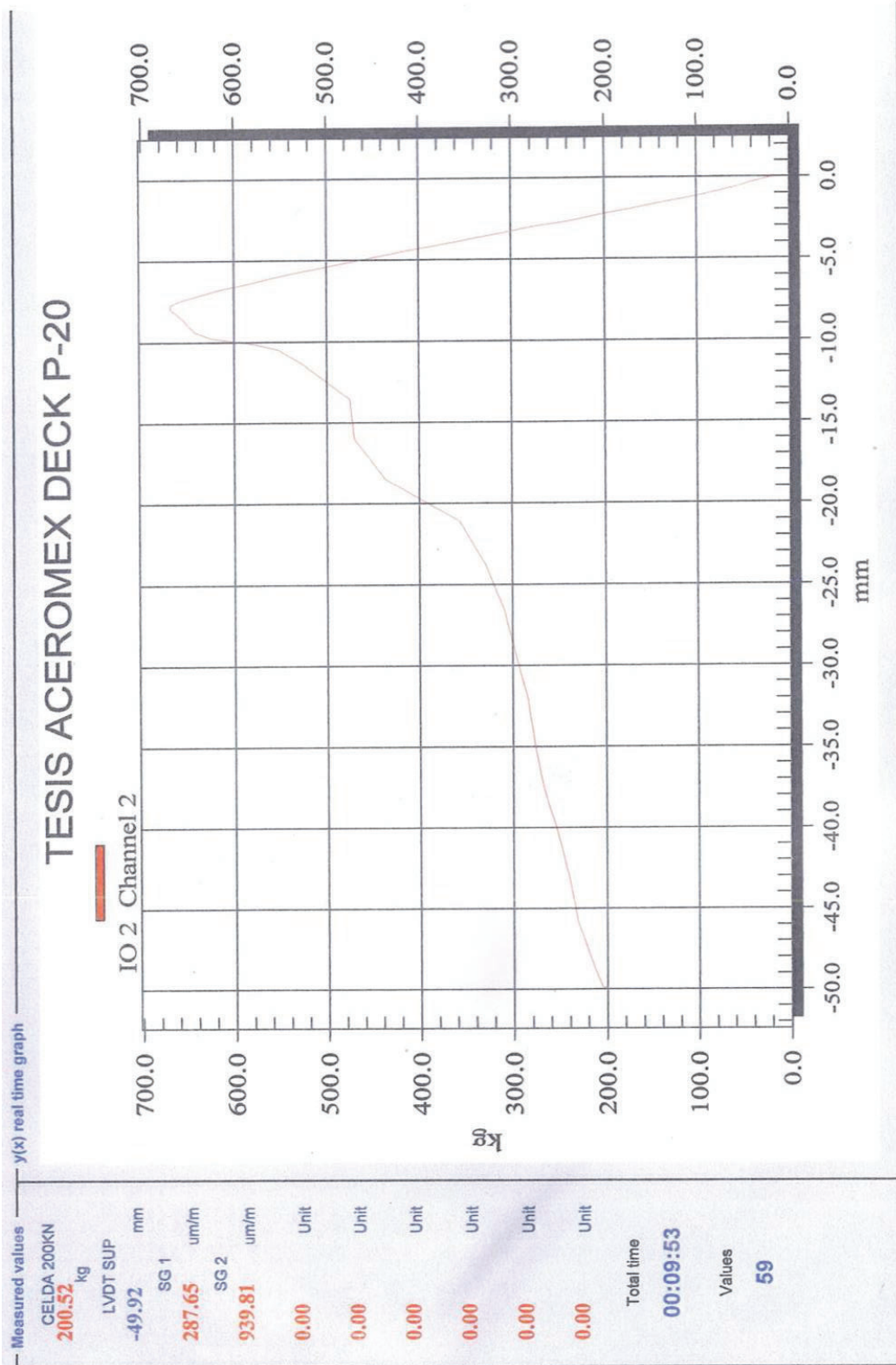
**ANEXO N° 6**  
**GRAFICAS DE CARGA CENTRO DE INVESTIGACIÓN**  
**DE LA VIVIENDA**

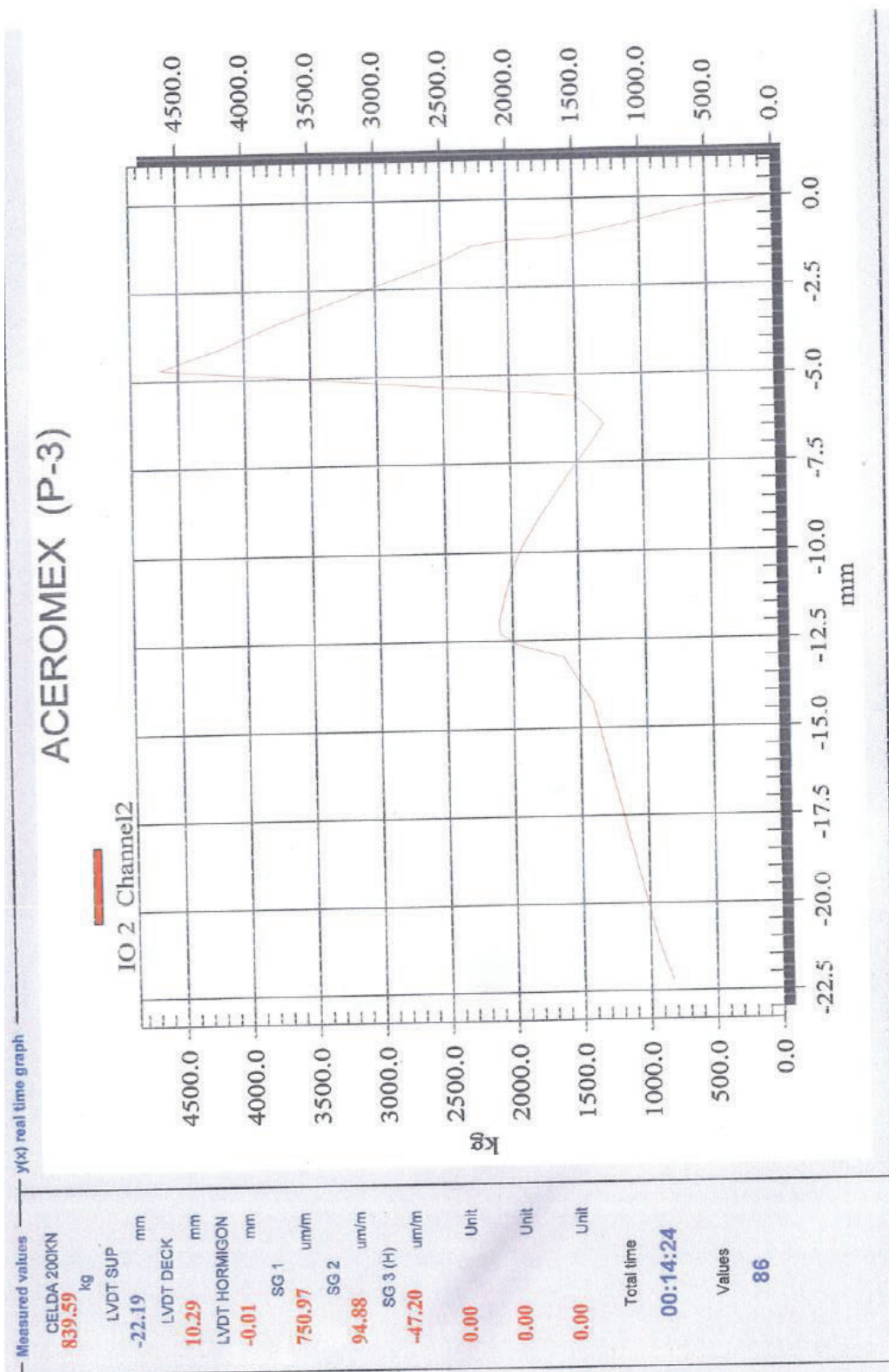




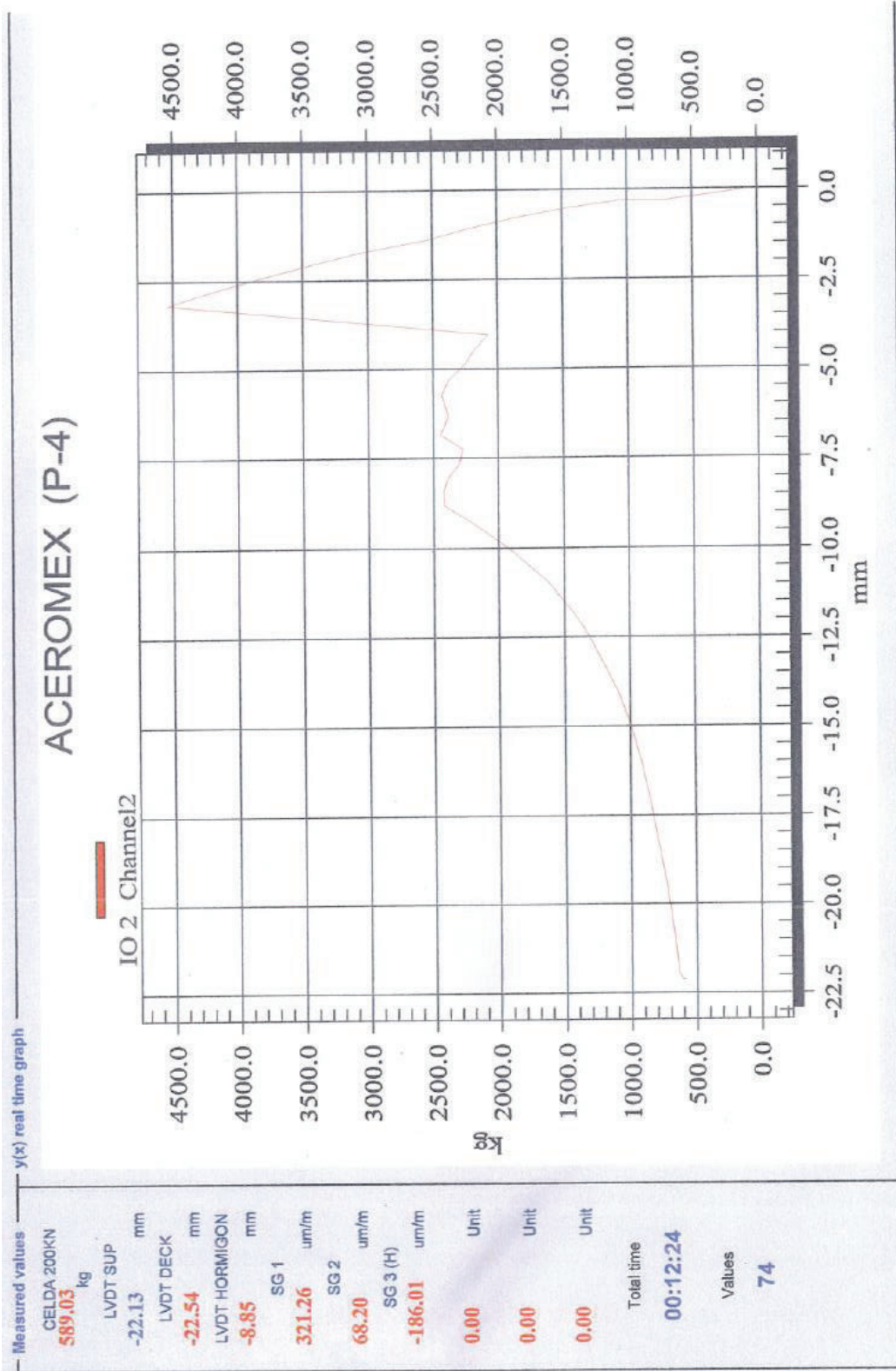




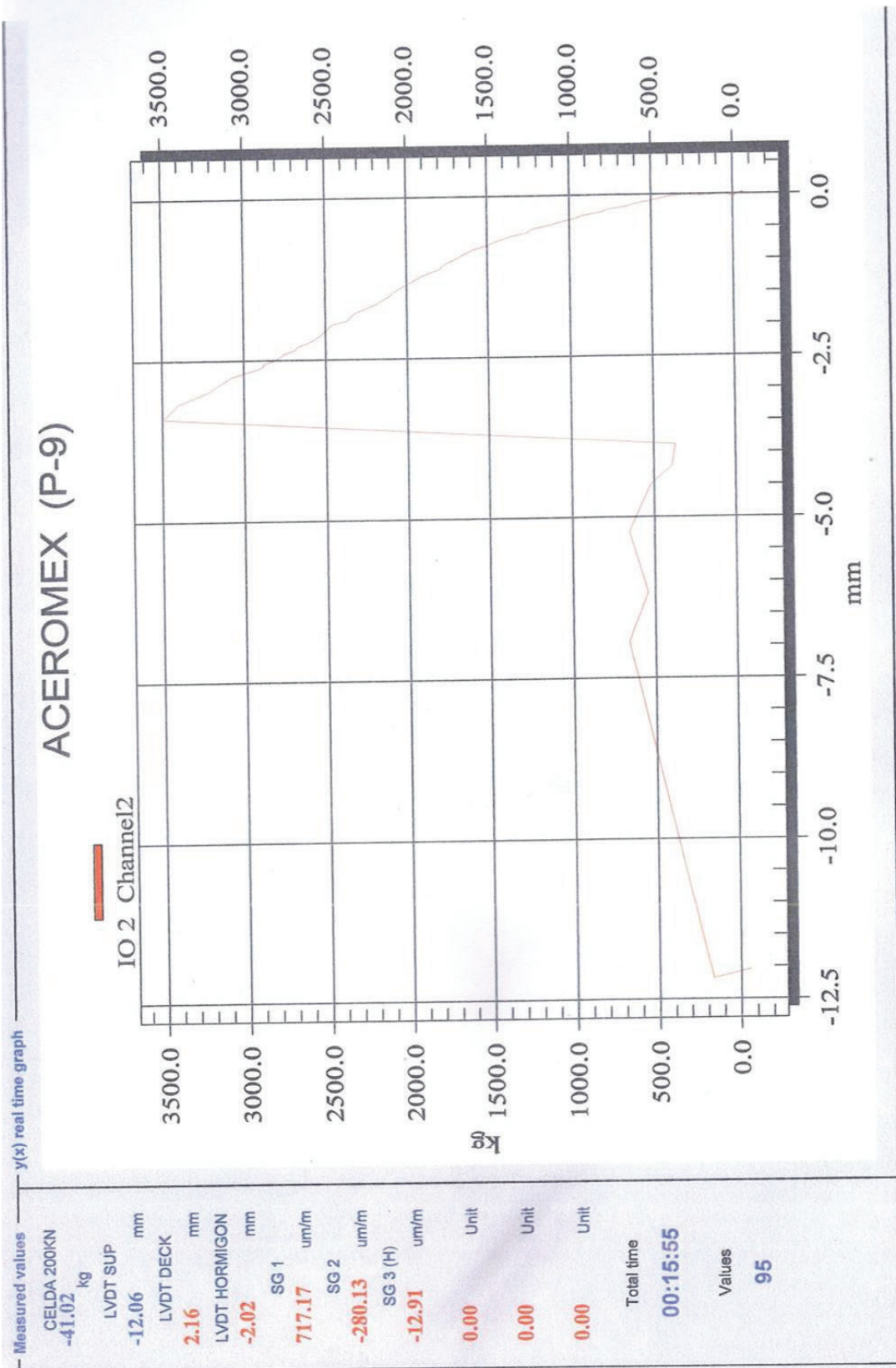




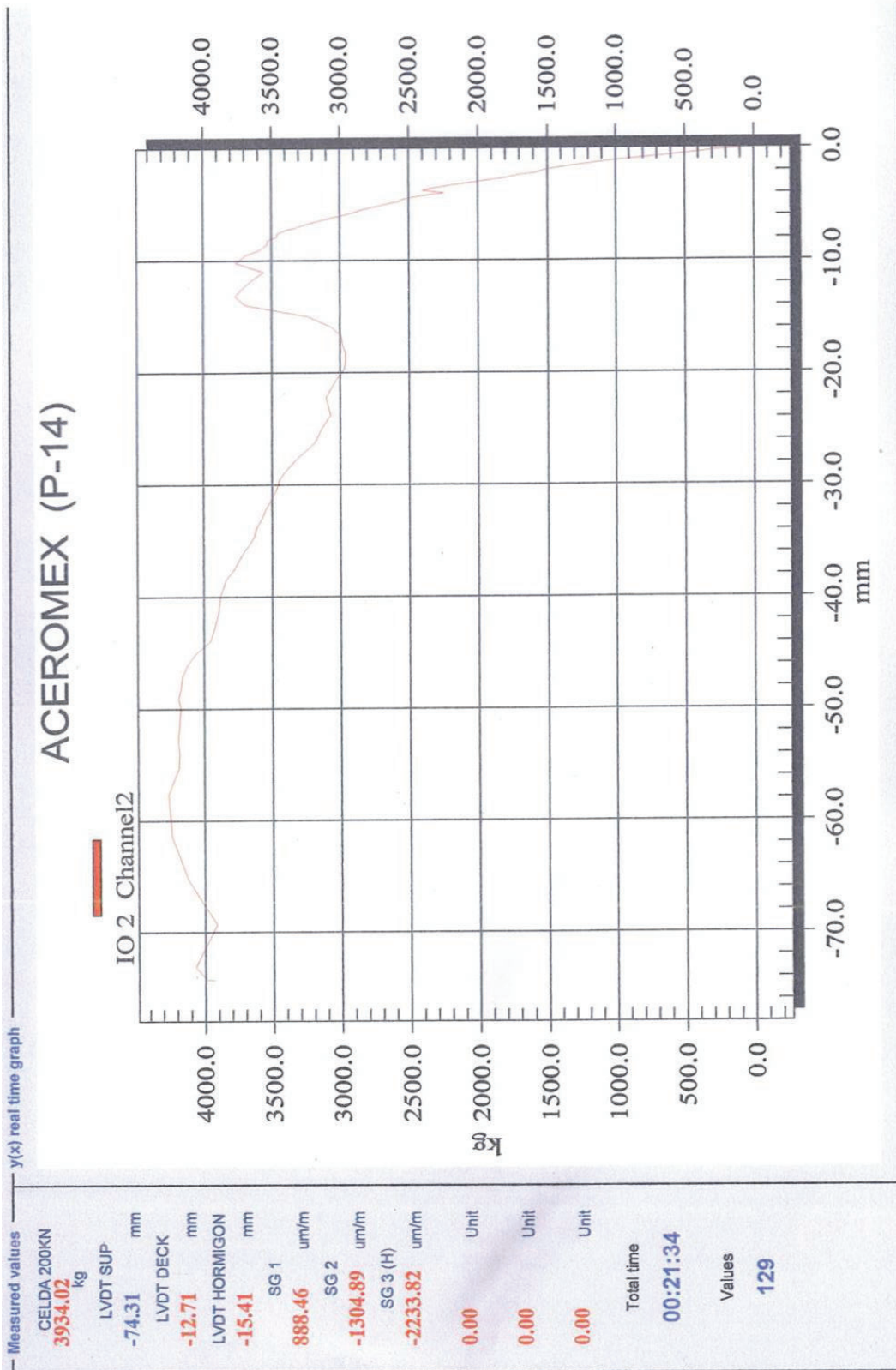






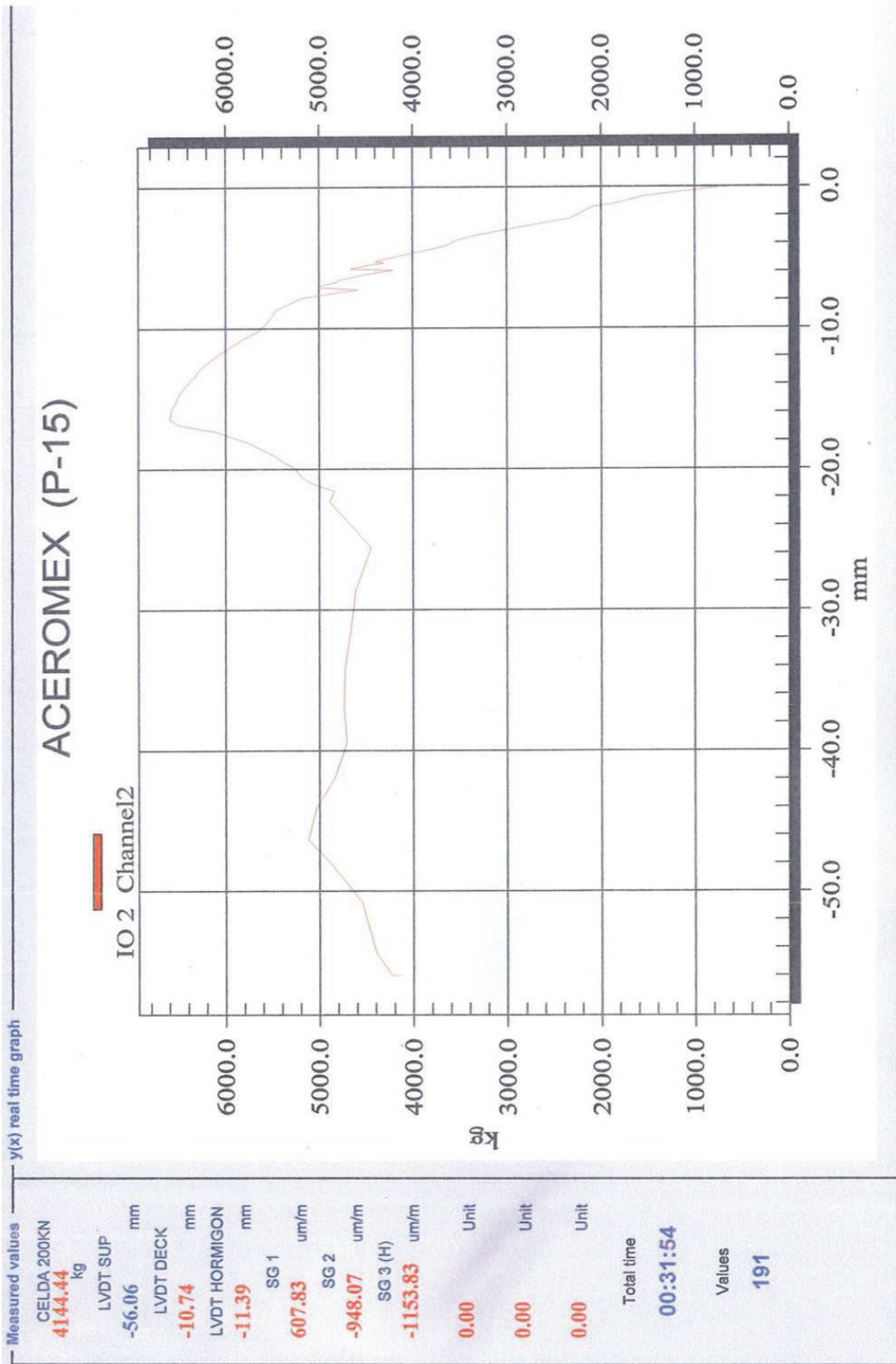


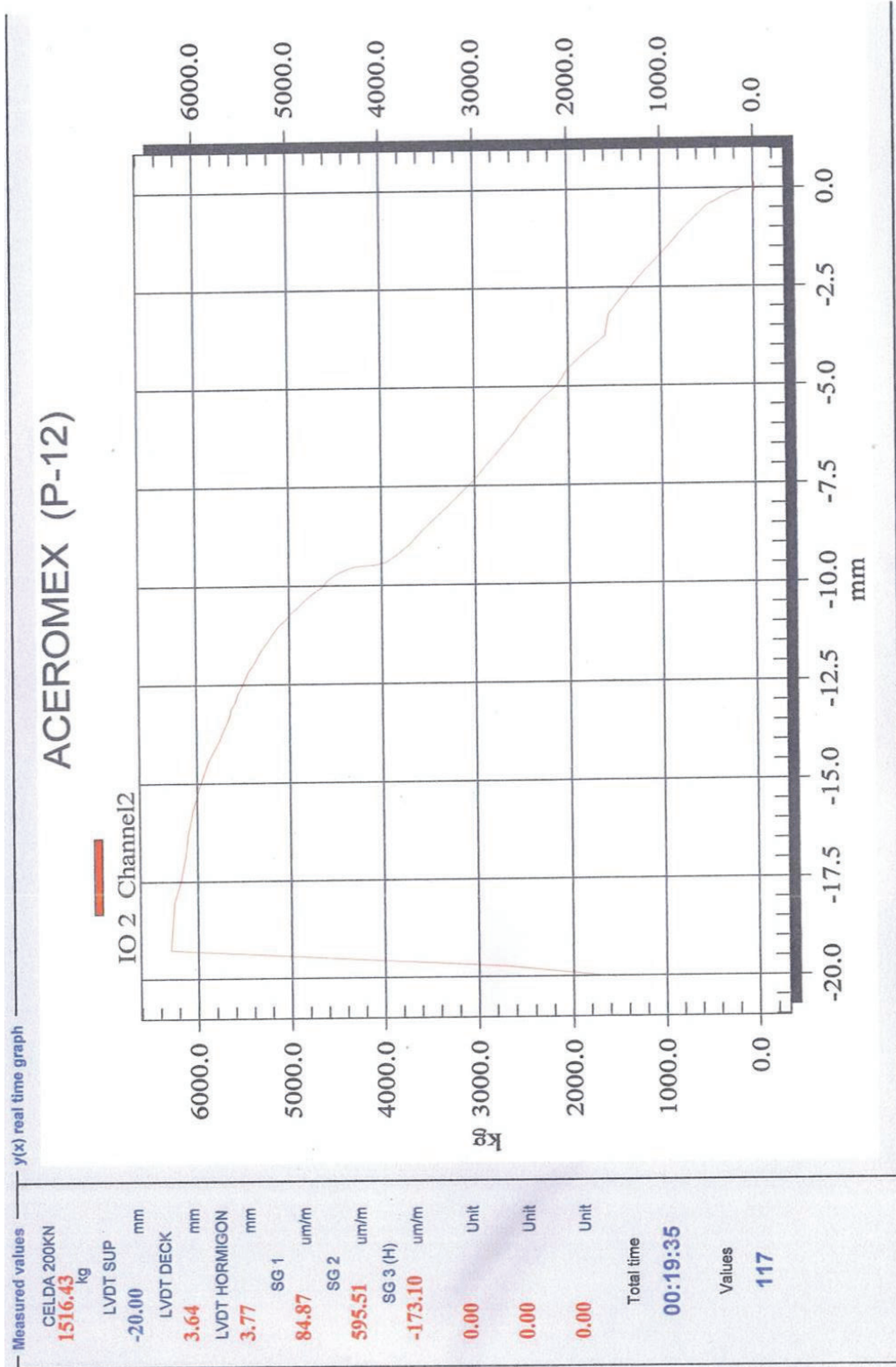


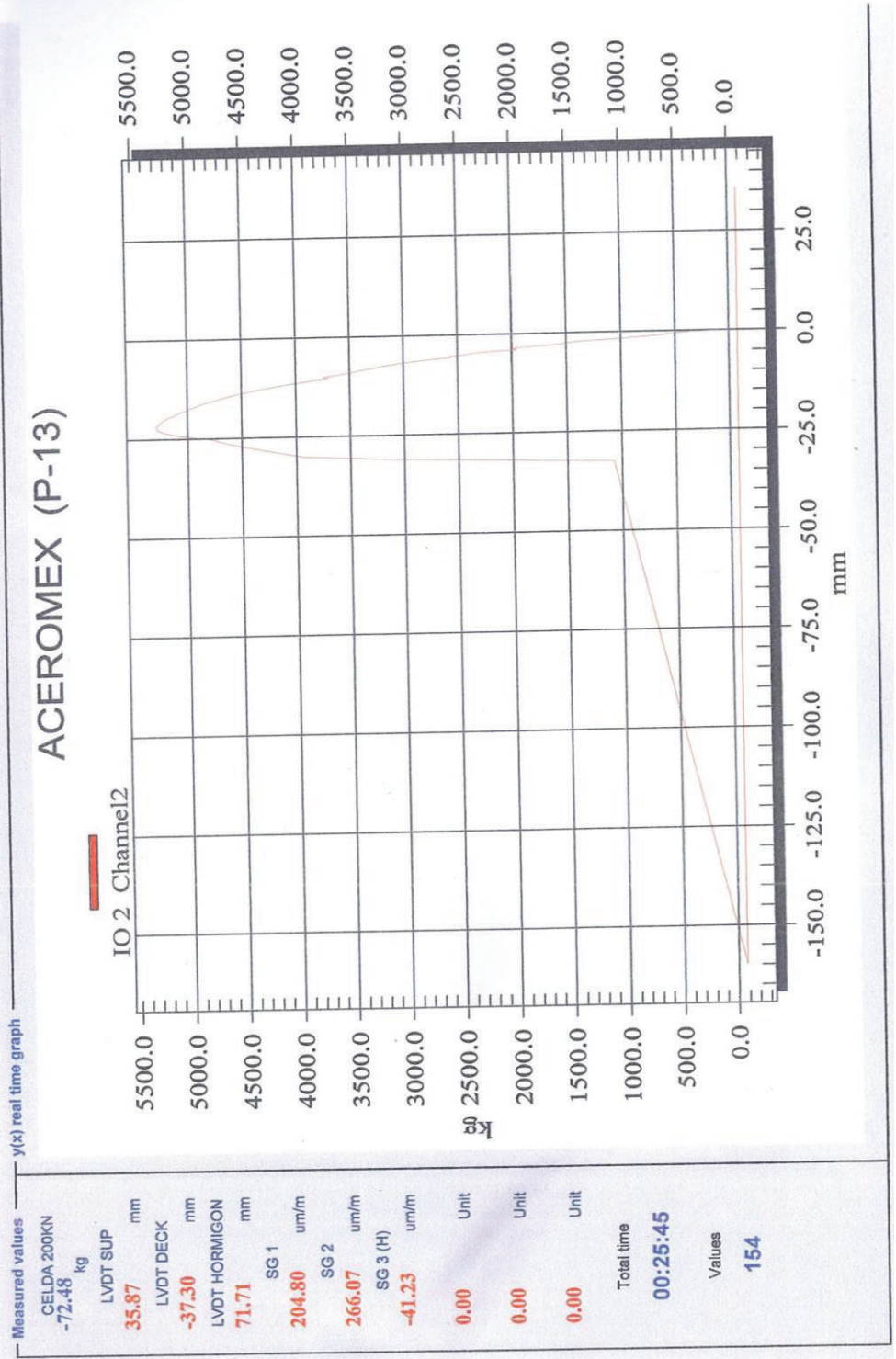




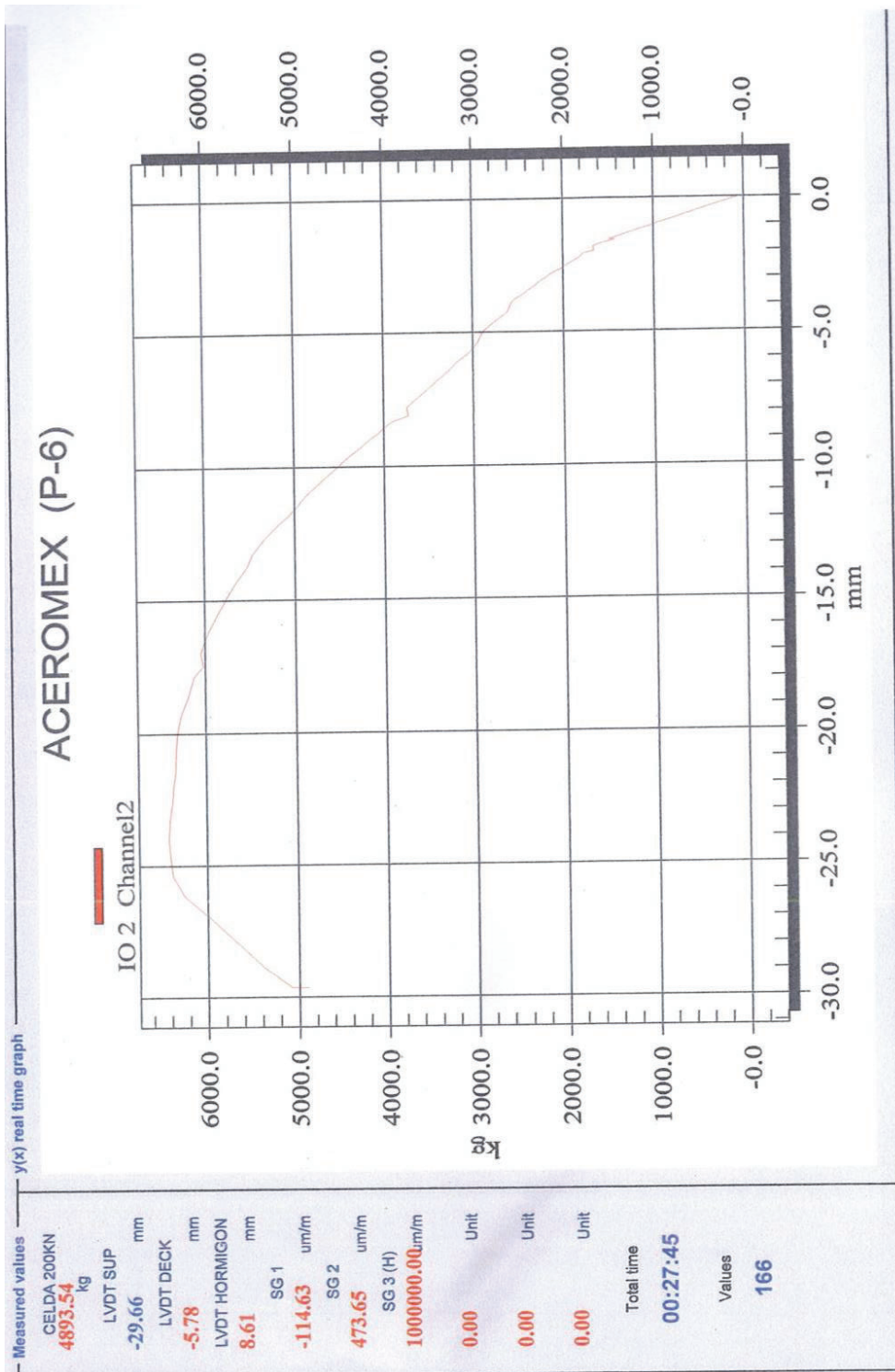














**ANEXO N° 7**  
**FORMATO SOLICITUD PARA LA OBTENCIÓN DEL**  
**“CERTIFICADO DE CONFORMIDAD INEN ESQUEMA 5”**



## DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y CERTIFICACIÓN

## SOLICITUD PARA LA OBTENCIÓN DEL "CERTIFICADO DE CONFORMIDAD INEN ESQUEMA 5" O "SELLO DE CALIDAD INEN"

Fecha de solicitud:
SOLICITUD DE CERTIFICACIÓN: ESQUEMA 5: <input type="checkbox"/> SELLO DE CALIDAD: <input type="checkbox"/>

La información proporcionada en este documento es tratada bajo estrictos criterios de confidencialidad.

## 1. IDENTIFICACIÓN DEL SOLICITANTE

Razón Social: ACERCMEX DEL ECUADOR

Dirección oficinas: De las Avelanas E2-147 y de los Cipreses

RUC No.: 1792331249001

Dirección de la Planta: De las Avelanas E2-147 y de los Cipreses

Teléfonos: 022808134 Pág. Web: www.satecsteel.com E-mail: randrango@satec.com

Nombre del Representante Legal: Patricio Naim Urutia

Cargo: Gerente General E-mail: naurutia@satec.com

Representante autorizado ante el INEN: Juan Carlos Cañar Erazakada

Cargo que desempeña: Técnico 1

Teléfonos: 022808134 Celular: 0998500208 E-mail: jcanar@satec.com

## 2. ALCANCE DE LA CERTIFICACIÓN SOLICITADA

Producto: Placa Metálica Colaborante

Marca comercial: SATEC COMPOSITE DECK

Modelo, tipo, clase o serie (cuando corresponda):

Tamaño de comercialización (cuando corresponda): Fabricación a Medida

Registro Sanitario No. (cuando corresponda):

Documento Normativo de Referencia del Producto: NTE INEN 2397:2014

## 3. INFORMACION DEL FABRICANTE

- Número total de personas que trabajan en la empresa: 50
- ¿En cuántos turnos se trabaja?
 

Uno  Dos  Tres



DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y CERTIFICACIÓN

**SOLICITUD PARA LA OBTENCIÓN DEL "CERTIFICADO DE CONFORMIDAD INEN ESQUEMA 5" O "SELLO DE CALIDAD INEN"**

3. ¿La fábrica en la que se produce el producto para el que se solicita la certificación tiene certificado su sistema de gestión de la calidad de conformidad a la Norma ISO 9001?

Si  No

Si la respuesta es SI especifique el nombre del organismo certificador y la vigencia del certificado:

.....

Si la respuesta es NO, especifique si desarrollan actualmente algunas de estas actividades

Evaluación de proveedores	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Control estadístico de procesos	<input type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> No
Calibración de equipos	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Inspección y ensayos al producto	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Implementación de un sistema de gestión	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No

4. ¿La organización cuenta con sus propios laboratorios de ensayo?

Si  No

5. Los laboratorios de la empresa están acreditados o designados

Si  No

6. ¿Utiliza laboratorios externos?

Si  No

Si la respuesta es SI especifique el (los) nombre (s) y dirección del laboratorio (s)..... CENTRO DE LA  
VIVIENDA SOCIAL BUTRIFICA NACIONAL

7. Los laboratorios externos utilizados están acreditados o designados. Si la respuesta es afirmativa favor informar el alcance de la acreditación o designación.

Si  No

8. ¿La empresa contrata externamente algún proceso relacionado con la fabricación del producto a certificar, que afecte a la conformidad del producto con los requisitos del documento normativo de referencia?

Si  No



**DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y CERTIFICACIÓN**

**SOLICITUD PARA LA OBTENCIÓN DEL "CERTIFICADO DE CONFORMIDAD INEN ESQUEMA 5" O "SELLO DE CALIDAD INEN"**

Si la respuesta es SI especifique el proceso contratado externamente:

.....  
 .....

**4. COMPROMISO DEL SOLICITANTE / FABRICANTE**

1. Declaro conocer y estar de acuerdo en cumplir con los requisitos establecidos en el instructivo VC-IN-10 **Condiciones generales para la certificación de conformidad con documento normativo (disponible en la página [www.normalizacion.gob.ec](http://www.normalizacion.gob.ec))**, tener conocimiento de los derechos y obligaciones que tienen las empresas solicitantes/fabricantes de productos certificados y que la información proporcionada es verdadera.
2. Me comprometo a recibir y prestar la colaboración a los auditores del INEN y a proporcionar la información necesaria que los auditores requieran para el cumplimiento del proceso de certificación de productos.
3. Me comprometo a cancelar la factura correspondiente a los costos de los servicios de certificación que se originen, independientemente del resultado del proceso de certificación.

.....  
 f): Representante Legal

Fecha: .....

**PARA USO EXCLUSIVO DEL INEN**

**Revisión de la solicitud:**

La Dirección de Validación y Certificación declara:

- Haber revisado la información relacionada al cliente, el producto y el alcance de la certificación solicitada
- Tener la competencia y la capacidad para llevar a cabo la certificación solicitada

Inicio del proceso de certificación:

SI                       No

Auditor designado: .....

.....  
 f: Director(a) de Validación y Certificación  
 / Director Zonal

Fecha: .....