



16 de abril de 2018

**H. Consejo Divisional  
Ciencias y Artes para el Diseño  
Presente**

De acuerdo con lo establecido en los "Lineamientos para la Investigación de la División de Ciencias y Artes para el Diseño. Registro y Seguimiento de las Áreas, Grupos, Programas y Proyectos" numeral 3.6 y subsiguientes, la **Comisión encargada de la revisión, registro y seguimiento de los proyectos, programas y grupos de investigación, así como de proponer la creación, modificación, seguimiento y supresión de áreas de investigación, para su trámite ante el órgano colegiado correspondiente**, sobre la base de la documentación presentada, considerando suficientemente sustentada la solicitud de Terminación de Proyecto de Investigación, propone el siguiente:

**Dictamen**

Aprobar la terminación del Proyecto de Investigación con número de registro N-424 "**LM06 Aparato SD 65 Marco de pruebas de carga en elementos y sistemas estructurales**" cuyo responsable es el Mtro. Carlos Humberto Moreno Tamayo, adscrito al Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones", que presenta el Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.

**Atentamente  
Casa abierta al tiempo**

**Comisión encargada de la revisión, registro y seguimiento de los proyectos, programas y grupos de investigación, así como de proponer la creación, modificación, seguimiento y supresión de áreas de investigación, para su trámite ante el órgano colegiado correspondiente**

DCG. Dulce María Castro Val

Mtra. Alda María Zizumbo Alamilla

Mtra. Silvia Gabriela García Martínez

DI. Julio Ernesto Suárez Santa Cruz

Mtra. Haydeé Alejandra Jiménez Seade

Mtro. Salvador Ulises Islas Barajas  
Coordinador

Alumno Luis Enrique Zavaleta Jiménez

19 de marzo del 2018.

PT/JEFATURA/CYAD/066/2018.

Cono. Div. CuAD  
MAR 20 PM03:10 Lupita

**Dr. Marco V. Ferruzca Navarro**  
Presidente H. Consejo Divisional  
Ciencias y Artes para el Diseño  
P r e s e n t e.

Por este medio, solicito a usted tenga a bien presentar al H. Consejo Divisional de Ciencias y Artes para el Diseño que usted preside, la conclusión del proyecto de investigación **N-424 "LM06. Aparato SD 65 Marco de pruebas de carga en elementos y sistemas estructurales"**, aprobado por acuerdo 531-6 en la sesión 531 ordinaria del Cuadragésimo Tercero Consejo Divisional, celebrada el 26 de junio del 2017 bajo responsabilidad del profesor **Mtro. Carlos Humberto Moreno Tamayo** y registrado dentro del programa de investigación "*P-047 Laboratorio de Modelos Estructurales*"

Se anexan informes parciales, informe global y reporte final de investigación.

Sin más por el momento, reciba usted un cordial saludo.

Atentamente  
Casa abierta al tiempo

**Mtro. Ernesto Noriega Estrada**  
Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización

Azcapotzalco, D.F. 16 de marzo de 2018

Mtro. Ernesto Noriega Estrada  
Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización  
C y AD UAM Azcapotzalco

Presente

Por este medio me permito solicitar a Ud. atentamente se sirva gestionar ante el H. Consejo Divisional la recepción del reporte de conclusión del proyecto No. N-424 titulado

**Aparato SD 65. Marco de pruebas de carga en  
elementos y sistemas estructurales**

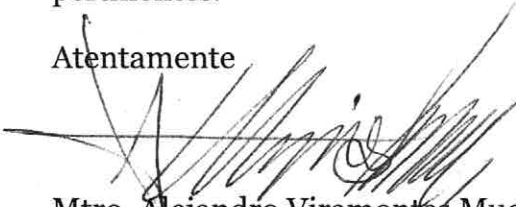
mismo que forma parte del programa de investigación P 047

**LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES**

cuyo responsable es el M. en Arq. Carlos H. Moreno Tamayo, coordinador del Laboratorio del mismo nombre, para lo cual anexo a la presente los documentos correspondientes en concordancia con lo establecido en los Lineamientos de Investigación vigentes.

Sin otro particular, quedo a sus apreciables órdenes para las aclaraciones que juzgue pertinentes.

Atentamente



Mtro. Alejandro Viramontes Muciño  
Coordinador del Grupo de Investigación de Tecnología y Diseño en las Edificaciones  
Departamento de Procesos y Técnicas de Realización

ccp. M. en Arq. Carlos H. Moreno Tamayo

(1) APROBADO POR EL CONSEJO DIVISIONAL EL 26 DE JUNIO DE 2017 EN SESIÓN ORDINARIA 531-6.

Anexos.

- A. Documento descriptivo del Aparato SD 65
- B. Formato extenso de registro y conclusión del proyecto LME Aparato SD 65

Azcapotzalco, D.F. 14 de marzo de 2018

Mtro. Alejandro Viramontes Muciño  
Coordinador del Grupo de Investigación de Tecnología y Diseño en las Edificaciones  
Departamento de Procesos y Técnicas de Realización  
CyAD UAM Azcapotzalco  
Presente

Por este medio me permito solicitar a Ud. atentamente se sirva gestionar ante la Jefatura del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización y ante el H. Consejo Divisional **la conclusión** del Proyecto de Investigación titulado

**Aparato SD 65**  
**Marco de pruebas de carga en elementos y sistemas estructurales**

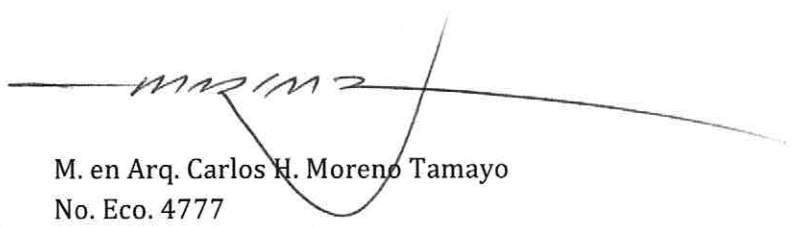
registro de proyecto CD N-424 <sup>(1)</sup> del programa P 047

**Laboratorio de Modelos Estructurales**

En virtud de haberse concluido las diferentes etapas de su desarrollo y haberse alcanzado el propósito académico del modelo, en concordancia con lo establecido en los Lineamientos de Investigación vigentes.

Sin otro particular, quedo a sus apreciables órdenes para las aclaraciones que juzgue convenientes.

Atentamente



M. en Arq. Carlos H. Moreno Tamayo  
No. Eco. 4777  
Responsable del Laboratorio de Modelos Estructurales  
Dpto. de Procesos y Técnicas de Realización

(1) Aprobado por el consejo divisional el 26 de junio de 2017 en sesión ordinaria 531-6.

Anexos:

- A. Documento descriptivo del Aparato SD 65
- B. Formato extenso de registro y conclusión del proyecto LME Aparato SD 65



CONCLUSIÓN DEL  
Proyecto Aparato SD 65

**Marco de pruebas de carga en elementos y  
sistemas estructurales**

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN P 047  
**LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES**

(1) APROBADO POR EL CONSEJO DIVISIONAL CON EL NO. N-424 EL 26 DE JUNIO DE 2017 EN SESIÓN ORDINARIA 531-6.

# Laboratorio de Modelos Estructurales

## Conclusión y reporte del proyecto No. N-424

ante el H. Consejo Divisional de CyAD.

Marzo de 2018

### Índice de contenido

1. Adscripción e integración del grupo de trabajo
2. Registro del Programa de investigación del Laboratorio de Modelos Estructurales.
3. Conclusión del proyecto describiendo:
  - 3.1 Registro del proyecto
  - 3.2 Introducción
  - 3.3 Objetivos y metas
  - 3.4 Metodología, plan de trabajo y recursos
  - 3.5 Memoria de diseño
    - 3.5.1 Apoyo teórico
    - 3.5.2 Memoria de construcción
    - 3.5.3 Planos constructivos 3D
    - 3.5.4 Memoria fotográfica
4. Relación y descripción de actividades y resultados de cada uno de los participantes.
5. Relación con la docencia, la preservación y la difusión de la cultura del Proyecto de Investigación concluido.
6. Aportaciones al campo de conocimiento
7. Coherencia entre metas, objetivos y resultados finales
8. Trascendencia social
9. Conclusiones
10. Anexos

## 1. Adscripción e integración del grupo de trabajo

DEPARTAMENTO DE PROCESOS Y TÉCNICAS DE REALIZACIÓN

Nombre del Grupo: Tecnología y Diseño para las Edificaciones  
Programa: P 047 Laboratorio de Modelos Estructurales  
Responsable del Grupo de Investigación: M. en Arq. Carlos Humberto Moreno Tamayo

### Actualización de Integrantes del Proyecto

	Nombre completo	Categoría y Nivel	Tiempo de dedicación	Grado Académico	Tipo de participación
1	Dr. Eduardo Arellano Méndez	Titular "C"	Tiempo Completo	Doctorado	Participante Asesor teórico
2	M. en C. Antonio Rodrigo Abad Sánchez	Titular "C"	Tiempo Completo	Maestría	Núcleo básico Diseño industrial
3	M.D.I. Arturo Solís García	Técnico Académico "E"	Tiempo Completo	Maestría	Otros integrantes Expresión 3D
4	Arq. Jorge Bermúdez García	Técnico Académico	Tiempo Completo	Licenciatura	Asesoría y apoyo en Taller de Acabados
5	Arq. Ana Patricia Abarca Romero	Ayudante "A"	Medio Tiempo	Licenciatura	Apoyo gráfico y documental
6	Edson Ruiz Alfaro	Alumno de servicio social			Desarrollo de planos
7	Edgar Gutiérrez Barraza	Alumno de servicio social			Preparación y acabados del marco
8	Gustavo Lucio Guadalupe	Alumno de servicio social			Preparación y acabados del marco
9	M. en Arq. Carlos Humberto Moreno Tamayo	Titular "C"	Tiempo Completo	Maestría	Núcleo básico Responsable del LME Coordinación del proyecto

## 2. Registro del Programa de investigación del Laboratorio de Modelos Estructurales.

Universidad  
Autónoma  
Metropolitana



Casa abierta al tiempo Azcapotzalco

Consejo Divisional de CyAD

SACD/CYAD/060/13

ACUERDO 450-8

07 de febrero de 2013

**M. EN ARQ. CARLOS H. MORENO TAMAYO** ✓  
**PROF. DEL DEPTO. DE PROCESOS Y**  
**TÉCNICAS DE REALIZACIÓN**  
**PRESENTE**

Por este conducto me permito informar a usted que en la Sesión 450 Ordinaria del Trigésimo Octavo Consejo Divisional, celebrada el día 06 de febrero de 2013, fue aprobado el Programa de Investigación, perteneciente al Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones", con el siguiente número de registro:

**PROGRAMA # P-047**

**LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES**

Lo anterior lo hago de su conocimiento para los fines a que haya lugar.

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente  
Casa abierta al tiempo

MTRA. MA. DE LOS ÁNGELES HERNÁNDEZ PRADO  
Secretaria

c.c.p. Arq. Eduardo Kotásek González.- Jefe del Depto. de Procesos y Técnicas de Realización  
Mtro. Alejandro Viramontes Muciño.- Responsable del Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones"  
Dr. Aníbal Figueroa Castrejón.- Coordinador de Investigación



### 3. Conclusión del proyecto

#### 3.1 Registro ante Consejo Divisional

Universidad  
Autónoma  
Metropolitana  
Casa abierta al tiempo   
Azcapotzalco

SACD/CYAD/484/17

Acuerdo 531-6

27 de junio de 2017

**M. en Arq. Carlos H. Moreno Tamayo**  
Prof. del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización  
Presente

**Asunto:** Registro de Proyecto de Investigación

Por este conducto me permito informar a usted que en la Sesión 531 Ordinaria del Cuadragésimo Tercero Consejo Divisional, celebrada el día 26 de junio de 2017, fue aprobado el Proyecto de Investigación, adscrito al Programa de Investigación P-047 "Laboratorio de Modelos Estructurales" perteneciente al Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones", con término al trimestre 17-O, con el siguiente número de registro:

**Proyecto # N-424**

**Proyecto LM06. Aparato SD 65. Marco de Pruebas de carga en elementos y sistemas estructurales**

Lo anterior lo hago de su conocimiento para los fines a que haya lugar.

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

**Atentamente**  
**Casa abierta al tiempo**



**Mtro. Héctor Valerdi Madrigal**  
Secretario

c.c.p. Mtro. Ernesto Noriega Estrada.- Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización  
Mtro. Alejandro Viramontes Mucíño.- Responsable del Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones"  
Mtro. Daniel Casarrubias Castrejón.- Coordinador de Investigación

## **3.2 Introducción.**

El principal propósito del Laboratorio es facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de una manera teórico práctica diferente a los métodos tradicionales que promueva el proceso de enseñanza aprendizaje asociada a los postulados teóricos en los que intervienen las matemáticas y la mecánica de las estructuras. De esta forma ayudará en la comprensión de los conceptos estructurales que se presentan de una manera abstracta.

El Marco de pruebas de carga explora una alternativa didáctica cuyo propósito es mejorar la eficiencia en la enseñanza para la demostración de la teoría mediante el uso de aparatos y modelos físicos en prácticas que ilustran el desempeño de estructuras a escala sometidas a carga incorporando la medición de su respuesta.

Se hace la propuesta del Marco para Pruebas de Carga en elementos y sistemas estructurales con el objeto de llevar los modelos a la falla para medir las acciones (fuerzas y esfuerzos de tensión, compresión, tracción, flexión, cortantes y torsión), y respuestas (deformaciones, agrietamientos y vibraciones).

El proyecto introduce un criterio cuantitativo a las prácticas del Laboratorio con una instrumentación y equipo que permite el registro de resultados numéricos que agregan valor a los experimentos.

Como se ha mencionado, la aplicación y uso del Aparato SD 65 está dirigido a reforzar el aprendizaje de los conceptos estructurales en los distintos cursos relacionados con el tema en las licenciaturas de Arquitectura, Diseño Industrial e Ingeniería Civil, por lo que los beneficiarios directos del proyecto serán los alumnos, profesores e investigadores de tales disciplinas, ya que se facilitará su tarea docente al contar con mayores recursos didácticos específicos. Adicionalmente se ha incrementado el equipamiento de los laboratorios y talleres del Centro de Investigación de CyAD así como el apoyo respectivo al Departamento de Materiales de CBI.

### **Antecedentes del proyecto**

Los modelos realizados en el Laboratorio de Modelos Estructurales han sido tradicionalmente de carácter no destructible y para efectos de demostración de las deformaciones en las estructuras, ocasionadas por efectos de la carga aplicada en ellas.

A partir del año 2015 se desarrolla en el LME equipo didáctico en forma conjunta con el Departamento de Materiales de la División de CBI. En el proyecto que nos ocupa, la intención es incorporar medición de las deformaciones en las probetas hasta la destrucción de las mismas con la posibilidad de registrar digitalmente su comportamiento.

No existe antecedente de este tipo de aparato entre las IES consultadas y esta iniciativa se presenta como una innovación en términos de recursos didácticos con enfoque cuantitativo que permitan verificar deformaciones y registrar fuerzas aplicadas y esfuerzos de elementos estructurales a escala reducida.

### **Justificación**

Entre las diversas estrategias de enseñanza aprendizaje que se aplican universalmente en el sistema educativo, aquella que hace uso de modelos físicos y mecanismos como recurso didáctico, reporta usualmente un alto nivel de eficiencia comparativamente con otros métodos.

Con base en esta experiencia el Laboratorio de Modelos Estructurales ha desarrollado por más de quince años numerosos prototipos de experimentación y demostración de los principios mecánicos de las estructuras.

En el Laboratorio de Estructuras del Departamento de Materiales de CBI se realizan pruebas de resistencia en modelos escala 1:1 de gran interés para los propósitos de enseñanza de las estructuras para ingeniería civil y de arquitectura, generalmente de carácter destructible, con las consiguientes limitaciones de los factores de tiempo, costo y oportunidad.

El proyecto del prototipo SD 65 posibilitará la realización de prácticas sobre probetas a escala reducida considerando la oportunidad de su realización de acuerdo a una calendarización adecuada a las necesidades de los programas docencia y a un costo también reducido.

Aplicación curricular: Este prototipo es aplicable a los cursos de Diseño, Cálculo Estructural y Sistemas Constructivos y Estructurales en la licenciatura de Arquitectura y de Elementos y Estructuras de Concreto en la licenciatura de Ingeniería Civil.

### **3.3 Objetivos y metas.**

#### **Objetivo General**

Desarrollar un prototipo didáctico estructural que permita registrar acciones y respuestas medibles con fines didácticos y comparativos. De ese modo podrán quedar demostradas las expresiones matemáticas de fórmulas y principios teóricos en probetas elaboradas con características y materiales similares a las utilizadas en la práctica edificatoria, sometidas a fuerzas típicas generadas por carga vertical y lateral sobre especímenes diseñados y contruidos a escala reducida.

#### **Objetivos Específicos**

1. Facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de conceptos básicos de las unidades de enseñanza aprendizaje de estática, resistencia de materiales, análisis y diseño estructural.
2. Involucrar a los estudiantes y docentes a través de la elaboración y prueba de elementos y sistemas estructurales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las estructuras, para las Licenciaturas de Arquitectura e Ingeniería Civil de la UAM Azcapotzalco.
3. Difundir resultados. Participación en eventos relacionados con el tema estructural y didáctico para exposición de resultados y vinculación con proyectos de otras Instituciones de Enseñanza Superior.

#### **Metas**

- a) El prototipo SD 65 que se describe en el apartado de Memoria de Construcción o Técnica, se integra de acuerdo a lo esperado al catálogo de productos del Laboratorio de Modelos Estructurales como un modelo didáctico distinto y más específico que la anterior producción del Laboratorio ya que, a diferencia del resto de los modelos de demostración cualitativa del fenómeno estructural hasta ahora producidos, el nuevo proyecto se presenta como uno de carácter cuantitativo al contar con implementos de medición de esfuerzos y deformación (galgas extensiométricas, celdas de carga y aparatos electrónicos

de registro digital), donde las probetas serán cargadas hasta su límite y finalmente se destruyen.

- b) De acuerdo a lo propuesto en la solicitud de registro del proyecto ante CD el proyecto se desarrolló y terminó en tiempo y forma cumpliendo con los objetivos planteados. El calendario de trabajo se muestra en el apartado 3.4 *plan de trabajo*

### **3.4 Metodología de investigación, plan de trabajo y recursos.**

Para el desarrollo del proyecto del Aparato SD 65 se siguieron dos líneas de trabajo:

#### **1. Investigación documental y acopio de datos.**

Indagación en distintas fuentes de información (bibliográfica, hemerográfica, Internet), consultas y entrevistas con expertos sobre aparatos científico-didácticos de pruebas cuantitativas que sirvan de referencia para el aparato experimental en desarrollo.

Para ello se consultaron especialistas en pruebas de materiales y estructuras y fueron visitadas instalaciones tales como el laboratorio de docencia de estructuras del departamento de materiales de CBI-UAM-AZC con amplia experiencia en proyectos de materiales y estructuras sujetas a pruebas de carga y respuesta y cuyo titular participó en el proyecto.

En el ámbito nacional de las Instituciones de Educación Superior no se han detectado instalaciones de carácter didáctico que apoyen con modelos físicos el aprendizaje relacionado con el diseño estructural, salvo los laboratorios de estructuras y pruebas de materiales.

Se ha tomado como referentes y fuentes de información:

- a) Instituto de Ingeniería de la UNAM, donde se realizan, entre otras actividades la evaluación de sistemas estructurales.
- b) Laboratorio de Estructuras IPN ESIA Zacatenco.
- c) Laboratorio de docencia de estructuras del Departamento de Materiales de la División Ciencias Básicas e Ingeniería, UAM Azcapotzalco.
- d) Laboratorio del CENAPRED.
- e) Programa de desarrollo profesional en automatización. UAM Azcapotzalco. Aquí se analizó la opción de actuadores neumáticos en vez de hidráulicos para el marco de pruebas. Se desechó esta posibilidad por el volumen del equipo y su elevado costo.
- f) En las primeras cuatro entidades se trabaja con probetas escala 1:1. Ciertas rutinas de experimentación han servido de modelo para la implementación del Aparato SD65 para pruebas a escala reducida, como un apoyo a la docencia de orden flexible y posibilidad de uso frecuente.

#### **2. Metodología del LME para el desarrollo de modelos físicos didácticos para la enseñanza de las estructuras.**

El Laboratorio de Modelos Estructurales (LME) ha desarrollado una ruta metodológica de investigación que ha sido aplicada en la mayoría de los más de 60 aparatos experimentales que se han diseñado y manufacturado.

Es por esta razón que en esta propuesta no se discuten diferentes rutas, ya que esa Metodología

ha llevado a buen resultado cada uno de los aparatos que el grupo colegiado ha acometido. (Dado que no se trata de una secuencia lineal, se ofrece un diagrama que ilustra la siguiente descripción en el archivo *Ruta.pdf* en la última sección de reporte).

- 2.1 Necesidad Académica. El escrutinio del plan de estudios de la Licenciatura en Arquitectura e Ingeniería Civil, ofrece un panorama de temas en diversas materias cuya comprensión resulta difícil para los estudiantes y que a lo largo de 16 años se han ido ilustrando con aparatos experimentales que usan alumnos y profesores para demostrar fórmulas y explicaciones de pizarrón.
- 2.2 Discusión colegiada y Bocetos conceptuales del especialista. Dichos temas son discutidos en el Seminario Permanente del LME para que miembros y asistentes ofrezcan ideas sobre requerimientos conceptuales para la materialización de soluciones, de los que se generan algunos bocetos preliminares. La consulta bibliohemerográfica (física y en línea) aporta ideas que se discuten al realizarse dichos bocetos.
- 2.3 Definición de Comprensión de la calidad demostrativa del aparato. Esos bocetos sirven para definir lo que significa la calidad demostrativa de la ejemplificación del principio funcional que da origen al aparato.
- 2.5 Análisis de la información disponible. La información generada en esa(s) sesión(es) es organizada y discutida en el Grupo de Diseño Industrial para establecer estrategias de materialización para las pruebas iniciales de funcionamiento de los elementos críticos.
- 2.6 Generación de Modelos Funcionales Iniciales. En esta primera fase de materialización se da preferencia a las pruebas de componentes que son críticos para la calidad demostrativa del principio que da origen al aparato. Dichos componentes son puestos a prueba y con esos resultados son presentados al pleno del Seminario para recibir retroalimentación. Esta parte del proceso es iterativa.
- 2.7 Planos de Taller. Una vez consensada la posible solución a la Necesidad Académica se procede a ubicar componentes estándar de mercado que puedan facilitar la manufactura y el mantenimiento y, a realizar algunos planos de taller para aquellos componentes que son específicos por su configuración y/o requerimientos.
- 2.8 Otras Aportaciones Conceptuales. Aún en modelo preliminar, los miembros del Seminario cuestionan la posibilidad de incorporar características adicionales (funcionales, constructivas, estéticas) que complementen los conceptos teóricos que se explican a los estudiantes, sobre el tema del aparato.
- 2.9 Construcción de Prototipos Preliminares. Aunque se mencionan prototipos, comunmente es la evolución de un mismo prototipo preliminar que se transforma en definitivo al conjuntarse componentes manufacturados ex profeso con componentes de mercado, con las correcciones requeridas.
- 2.10 Realización de Pruebas Globales. Los miembros del Seminario realizan simulaciones de las sesiones de clase en las que se utiliza el aparato. De estas pruebas surgen algunas propuestas de mejora que, de ser posible, son incorporadas de inmediato o se programan para el futuro.
- 2.11 Correcciones Finales. Aquellos detalles que fueron determinados como incorporables de inmediato se habilitan en función de la disponibilidad de tiempo y recursos físicos y económicos.
- 2.12 Construcción del Prototipo Final. En esta fase se manufactura el empaque y los aditamentos requeridos para la correcta operación del aparato, tanto por profesores como por los alumnos.
- 2.13 Realización de Planos Definitivos. Para concluir el proceso se generan los archivos

## Plan de trabajo calendarizado.

ACTIVIDAD	17-I				17-P				17-O			
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
SEMINARIO PERMANENTE DEL LME												
ANÁLISIS DE PROGRAMAS ACADÉMICOS Y DETERMINACIÓN DEL PROYECTO												
GENERACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO												
DESARROLLO, REVISIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO												
ELABORACIÓN DE GUÍA DE PRÁCTICAS												
DIFUSIÓN, ORGANIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS ACADÉMICOS Y FOROS INTERINSTITUCIONALES												
APOYO PROGRAMA DE SERVICIO SOCIAL												

La ejecución y desarrollo del Aparato SD65 se llevaron a cabo de acuerdo a lo programado excepción hecha de la elaboración de la guía prácticas que, por su alcance, involucramiento con dos licenciaturas y grado de complejidad, se estimó necesario recalendarizar para ser desarrollada en el año 2018.

### Recursos académicos, materiales y económicos los requeridos.

En el marco de la convocatoria de PRODEP para incorporarse a un programa de fortalecimiento de Cuerpos Académicos los recursos financieros fueron aportados de fondos de ese organismo de la SEP, previamente convenidos con alcances y tiempos específicos, de los cuales se anexa el dictamen y el tabular de asignaciones por rubro y actividad (anexo A).

Si bien los recursos se gestionaron a finales de 2015, fue en el siguiente año que se iniciaron los trabajos preliminares para determinar el estado del arte mediante visitas a laboratorios de distintas IES y así poder calibrar el detalle de los alcances y equipamiento necesarios para el prototipo a desarrollar. Esta labor significó un período amplio de tiempo en el cual se determinó también el sistema de aplicación de cargas más adecuado mediante un estudio comparativo entre un sistema de dispositivos hidráulicos y otro de acción neumática, mismo que se anexa en este documento (anexo B).

Una vez se hubo determinado el equipamiento hidráulico, durante el segundo semestre de 2016 se procedió a diseñar el prototipo y los accesorios complementarios necesarios para la operación del equipo. Paralelamente se especificó el kit de instrumentación para el registro de deformaciones en probetas.

Recursos adicionales complementarios provinieron del presupuesto del Laboratorio de Modelos Estructurales y del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.

Se contó con las facilidades de uso y asesoría del Laboratorio de Docencia de Estructuras del Departamento de Materiales de CBI y del Taller de Acabados de la División de CyAD.

Adicionalmente se cuenta con el apoyo del Laboratorio de CAD CAM de CyAD.

### 3.5 Memoria de diseño.

## LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de investigación P 047

Proyecto aprobado por CD NO. N-424 2017

Diseño, supervisión y evaluación de prototipos para la experimentación y demostración de los principios mecánicos de las estructuras.

### Aparato SD 65

Marco de pruebas de carga en elementos y sistemas estructurales

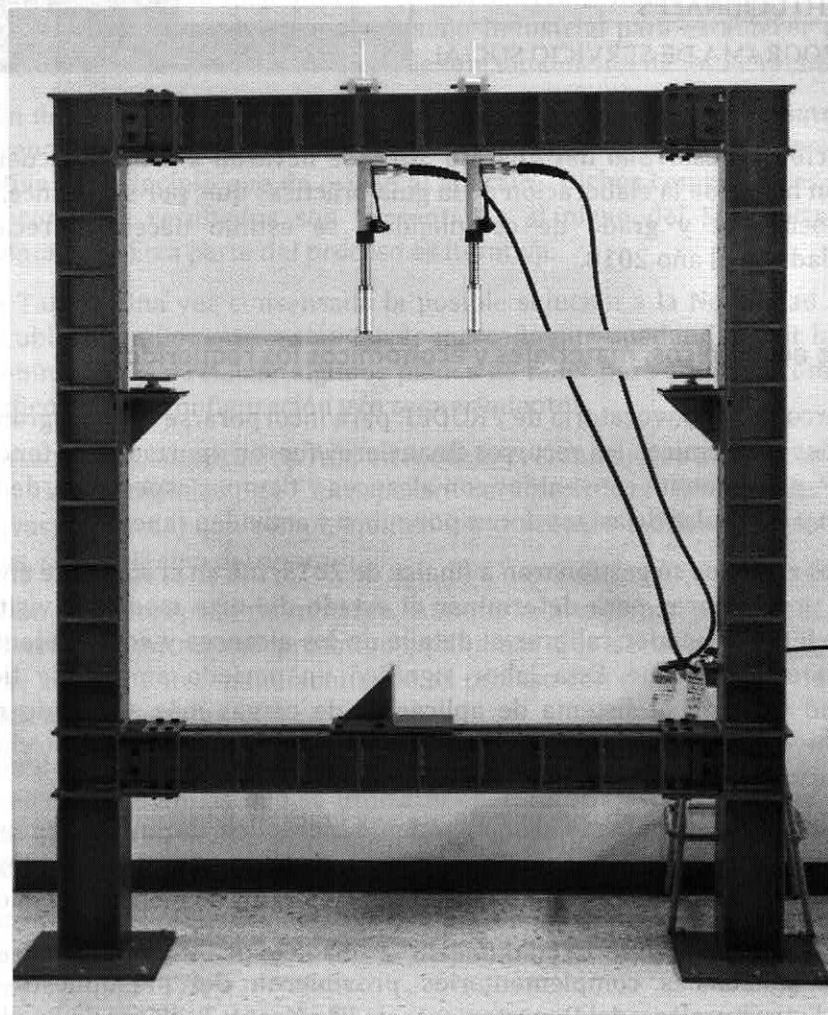


Figura 1. Aparato SD 65.

Experimento de prueba de funcionamiento con viga de madera laminada y aplicación de cargas con actuadores de fuerza hidráulica

### 3.5.1 Apoyo teórico

En la enseñanza de la estructuras, es importante, mostrar que la teoría en la que se sustenta el análisis estructural y el comportamiento de falla de estructuras tiene un sustento físico. En el marco de cargas pueden diseñarse experimentos que muestren las cargas aplicadas y su relación con las fuerzas internas que se desarrollan en las estructuras como la flexión, la fuerza cortante, la carga axial que implican esfuerzos y deformaciones asociadas a cada fenómeno.

Es importante el desarrollo que hasta la fecha se ha tenido en el Laboratorio de Modelos Estructurales, en lo que los fenómenos físicos se magnifican para demostrar la manera en que se deforman los elementos, pero se emplean materiales que permiten demostrar el fenómeno pero sin cuantificarlo, es decir, no es posible describir mediante una gráfica Carga vs. Desplazamiento el comportamiento del espécimen ya que las fuerzas aplicadas no se cuantifican, y los desplazamientos no se miden.

El desarrollo del marco de cargas va a permitir medir 5 cantidades de manera simultánea de diferente naturaleza. Con la ayuda de celdas de carga, se pueden medir las cargas que apliquen los cilindros hidráulicos a la estructura con una precisión de kg. las deflexiones, se pueden medir mediante transductores de desplazamiento con precisiones de centésimas de milímetro. Las deformaciones unitarias pueden medirse mediante el uso de galgas extensométricas (strain gages) en algún punto de interés.

El uso de modelos a escala en los que se pueda hacer una predicción de la resistencia y una comprobación experimental va a permitir validar las expresiones que se emplean para el cálculo de la resistencia y los niveles de seguridad que se tienen en los reglamentos de construcción en el país.

Experimentos planeados.

Algunas de las hipótesis que se hacen en la enseñanza de la estructuras, no pueden comprobarse en forma analítica, por lo que es importante que se muestre a los alumnos que las hipótesis asumidas, se comprueban de forma experimental.

A continuación se describen algunos casos en los que se puede lograr un aprendizaje significativo en los estudiantes de Arquitectura y de Ingeniería Civil.

- En la enseñanza de la flexión, se asume la hipótesis de que las secciones de un elemento son planas antes de aplicar las cargas y permanecen planas después de aplicar las cargas, aunque pueden rotar. La hipótesis se comprueba cuadrículando un espécimen de viga y someténdola a flexión simple, es decir aplicando cargas simétricas a una viga simplemente apoyada, en los extremos de la viga, se aprecia que la línea recta perpendicular al eje de la viga sigue siendo recta, pero tiene un ángulo respecto a la vertical.
- En el caso de las vigas de concreto reforzado resulta pertinente demostrar el comportamiento en función de la cantidad de refuerzo, es decir, la variación de las cargas y deflexiones en función de la cantidad de acero. Se sabe que el concreto resiste muy bien las fuerzas de compresión, pero no resiste adecuadamente las tensiones, por lo que surge el concreto reforzado, en el que se colocan barras de acero para que tomen las



tensiones que no es capaz de resistir el concreto. En general se sabe que si a una viga se le aumenta la cantidad de acero de refuerzo, la resistencia aumenta, pero al incrementar mucho la resistencia, se corre el riesgo de volver frágil a la estructura. Se plantean 4 experimentos para demostrar el comportamiento.

- $As=0$ , una viga de concreto simple falla súbitamente cuando el esfuerzo en el concreto en la zona de tensión alcanza su resistencia.
- $As < As_{min}$ , el tipo de falla es frágil, pues cuando se agrieta el concreto, el acero no es suficiente para tomar la fuerza que antes resistía el concreto.
- $As_{min} < As < As_{max}$ , el tipo de falla es dúctil debido a que lo que falla es el acero, la viga se deforma mucho antes de romperse.
- $As > As_{máx}$ , el tipo de falla es frágil pues falla el concreto, la resistencia aumenta mucho, el acero no fluye.

Aprendizaje significativo: Una sección de concreto reforzado tiene un límite superior de resistencia mientras aún se mantiene el comportamiento dúctil y, si se necesita incrementar la resistencia, la única manera de lograrlo, es aumentando el tamaño de la sección.

- También pueden mostrarse fenómenos como el pandeo de columnas esbeltas.
- En vigas metálicas muy esbeltas se presenta el fenómeno conocido como flexotorsión, que es una flexión fuera del plano cuando al elemento se le aplican cargas que producen flexión.

Estos y otros experimentos pueden plantearse, y llevarse a cabo de forma cotidiana en el Laboratorio de Modelos Estructurales. Al documentarlos con de forma exhaustiva, se pueden emplear como material de enseñanza en las clases y en cada curso plantear un nuevo experimento y dejar registro para tener un amplio acervo de experimentos que además de ser didácticos, puedan repetirse sin que sea muy costosa su implementación.

### 3.5.2 Memoria de construcción

El Marco está compuesto de Cuatro Subsistemas:

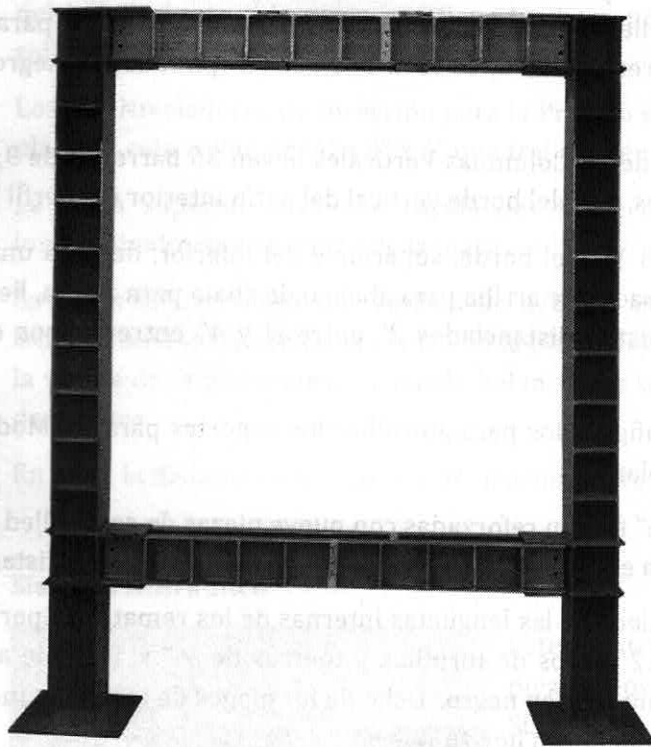
1. Soporte General
2. Soportes para los Modelos de Prueba
3. Sistema Hidráulico
4. Sistema de Adquisición de Datos

#### Soporte General

Las medidas generales del Marco son 88" de altura por 71" de ancho x 6" de espesor.

Este Subsistema está compuesto, a su vez, por dos columnas verticales, manufacturadas de Perfil "H" de Acero de 88" de altura y de 6" x 6" de sección y cuatro soportes horizontales manufacturados de Canal de cold rolled de 6" x 2" x 59".

Cada columna fue manufacturada en tres secciones. La inferior, es de 17" de longitud y lleva un remate horizontal del mismo perfil, de 11 ½" de longitud. La intermedia, hecha del perfil "H" es de 58" de longitud y la tercera es un remate idéntico al remate de la primera sección.



**Figura 2. Aparato SD 65.  
Ensamble inicial para verificación dimensional  
de componentes**

Cada una de esas columnas lleva una base cuadrada de placa de cold rolled de 14" x 14" x 1/4" sobre la cual están soldadas el centro de esa base.

Cada una de esas bases llevan, en sus aristas frontal y trasera, tres barrenos de 11/16". Los barrenos de las esquinas están separados 1" de cada una de las orillas y el barreno central está exactamente al centro de los barrenos de las orillas, formando una línea recta.

En la parte inferior de cada una de esas bases se instalaron sendas piezas de neopreno negro de las mismas medidas que las bases para asimilar diferencias superficiales del piso de terrazo del laboratorio y para evitar el daño de dicha superficie.

Todo el Marco fue anclado al piso del Laboratorio con 12 taquetes de expansión de acero de 5/8" de diámetro x 1 1/2" de longitud.

Entre los patines de la sección intermedia del perfil "H" se soldaron nueve refuerzos equidistantes de placa de cold rolled de 3/8" x 3" x 5 1/2" que llevan recortadas las esquinas interiores para liberar posibles conflictos con las soldaduras internas del perfil "H". El corte es de 1" x 1". La distancia entre los refuerzos es de 6" a ejes.

Los dos remates horizontales de cada columna llevan refuerzos similares a los descritos para la sección intermedia pero están dispuestos para dar continuidad a los patines verticales el perfil "H". Asimismo, llevan extensiones, dos cortas (1/2") hacia el exterior del marco y dos largas (6") hacia el interior del marco.

Las extensiones interiores de los remates, tanto del superior como del inferior, están configuradas para recibir, de dos en dos, los soportes horizontales hechos de Canal de 6", mencionados anteriormente.

Ambas extensiones horizontales, en sus lengüetas superiores e inferiores, llevan cuatro barrenos de 9/16". Los que están cerca del borde distal están separados 1" de cada uno de sus bordes exteriores y los otros dos están separados 1 1/2" de los primeros.

Ambas extensiones, en las caras interiores, dentro de las lengüetas interiores, llevan dos placas de cold rolled de 2 3/4" x 4" x 1/4" remetidas 1" del borde exterior del perfil y que llevan dos barrenos de 9/16". Los barrenos se encuentran, centrados sobre la placa, a 1 1/4" del borde interior y con 3" de distancia entre ellos.

Estos soportes interiores están soldados y sirven de elemento de sujeción para los soportes horizontales de Canal de 6", los cuales llevan en sus extremos dos barrenos de 9/16" para ser asegurados con tornillos y tuercas de acero grado 5, de 1/2" x 1 1/2", electropintados en negro, de cabeza hexagonal.

Cada una de las secciones intermedias de las Columnas Verticales llevan 36 barrenos de 9/16" ubicados horizontalmente, de dos en dos, a 1" del borde vertical del patín interior del perfil "H".

El primer par de barrenos empieza a 3 1/2" del borde, superior y del inferior, de cada una de ambas secciones intermedias. Considerados de arriba para abajo o de abajo para arriba, lleva 8 grupos de 4 barrenos de 9/16" que están distanciados 2" entre sí y 4" entre grupos de 4 barrenos.

Estos grupos de 4 barrenos fueron configurados para atornillar los Soportes para los Modelos de Prueba, que serán descritos más adelante.

Cada una de las cuatro Canales "C" de 6" fueron reforzadas con nueve piezas de cold rolled de 1 1/2" x 5 1/2" x 7/16" soldadas, de manera equidistante, en el interior de la "C" a 5 1/2" de distancia.

Estas cuatro Canales "C" fueron atornilladas a las lengüetas internas de los remates, superior e inferior, de las Columnas, utilizando 12 juegos de tornillos y tuercas de 1/2" x 1 1/2" de acero grado 5, de cabeza hexagonal, electropintados en negro. Ocho de los juegos de tornillo y tuerca, quedaron verticales y los otros cuatro, quedaron horizontales.

Al ser atornilladas esas canales en los lugares correspondientes de sus extremos, dejaron un espacio horizontal entre cada par de ellas de 2", en toda su longitud.

El espacio superior entre Canales "C" se utiliza para permitir el paso de los dispositivos de mantienen en posición a los Accionadores Hidráulicos.

### Soportes para los Modelos de Prueba

Este Subsistema está compuesto, a su vez, de tres cartelas y de dos niveladores de dirección para la presión que recibe el modelo en sus extremos.

De las cartelas, dos son iguales y una diferente.

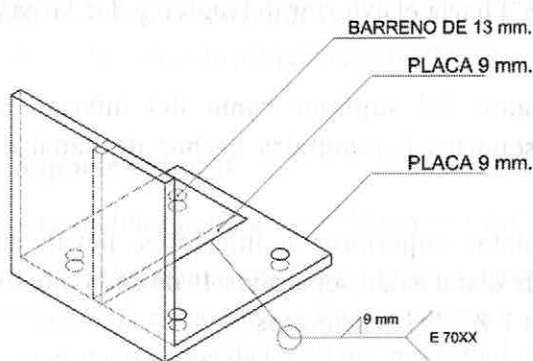


Figura 3. Detalle de cartela

Las cartelas que son iguales están hechas de placa de cold rolled de 3/8". Cada una de ellas está hecha de dos placas de 6" x 6" soldadas en ángulo recto. Llevan un refuerzo triangular de 5" x 5" sobre sus catetos, soldado al centro interior del ángulo recto.

Con el objetivo de ser atornillada a los barrenos de las Columnas o de las Canales "C" del Marco, cada Cartela lleva 4 barrenos de 9/16" a distanciados a 4" x 4" al centro de cada uno de los catetos.

La Cartela que es diferente está hecha de placa de dos piezas de cold rolled de 6" x 6", de las cuales sólo una lleva cuatro barrenos, similares a los descritos para las otras cartelas. Además,

del lado opuesto a la pieza que lleva los barrenos, lleva soldada una pieza de placa de cold rolled de  $\frac{3}{4}$ " de grosor x 6" X 6".

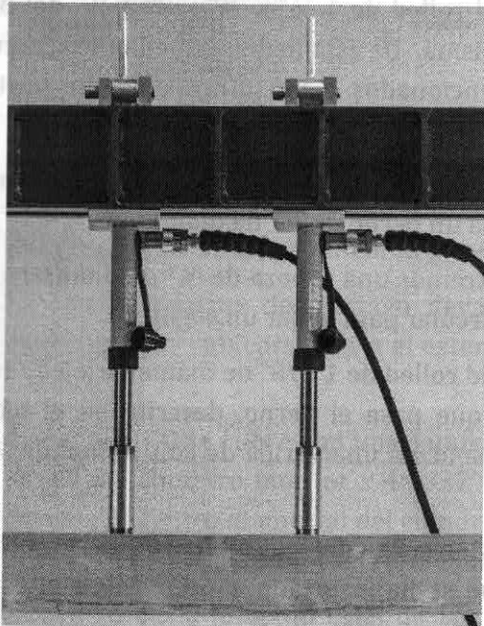
Los dos Niveladores de Dirección para la Presión son idénticos y están hechos de dos piezas de placa de cold rolled de  $\frac{1}{4}$ " x 4" x 4" que trabajan en conjunto.

La placa superior lleva una varilla de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro x 4" de longitud que va soldada longitudinalmente al centro de la placa.

La placa inferior lleva dos varillas de  $\frac{3}{8}$ " de diámetro por 4" de longitud y van soldadas longitudinalmente cerca del centro de la placa, dejando un espacio longitudinal de  $\frac{1}{4}$ " para que la varilla de la placa superior pueda balancearse sobre estas dos varillas sin tocar la superficie de la placa.

En total, la distancia entre las placas, al acomodarse para trabajar una sobre la otra, es de  $\frac{3}{4}$ ".

### Sistema Hidráulico



**Figura 4. Actuadores hidráulicos con celdas de carga y soportes**

Este subsistema está compuesto de cuatro conjuntos de piezas: los Pistones Hidráulicos, las Mangueras, el Sistema de Presión y los Soportes de los Pistones.

El Marco cuenta con tres Pistones Hidráulicos de Dos toneladas de presión, en su máxima capacidad.

Los pistones Enerpack miden  $1 \frac{1}{2}$ " de diámetro de camisa por 8" de longitud y 1" de diámetro de vástago. Cada uno tiene, en su extremo superior, una válvula hembra de acoplamiento rápido para la manguera correspondiente. Cada válvula lleva una cubierta de polietileno negro que cuelga mientras no está tapando la entrada del conector hembra.

El centro del vástago del pistón lleva un barreno roscado de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro para sostener, en este caso, a la Celda de Carga del sistema de Adquisición de Datos.

Las mangueras, de 1.5 metros de longitud y de 10,000 PSI's, tienen un conector macho de acople rápido en uno de sus extremos y un conector roscado que va al dispositivo de distribución del aceite hidráulico del Sistema de Presión.

Este Dispositivo de Distribución de aceite tiene capacidad para una entrada de aceite y para cuatro salidas, es decir que puede alimentar a cuatro pistones simultáneamente.

Del Dispositivo de Distribución de Aceite sale la manguera que va a la Bomba Enerpack que es la que inyecta el aceite al Dispositivo de Distribución, utilizando un sistema de palanca con un eje de giro en uno de sus extremos.

Esta bomba cuenta con un manómetro analógico que permite visualizar el nivel de presión al que está sujeto el sistema de mangueras y pistones y cuenta con una perilla que permite o inhibe el flujo de aceite.

Los Soportes de los Pistones son individuales para cada pistón y fueron diseñados para que con base al funcionamiento de una leva superior, al mismo tiempo que sostienen a cada pistón, permitan al usuario ubicarlos en el punto exacto en el que se desee ejercer la carga y no se muevan.



**Figura 5. Bomba hidráulica manual**

Estos Soportes están hechos de tres piezas de cold rolled de  $\frac{3}{4}$ ". La base es de  $4$ " x  $6\frac{1}{4}$ " y lleva dos barrenos de  $\frac{3}{8}$ " en una de sus caras y con una reducción a  $\frac{1}{4}$ " para detener los pistones con tornillos allen. Esos barrenos están ubicado transversalmente al centro geométrico de la longitud mayor de la placa. La distancia entre los barrenos es de  $1$ " a centros.

Sobre esta placa van soldados dos vástagos de cold rolled de  $1\frac{1}{2}$ " x  $\frac{3}{4}$ " x  $8$ " a  $\frac{1}{2}$ " del borde largo de la placa y  $2\frac{1}{4}$ " de los bordes cortos de la misma. De esta manera quedan exactamente al centro de la placa ocultando los dos barrenos mencionados. La distancia entre los vástagos es de  $1\frac{1}{2}$ ".

En la parte superior, a  $\frac{7}{8}$ " del borde superior y al centro de la arista horizontal, ambos vástagos llevan un barreno de  $\frac{33}{64}$ " por el que pasa un perno de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro.

Ese perno de  $4$ " de longitud lleva, en uno de sus extremos una cabeza de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro para que no se pueda salir y en el otro tiene una ranura circular para alojar un seguro "C".

Al centro de los dos vástagos lleva un cilindro de cold rolled de  $1\frac{5}{8}$ " de diámetro x  $1\frac{7}{16}$ " de longitud, que lleva un barreno excéntrico por el que pasa el perno, descrito en el párrafo anterior. En uno de los lados de ese cilindro lleva soldada una varilla de cold rolled de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro x  $4$ " de longitud.

Esa excentricidad permite a la palanca, generar presión sobre una placa que se inserta sobre las canales "C" superiores o inferiores, después de que se ha insertado el Soporte en el espacio dejada entre ambas canales.

La última pieza de este subsistema es la placa mencionada en el párrafo anterior, que está hecha de cold rolled de  $\frac{1}{4}$ " x  $1\frac{1}{2}$ " x  $5$ ".

Todas las piezas de estos soportes están galvanizadas para evitar la corrosión.

## Sistema de Adquisición de Datos

Este subsistema está compuesto de tres elementos: las Celdas de Carga, los Cables de Transmisión y el Aparato de Registro y Almacenamiento de Datos.

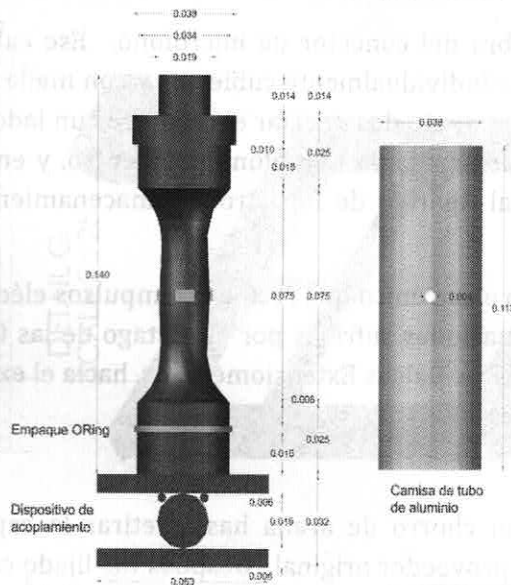


Figura 6. Celdas de carga

Las Celdas de Carga tienen en su interior el Eje Central que está manufacturado de acero para herramientas y tiene  $1\frac{1}{2}$ " de diámetro mayor x  $\frac{3}{8}$ " de longitud x  $5\frac{1}{2}$ " de longitud total.

En la parte superior lleva una sección de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro roscado x  $\frac{3}{4}$ " de longitud para acoplarse al vástago del pistón hidráulico.

El diámetro máximo se reduce a  $1\frac{5}{16}$ " x  $\frac{11}{16}$ " de longitud en la parte superior del vástago, con una sección cónica de ese diámetro hacia  $\frac{7}{8}$ " de diámetro x  $\frac{3}{8}$ " de longitud. Le sigue una sección fusiforme de  $\frac{7}{8}$ " de diámetro x  $2\frac{3}{8}$ " de longitud. La siguiente sección es un cono invertido de  $\frac{7}{8}$ " de diámetro a  $\frac{11}{16}$ " en una longitud de  $\frac{3}{8}$ ". La parte inferior del vástago mantiene los  $\frac{11}{16}$ " x 1".

Esa última sección tiene un asiento de  $\frac{1}{8}$ " de ancho para alojar una arosello de neopreno de ese grosor por 30 mm de diámetro; está ubicado a 1" del borde inferior del Eje Central.

La zona fusiforme del vástago lleva 4 galgas extensiométricas alambradas en un circuito continuo para cablearse hacia el exterior a través de un conector de micrófono, de 5 puntos de contacto.

El Eje Central se cubre con una camisa cilíndrica de aluminio de  $1\frac{1}{2}$ " de diámetro exterior y  $\frac{5}{16}$ " de diámetro interior x  $4\frac{3}{32}$ " de longitud. En la parte superior, a  $\frac{1}{4}$ " de distancia del borde y al centro diametral del cilindro de aluminio lleva un barreno roscado con un prisionero allen de  $\frac{1}{8}$ " de diámetro x  $\frac{1}{8}$ " de longitud con acabado pavonado.

Al centro de la longitud total de la camisa cilíndrica de aluminio y centrado con el barreno roscado del prisionero allen, se ubica un barreno circular de  $\frac{3}{8}$ " por el que pasan los cables que conectan las Galgas Extensiométricas con el conector macho del micrófono.

Este conector macho está montado sobre una placa de aluminio de  $\frac{1}{8}$ " de grosor x 38 mm x 38 mm. La placa lleva cinco barrenos. Cuatro de ellos van en las esquinas, dejando  $\frac{1}{4}$ " hacia cada borde y con un diámetro de  $\frac{3}{16}$ " por los que pasan cuatro tornillos de acero inoxidable 6-32 x 1" de cabeza plana. Estos tornillos se insertan en cuatro agujeros roscados que van sobre la camisa cilíndrica de aluminio.

El agujero del centro es de  $\frac{5}{8}$ " con dos de sus laterales cortados de manera paralela y plana para evitar que el conector macho de micrófono de gire al ser apretado de manera circular. El conector va fijo a la placa por medio de una tuerca hexagonal de acero cromado y de perfil esbelto. Dado que el conector de micrófono se atornilla a placas más delgadas que la que se utilizó en este caso, se omitió la inserción de un arillo de alambre de acero que normalmente llevan ese tipo de conectores.

Esta placa, a su vez, está montada sobre un tubo cuadrado de aluminio de 38 mm x 38 mm por lado y de 1/16" de espesor. La base de ese tubo lleva una sección cortada semicircularmente para que el tubo asiente sobre la camisa cilíndrica de aluminio.

El Cable de Interconexión va soldado a la hembra del conector de micrófono. Ese cable es blindado con "foil" de aluminio; con cuatro cables individualmente cubiertos y con malla tejida de alambre. Esa malla se utiliza como tierra al momento de conectar el cable, por un lado a las Galgas Extensiométricas y por el otro al conector macho de micrófono por dentro, y entre el conector hembra de micrófono, por un lado y al Aparato de Registro y Almacenamiento de datos, por el otro lado.



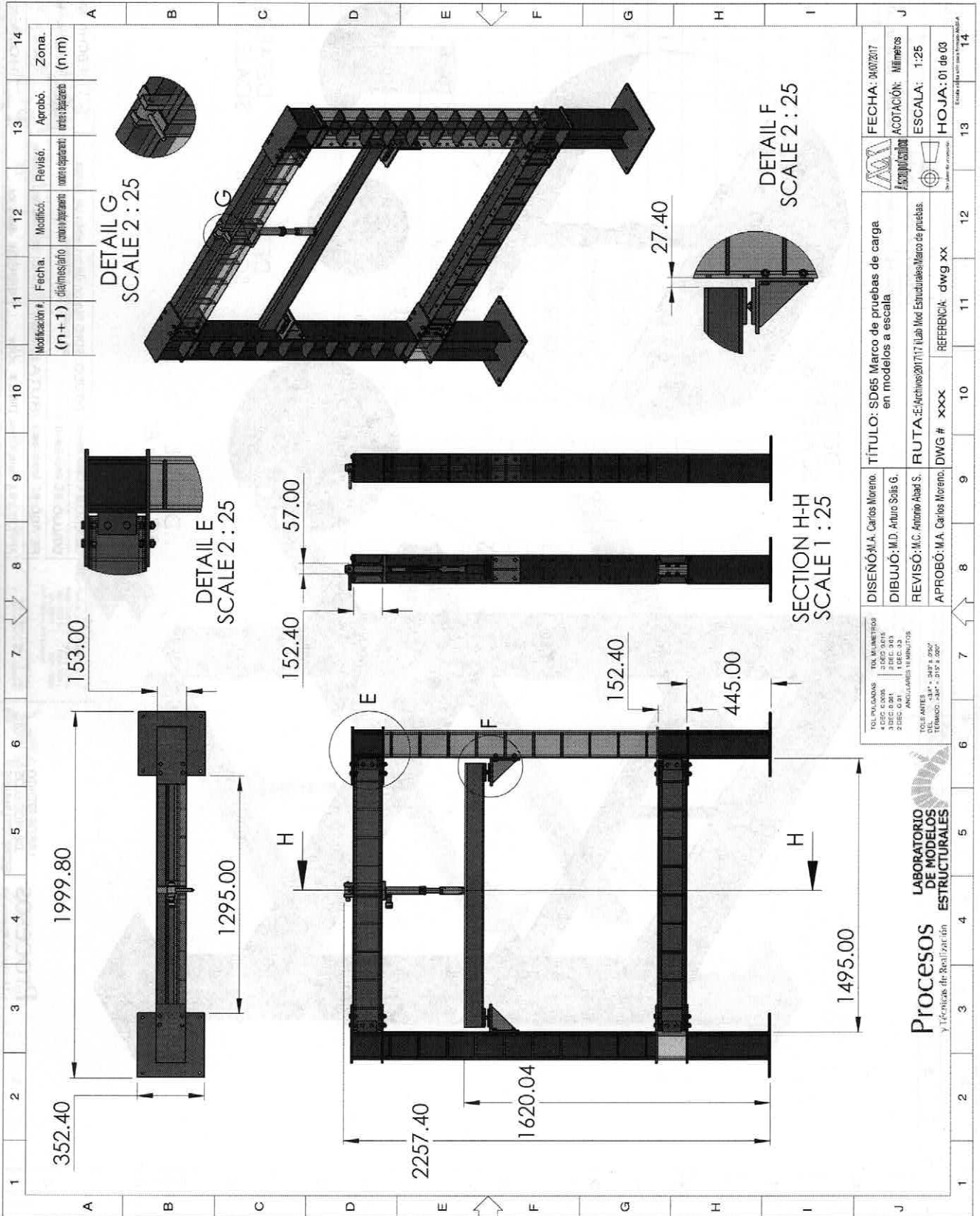
**Figura 7. Medidor digital de fuerza**

Este último es un aparato electrónico que recibe los impulsos eléctricos generados por las deformaciones sufridas por el vástago de las Celdas de Carga, transmitidas por las Galgas Extensiométricas, hacia el exterior por el conector y los cables.

#### **Acabado del Marco**

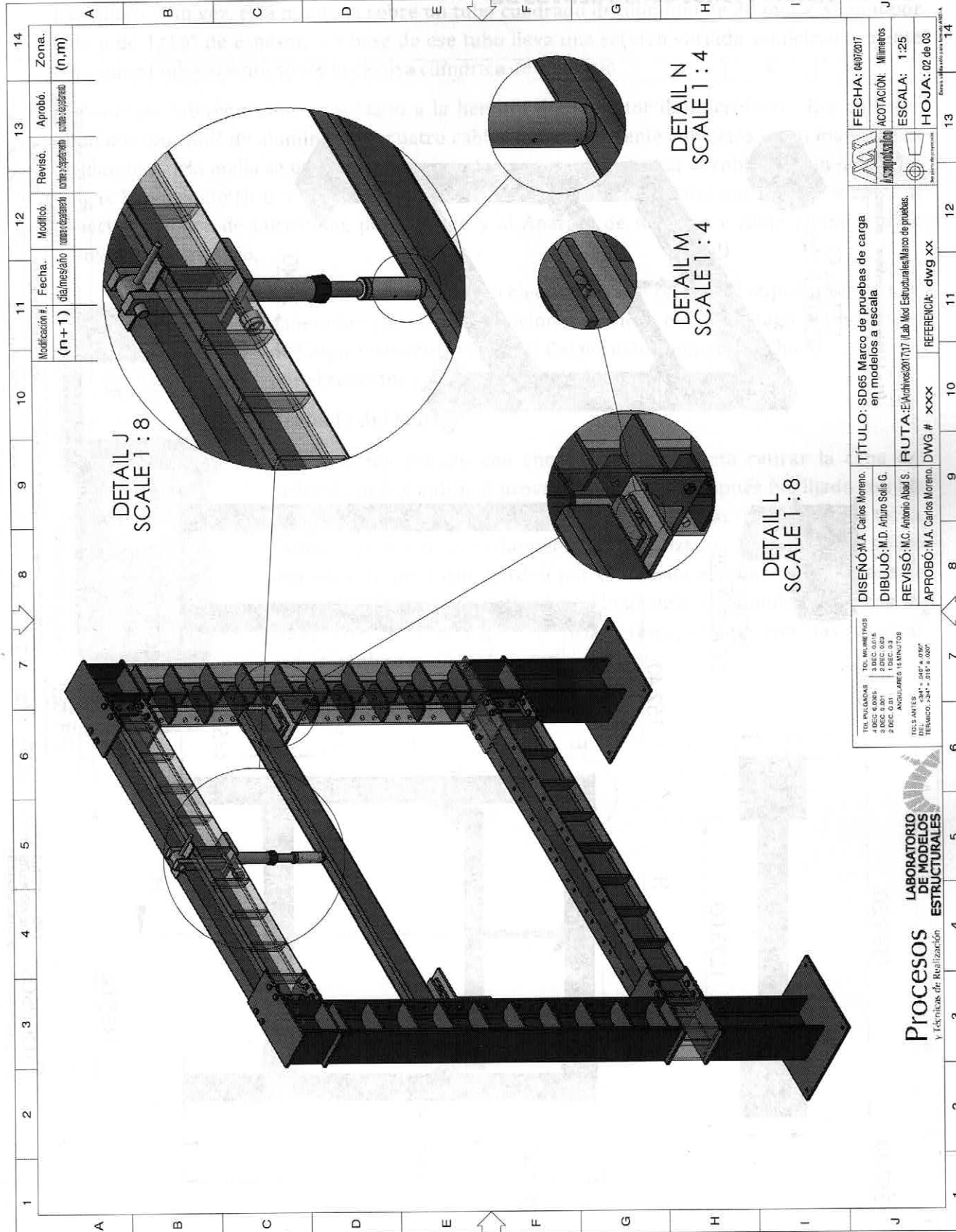
El Marco fue tratado con chorro de arena hasta retirar la capa del primario que le aplicó el proveedor original. Después fue lijado con lija de carburo de silicio, en varios grados hasta dejar una superficie tersa. Después pasó por un tratamiento de fosfatizado. Después se le aplicó una capa de primario epóxico por el método electrostático y luego se horneó a 180 grados centígrados. Finalmente se le aplicó una capa de color rojo y una capa de brillo transparente con las mismas características que el primario.

### 3.5.3. Planos constructivos 3D



FECHA: 9/07/2017	ACOTACIÓN: Milímetros	ESCALA: 1:25	HOJA: 01 de 03
TÍTULO: SD65 Marco de pruebas de carga en modelos a escala		REFERENCIA: dwg xx	
DISEÑO: M.A. Carlos Moreno		DWG #: xxxxx	
DIBUJO: M.D. Arturo Solís G.		RUTA: E:\Archivos\2017\Lab Mod Estructurales\Marco de pruebas	
REVISÓ: M.C. Antonio Alvar S.		APROBÓ: M.A. Carlos Moreno	
TOL. PALANCO 4 DEC 0.005 3 DEC 0.015 2 DEC 0.03 1 DEC 0.05 ANGULARES 10 MINUTOS TOL. ANTES DEL TALLADO: 3.4" ± 0.04" a 2.00" DEL TALLADO: 3.4" ± 0.05" a 2.00"		LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES y Técnicas de Realización	





DETAIL J  
SCALE 1 : 8

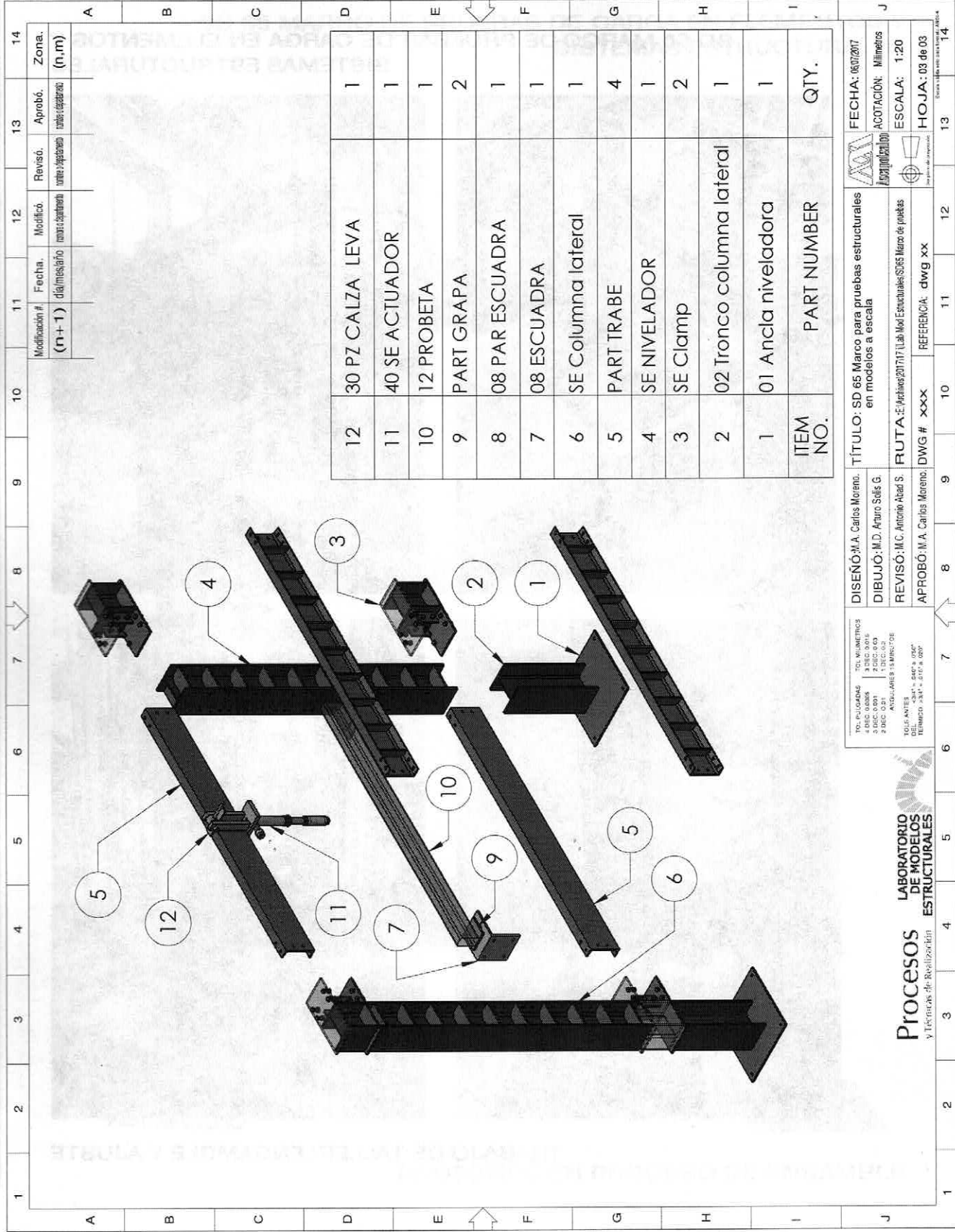
DETAIL N  
SCALE 1 : 4

DETAIL M  
SCALE 1 : 4

DETAIL L  
SCALE 1 : 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J						
										Modificación # (n+1)	Fecha. día/mes/año	Modificó. nombre y apellido	Revisó. nombre y apellido	Aprobó. nombre y apellido	Zona. (n.m)
										TITULO: SD65 Marco de pruebas de carga en modelos a escala		FECHA: 04/07/2017 ACOTACIÓN: Milímetros			
										RUTA: E-Archivos\2017\Lab Mod Estructurales\Marco de pruebas.		ESCALA: 1:25 HOJA: 02 de 03			
										DISEÑO: M.A. Carlos Moreno.	DWG # xxx	REFERENCIA: dwg xx			
										DIBUJO: M.D. Arturo Solís G.					
										REVISÓ: M.C. Antonio Abad S.					
										APROBO: M.A. Carlos Moreno.					
										TEL: 52-995-5100000 1 DEC 00:00 2 DEC 00:01 3 DEC 00:02 4 DEC 00:03 5 DEC 00:04 6 DEC 00:05 7 DEC 00:06 8 DEC 00:07 9 DEC 00:08 10 DEC 00:09 11 DEC 00:10 12 DEC 00:11 13 DEC 00:12 14 DEC 00:13		TEL: 52-995-5100000 1 DEC 00:00 2 DEC 00:01 3 DEC 00:02 4 DEC 00:03 5 DEC 00:04 6 DEC 00:05 7 DEC 00:06 8 DEC 00:07 9 DEC 00:08 10 DEC 00:09 11 DEC 00:10 12 DEC 00:11 13 DEC 00:12 14 DEC 00:13			

Procesos  
y Técnicas de Realización  
LABORATORIO  
DE MODELOS  
ESTRUCTURALES



12	30 PZ CALZA LEVA	1
11	40 SE ACTUADOR	1
10	12 PROBETA	1
9	PART GRAPA	2
8	08 PAR ESCUADRA	1
7	08 ESCUADRA	1
6	SE Columna lateral	1
5	PART TRABE	4
4	SE NIVELADOR	1
3	SE Clamp	2
2	02 Tronco columna lateral	1
1	01 Ancla niveladora	1
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.

11	Fecha.	Modificó.	Revisó.	Aprobó.	Zona.
(n+1)	dígitos	revisión	revisión	revisión	(n.m)

DISEÑO: M.A. Carlos Moreno.	TÍTULO: SD 65 Marco para pruebas estructurales en modelos a escala	FECHA: 06/07/2017
DIBUJO: M.D. Arturo Sols G.		ACOTACIÓN: Milímetros
REVISÓ: M.C. Antonio Alad S.	RUTA: E:\Archivos\2017\Lab.Mod.Estructurales\SD65 Marco de puentes	ESCALA: 1:20
APROBÓ: M.A. Carlos Moreno.	DWG # xxx	HOJA: 03 de 03
	REFERENCIA: dwg xx	

TO: PLAZAS	TO: VOLUMENES
4 DEC 0005	3 DEC 0016
3 DEC 0001	2 DEC 0003
9 DEC 001	13 DEC 003

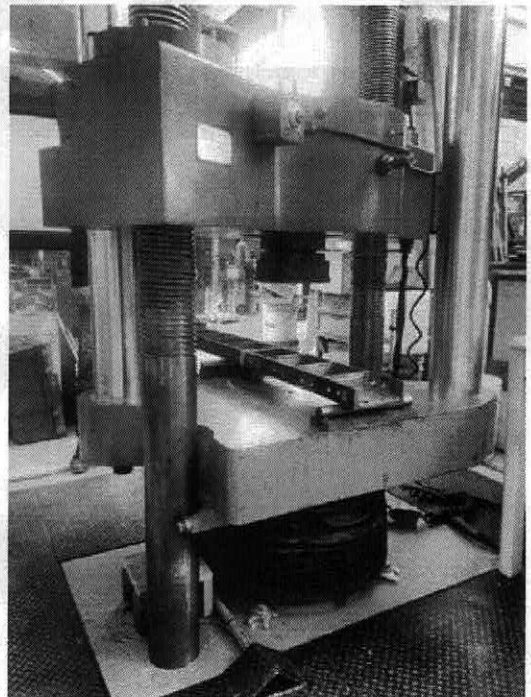
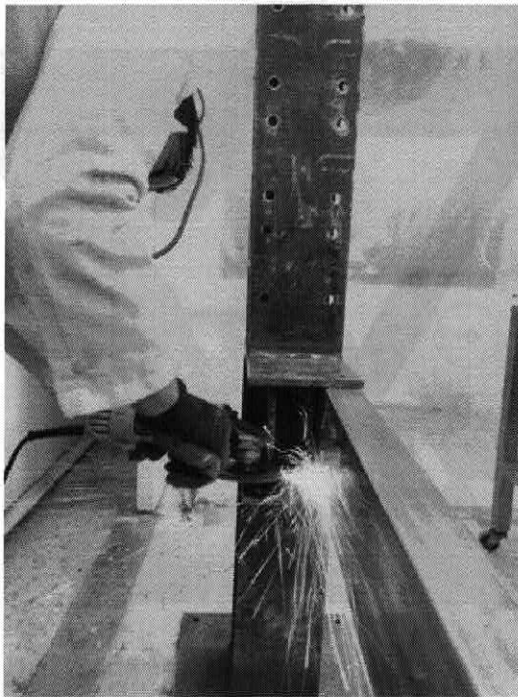
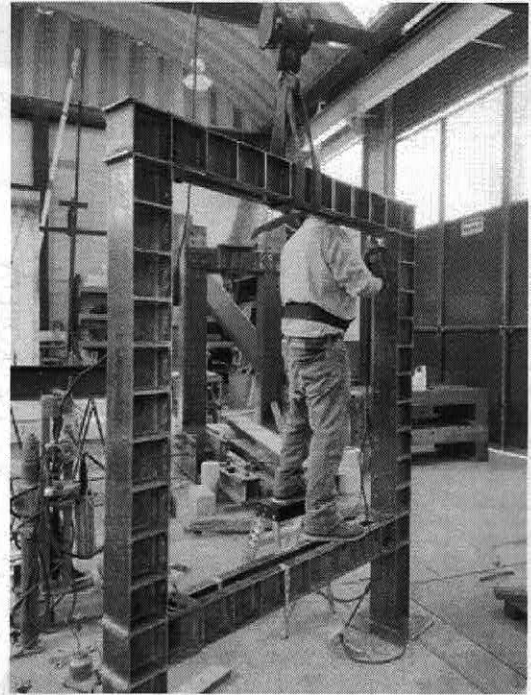
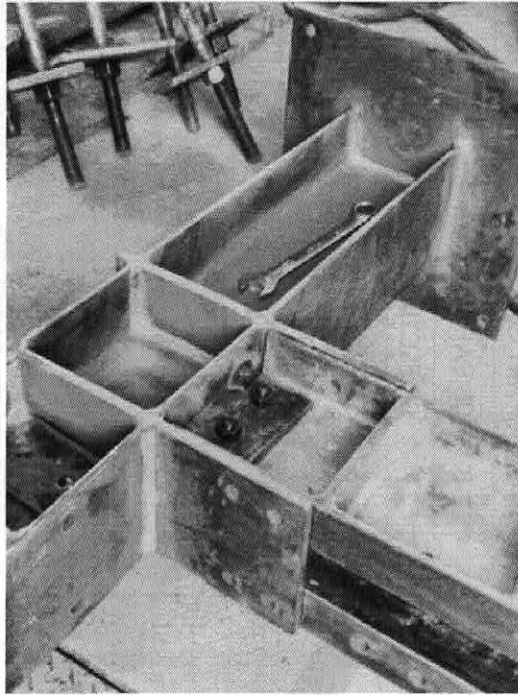
ANEXOS: PLANOS DE  
 SOLANTES: 34" x 44" - 64" x 104"  
 TERNERO: 34" x 44" - 64" x 104"

**Procesos**  
 y Técnicas de Realización

**LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES**

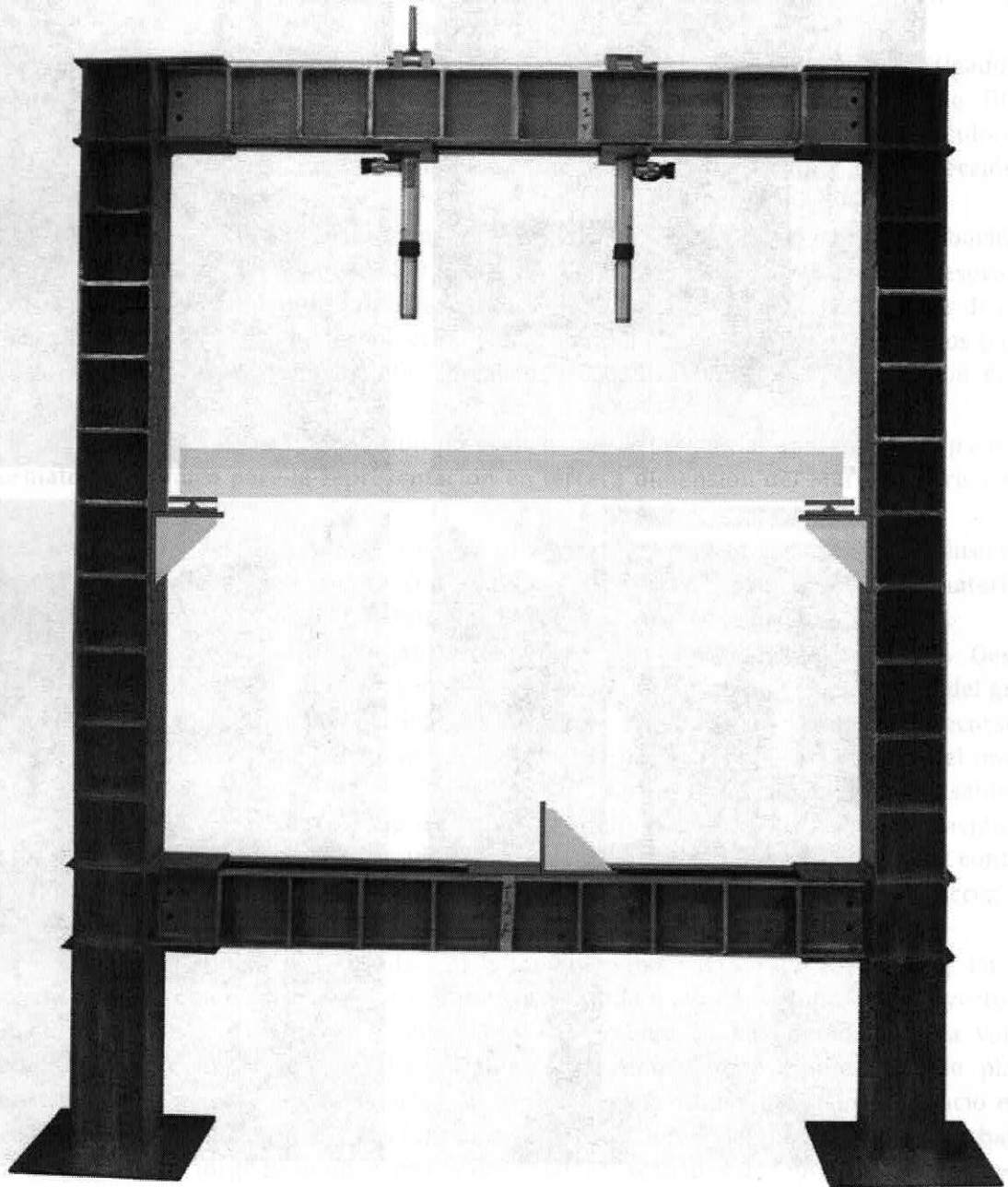
### 3.5.4. Memoria fotográfica

#### SD 65 MARCO DE PRUEBAS DE CARGA EN ELEMENTOS Y SISTEMAS ESTRUCTURALES



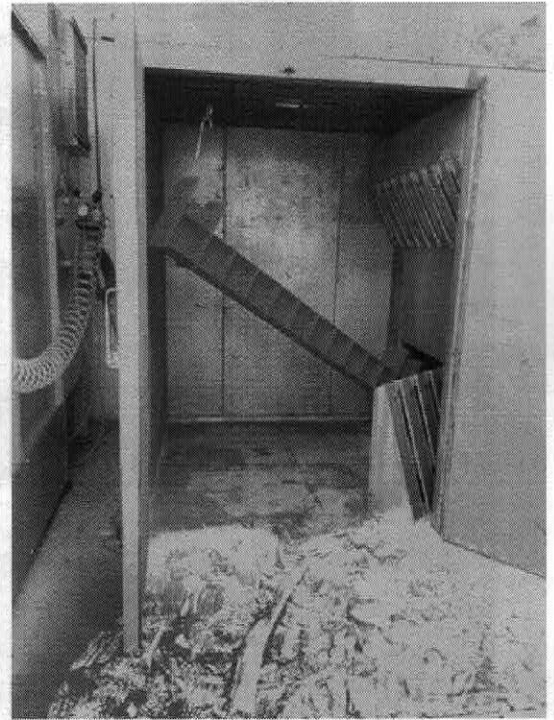
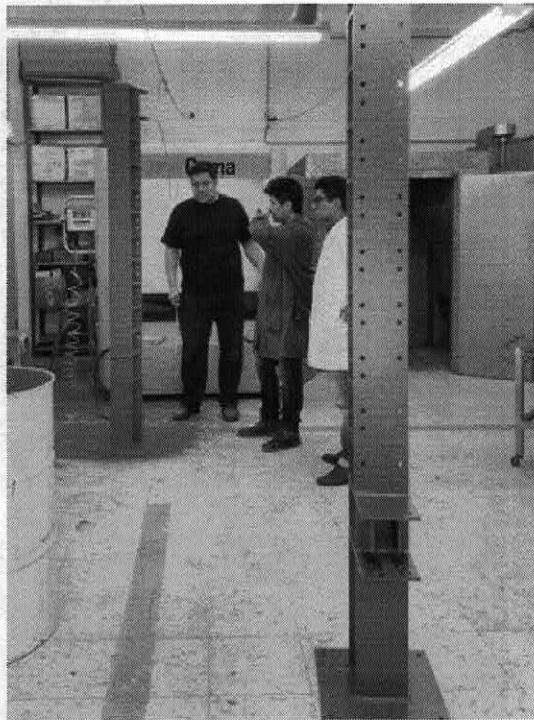
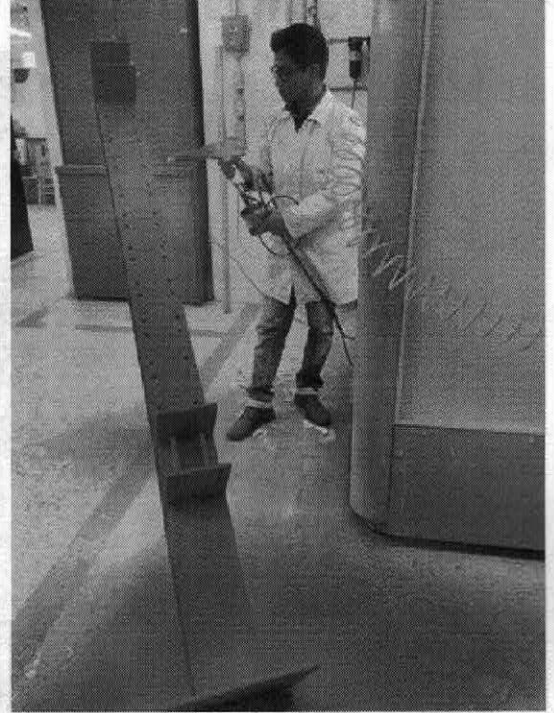
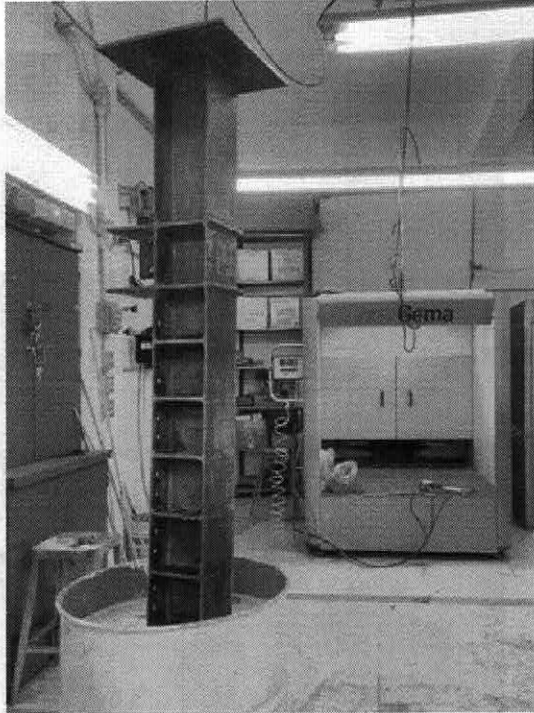
#### TRABAJO DE TALLER: ENSAMBLE Y AJUSTE

**SD 65 MARCO DE PRUEBAS DE CARGA EN ELEMENTOS Y SISTEMAS ESTRUCTURALES**



**PROTOTIPO EN PROCESO DE ENSAMBLE**

SD 65 MARCO DE PRUEBAS DE CARGA EN ELEMENTOS Y SISTEMAS ESTRUCTURALES



TRABAJO DE TALLER: PREPARACIÓN Y HORNEADO DE PINTURA

#### **4. Relación y descripción de actividades y resultados de cada uno de los participantes.**

##### **Interacción entre los integrantes del grupo de trabajo para lograr los objetivos del proyecto.**

- El grupo de trabajo se integra con distintas especialidades: Arquitectura, Diseño Industrial e Ingeniería Civil, de modo que la interacción es multidisciplinaria.
- Dr. Eduardo Arellano Méndez CBI. - El apoyo del asesor en este proyecto, investigador del Departamento de Materiales de CBI y Coordinador de la línea temática de Diseño Estructural, ha sido fundamental en la idea original, la propuesta teórica, el cálculo de la estructura, la definición de especificaciones de materiales y equipo y la selección de proveedores.
- M. en C. Antonio Abad Sánchez.- Cuya responsabilidad se ha centrado en la contribución de diseño industrial para la planeación y desarrollo de partes complementarias y accesorios de soporte para la sujeción del equipo de fuerza hidráulica, la fabricación de las celdas de carga y la coordinación para la materialización y acabado del Marco, la gestión de apoyos para el ajuste y rectificado de componentes metálicos y canalización para la adquisición de esa parte del equipo.
- M.D.I. Arturo Solís García.- Ejecución de gráficos descriptivos del aparato y sus partes en formato electrónico para la representación en tercera dimensión del Marco de Pruebas de Carga.
- Arq. Jorge Bermúdez García.- Asesoría al programa de servicio social y apoyo directo en procesos de limpieza del marco con sistema "sand blast", preparación de materiales, fosfatizado y acabado final electrostático en el Taller de Acabados de CyAD.
- Carlos H. Moreno Tamayo.- Organización, dirección y control del proyecto. Gestión académica administrativa, organización, programación, conducción y supervisión del grupo de trabajo. Ajustes en el diseño del Marco, partes y accesorios. Gestión de recursos y adquisiciones, reportes de avance del desarrollo del proyecto, registro gráfico del mismo. Registro y entrega del proyecto a PRODEP y Consejo Divisional. Como responsable del proyecto, también se ha encargado del acopio de información, difusión y vinculación con otros grupos e Instituciones interesados en el tema. Adicionalmente ha atendido el contacto con proveedores, la contratación de servicios y adquisición de equipo y accesorios necesarios.
- Para todo lo anterior se ha contado con la indispensable colaboración de la Arq. Patricia Abarca Romero como ayudante del Laboratorio en cada una de las etapas del proyecto y la difusión del mismo. Como parte del equipo de trabajo se ha contado con la valiosa colaboración de los pasantes Edson Daniel Ruiz Alfaro en la elaboración de planos constructivos y modelos de accesorios de soporte. Edgar Gutiérrez y Gustavo Lucio en el programa de servicio social para la fase de acabado y montaje del marco de pruebas bajo la dirección del Arq. Jorge Bermúdez, titular del Taller de Acabados de CyAD cuya experiencia y apoyo han sido de gran utilidad. La fabricación de probetas de ensayo ha corrido también a cargo del mencionado programa.
- La coordinación en la planeación y articulación de actividades se ha realizado en reuniones periódicas en el Seminario Permanente del Laboratorio de Modelos Estructurales promediando una frecuencia de dos sesiones por mes.

## **5. Relación con la docencia, la preservación y la difusión de la cultura del Proyecto de Investigación concluido.**

**Difundir los resultados. Participación en eventos relacionados con el tema estructural y didáctico para la exposición de resultados y vinculación con proyectos de otras Instituciones de Enseñanza Superior.**

En términos de docencia el proyecto, por su bajo costo y posibilidad de repetición cada trimestre, es posible la incorporación de pruebas destructivas de probetas a escala reducida en la programación regular de las UEAs relacionadas con el tema. Tal cosa no es factible en el Laboratorio de Estructuras con pruebas escala 1:1.

Para la difusión del proyecto y sus posibilidades de aplicación docente, se participó en el Congreso Nacional de Ingeniería Estructural (CNIE) de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural S.C. (SMIE), realizada del 16 al 19 de Noviembre 2016, donde se comunicó el avance del proyecto en la ponencia Modelos Estructurales como apoyo didáctico para la enseñanza de las estructuras en las licenciaturas de Ingeniería Civil y Arquitectura en la UAM Azcapotzalco. (Autores: Dr. Eduardo Arellano Méndez, M. en Arq. Carlos H. Moreno Tamayo, M. en C. Antonio R. Abad Sánchez, Arq. Patricia Abarca Romero, Ing. Félix Josué Gallegos Correa).

Se participó en la organización del 6th Structural Engineers World Congress, congreso internacional celebrado en Cancún, Q. R. del 14 al 17 de noviembre de 2017. El evento fue organizado por la Sociedad Mexicana de Arquitectos e Ingenieros Estructuristas de México (SEWC Capítulo México), varias entidades de la UNAM, la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica y la UAM Azcapotzalco.

En este congreso se participó además con la ponencia Structural Models at a Reduced Scale for Application in Teaching Structures (Autores: M. en Arq. Carlos H. Moreno Tamayo, M. en C. Antonio R. Abad Sánchez, Dr. Eduardo Arellano Méndez) y con 2 infografías del trabajo del LME y del proyecto SD 65 en la exposición de carteles del Congreso. En el diseño de infografías participó la Arq. Patricia Abarca y coordinó el Mtro. Daniel Casarrubias Castrejón.

## **6. Aportaciones al campo de conocimiento**

Dadas sus características de trabajo con especímenes destructibles a escala reducida, el proyecto se significa como una contribución innovadora al tipo de prácticas que habitualmente son llevados a cabo en el Laboratorio de Pruebas de Materiales bajo patrocinios específicos de empresas y entidades externas a la UAM cuyos tiempos, costos y oportunidad difícilmente coinciden con la demanda de las prácticas académicas que debieran incorporarse sistemáticamente en los programas de estudio.

La incorporación del Aparato SD 65 a las sesiones de prácticas de las UEAs correspondientes, hará posible su calendarización habitual y sistemática atendiendo a las necesidades particulares de cada programa y a un costo reducido.

Es necesario destacar que los especímenes y el equipo de fuerza están instrumentados electrónicamente, de modo que es posible registrar estadística y dimensionalmente las fuerzas aplicadas y las deformaciones resultantes. Los resultados obtenidos podrán ser comparables.

## **7. Coherencia entre metas, objetivos y resultados finales**

La metodología adoptada implica que los proyectos de investigación se desarrollen en tiempos relativamente breves cuyos resultados, en la mayoría de los casos se identifican sin problema con los objetivos y metas planteados, especialmente porque los materiales, dispositivos de operación y mecanismos implementados por el equipo de diseño industrial son sometidos al análisis del grupo de trabajo del Laboratorio que en sesiones colegiadas revisa y somete a prueba los modelos preliminares (funcionales) antes de aprobar en definitiva su fabricación y operación. Con ello se garantiza la respuesta a las necesidades planteadas en el análisis curricular correspondiente.

## **8. Trascendencia social**

El programa del Laboratorio de Modelos Estructurales está dirigido a la atención de ciertos aspectos de la problemática docente en el campo de referencia, enriqueciendo y facilitando los procesos educativos. Son los alumnos y profesores de nuestra institución, en primera instancia, los beneficiarios del programa, condición que no es limitativa ya que la difusión de resultados ha llevado a captar el interés de otras instituciones, logrando en el transcurso de los años numerosas participaciones en eventos académicos y profesionales de relevancia, tales como congresos nacionales e internacionales así como la suscripción de convenios específicos en los cuales se ha logrado desarrollar prototipos para otras Universidades.

Por lo descrito en el apartado anterior, la conclusión de la investigación en la que el prototipo SD 65 se involucra, tendrá impacto en los criterios de cálculo de estructuras que favorecen las condiciones de seguridad en la normativa de la industria de la construcción.

## **9. Conclusiones**

La propuesta y desarrollo de proyectos de investigación de corta duración permite arribar a resultados concretos y fácilmente verificables cuya aplicación se vuelve inmediata por su correspondencia con nichos académicos perfectamente identificados.

La experiencia obtenida en este proyecto y los precedentes, confirma la vocación de trabajo colaborativo entre entidades afines y complementarias en la formación universitaria entre arquitectos e ingenieros civiles, potenciando las posibilidades de una formación integral de los estudiantes de ambas disciplinas.

El género de productos académicos que se proponen implica la participación multidisciplinaria de diversos campos del diseño y las ingenierías, como lo corrobora la participación activa de profesores investigadores del Departamento de Materiales de CBI, de Diseño Industrial, Diseño de la Comunicación Gráfica y Arquitectura. El campo de interés se extiende a aspectos de otras disciplinas que en el corto plazo podrían integrarse, tales como la electrónica, la mecánica de fluidos y otras especialidades.

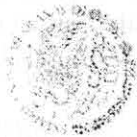
## **10. Anexos.**

- A. Aprobación PRODEP Cuerpo Académico
- B. Asesoría de equipo neumático por parte del Programa de Desarrollo Profesional en Automatización, UAM Azcapotzalco, a cargo del M. en C. Gerardo Aragón González y del M. en C. Alejandro León Galicia.
- C. Planos constructivos 2D del Aparato SD 65, elaborados con Software de Diseño CAD AutoCad 2015.



SEP

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



México, D.F., a 23 de Septiembre de 2015

**Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco  
Fortalecimiento de Cuerpos Académicos  
Convocatoria 2015**

**Acuse de resultados\***

**APROBADO**

Cuerpo Académico	IDCA	Clave	Monto aprobado	Vigencia
Modelos Estructurales en la Enseñanza del Diseño	21381	UAM-A-CA-135	\$300,000.00	23 de Septiembre de 2015 – 22 de Septiembre de 2016

Recibí el dictamen sobre el resultado de la evaluación de la solicitud presentada y la notificación de las actividades y recursos aprobados al cuerpo académico.

**Nombre del responsable del CA: Carlos Humberto Moreno Tamayo**

Firma del responsable del CA: \_\_\_\_\_

\* Este acuse deberá ser devuelto a la Dirección de Superación Académica a más tardar el día **23 de Noviembre de 2015**.



México, D.F., a 23 de Septiembre de 2015

Integrante(s) que realizará(n) la actividad	ID Actividad	Actividad	ID Recurso	Tipo de Recurso	Descripción	Monto Aprobado
					viáticos para dos integrantes del CA.	
Abad Sanchez Antonio Rodrigo Garcia Malo Flores Carlos Moreno Tamayo Carlos Humberto Noriega Estrada Ernesto	16382	2. Organización y realización de un seminario sobre desarrollo de recursos didácticos para la enseñanza de las estructuras a celebrarse en el primer semestre de 2016, con asistencia de ponentes externos.	42832	Profesores visitantes	Transporte y viáticos para dos ponentes a nivel nacional. Consumibles menores (papelería, carteles, trípticos, etc...)	\$30,000.00
Abad Sanchez Antonio Rodrigo Garcia Malo Flores Carlos Moreno Tamayo Carlos Humberto Noriega Estrada Ernesto	16383	3. Diseño y desarrollo del prototipo didáctico SD 65, aparato experimental consistente en un marco para pruebas de carga en elementos y sistemas estructurales a escala reducida.	42793	Equipo de laboratorio	Modelo Físico para Pruebas de Sistemas Estructurales, consistente en un marco estructural metálico con dimensiones de 1.50 x 2.50 m de altura elaborado con perfiles de acero IR dentro del cual actuarán cilindros hidráulicos y celdas de carga sobre probetas de concreto armado, acero u otros materiales, cuyas deformaciones y esfuerzos serán captadas por medio de galgas extensiométricas y registradas en	\$220,000.00

"Este programa es público ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa. Quien haga uso indebido de los recursos de este Programa deberá ser denunciado y sancionado de acuerdo con la ley aplicable y ante la autoridad competente".

**SEP**SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

Subsecretaría de Educación Superior  
 Dirección General de Educación Superior Universitaria  
 Dirección de Superación Académica  
 Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el tipo Superior

México, D.F., a 23 de Septiembre de 2015

**Recursos y montos aprobados:**

Integrante(s) que realizará(n) la actividad	ID Actividad	Actividad	ID Recurso	Tipo de Recurso	Descripción	Monto Aprobado
Abad Sanchez Antonio Rodrigo Garcia Malo Flores Carlos Moreno Tamayo Carlos Humberto Noriega Estrada Ernesto	15676	1. Actualización de la información del estado del arte sobre implementos, equipos y estrategias didácticas aplicables al proyecto. Difusión de resultados.	42274	Asistencia a congresos	<p>- MATDIDAC Congreso internacional sobre Material Didáctico Innovador. México octubre de 2016. Cuota de inscripción dos integrantes del CA.</p> <p>- 2016- 7th NAMES North American Materials Education Symposium. University of California, Berkeley, March 17-18, 2016. Cuota de inscripción, transporte y viáticos para dos profesores para un evento nacional y un evento internacional.</p> <p>- Congreso Internacional Structural Engineers World Congress (SEWC), Cancún Q.R. México, del 15 al 17 de noviembre de 2017. Cuota de inscripción, transporte y</p>	\$50,000.00

"Este programa es público ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa. Quien haga uso indebido de los recursos de este Programa deberá ser denunciado y sancionado de acuerdo con la ley aplicable y ante la autoridad competente".

Calle Vicente García Torres No. 235, Col. El Rosedal, Delegación Coyoacán, Distrito Federal, C.P. 04330.  
 Teléfono (55) 36 01 10 00 Ext. 65934

<http://dsa.sep.gob.mx>

**SEP**

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



Subsecretaría de Educación Superior  
Dirección General de Educación Superior Universitaria  
Dirección de Superación Académica  
Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el tipo Superior

México, D.F., a 23 de Septiembre de 2015

Integrante(s) que realizará(n) la actividad	ID Actividad	Actividad	ID Recurso	Tipo de Recurso	Descripción	Monto Aprobado
					una unidad de adquisición de datos. La operación de los cilindros hidráulicos se accionará con una bomba neumática manual.	

<b>Monto Total Aprobado al Cuerpo Académico</b>	<b>\$300,000.00</b>
---	---------------------

"Este programa es público ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa. Quien haga uso indebido de los recursos de este Programa deberá ser denunciado y sancionado de acuerdo con la ley aplicable y ante la autoridad competente".

Calle Vicente García Torres No. 235, Col. El Rosedal, Delegación Coyoacán, Distrito Federal, C.P. 04330,  
Teléfono (55) 36.01.10.00 Ext. 65934 <http://dsa.sep.gob.mx>

## B. Asesoría de equipo neumático

### Marco de pruebas de carga en elementos y sistemas estructurales

#### 1. Sistema de potencia neumático. Selección de actuadores.

Se propone el empleo de actuadores lineales de doble efecto, alimentados con aire comprimido, para aplicar las fuerzas de tensión y compresión sobre los elementos estructurales sometidos a ensayo.

El límite superior de presión, para los sistemas neumáticos de potencia, se fija habitualmente en 1.032 MPa (150 psi) para el aire almacenado en el tanque receptor del compresor y 688 kPa (100 psi) para la distribución a los actuadores. La elección de estos límites se explica por razones de economía en el uso de la energía (no por limitaciones tecnológicas). Un compresor típico de desplazamiento positivo, que comprime aire al límite normal de 1.032 MPa para almacenarlo, desperdicia aproximadamente el 50 % de la potencia suministrada por el motor transfiriéndola como calor hacia la atmósfera.

Por la naturaleza de la aplicación se elegirán actuadores lineales para uso rudo, de la serie 2A de Parker; figura 1. Estos actuadores satisfacen la norma ANSI/(NFPA) T3.6.7R2-1996, están contruidos con acero al carbón, tienen un límite nominal de presión de 1.72 MPa (250 psi), su construcción es con tirantes roscados, los diámetros del cilindro van de 1 a 14 pulg, diámetros del vástago entre 1 y 5½ pulg y se construyen con 17 estilos de montaje.

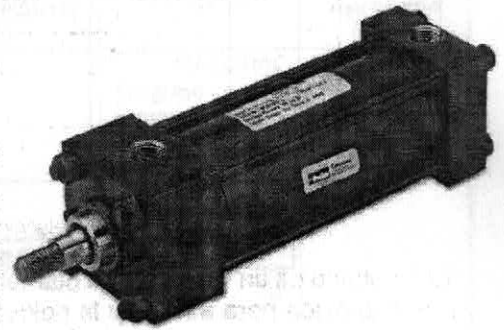


Fig 1 Actuador lineal de la serie 2A de Parker.

**1.1 Variables iniciales de diseño.** Las fuerzas de extensión y retroceso aplicadas por el actuador son idénticas,  $F_{ext} = F_{ret} = 2 \text{ ton} = 19'620 \text{ N} \approx 4409 \text{ lbf}$ . La carrera del actuador es  $s = 0.15 \text{ m} = 5.91 \text{ pulg}$  y los tiempos de extensión y retroceso no se han determinado. Se tomará un valor típico para las contrapresiones en ambos sentidos de desplazamiento,  $\Delta p_1 = \Delta p_c = 101.3 \text{ kPa} (14.7 \text{ psi})$ .

El montaje del actuador será fijo, con tirantes extendidos en el extremo de la tapa, estilo Parker TC (estilo MX2 de la NFPA); figura 2. El estilo TC es apropiado para aplicar fuerza lineal, facilita el montaje cuando hay limitaciones de espacio y tiene alta eficiencia porque las reacciones se transmiten a través de la línea central del actuador.

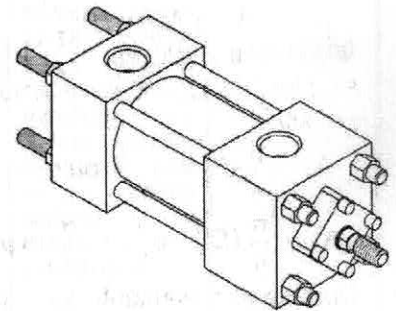


Fig 2 Actuador con montaje MX2 NFPA.

**1.2 Elección de los diámetros de pistón y vástago.** La selección del diámetro del vástago se lleva a cabo con el modelo de la carga crítica de pandeo de Euler. Los vástagos se diseñan para soportar una fuerza de empuje máxima:

$$F_{max} = \frac{P_c}{3.5}$$

donde  $P_c$  es la carga crítica de pandeo Euler;  $P_c = \pi^2 EI / L_b^2$ . La conexión entre el vástago del actuador y la carga será apoyada, sin guía rígida. El factor de carrera es  $f_c = 4$  y la longitud básica de diseño es  $L_b = f_c \times s = 4 \times 5.91 \text{ pulg} = 23.62 \text{ pulg}$ .

Los fabricantes de actuadores lineales han diseñado procedimientos simplificados basados en el modelo de Euler. En la figura 3 se muestra la carta de selección del diámetro del vástago, de Parker Hannifin Co. Se ingresa a la carta con  $F_{ext} = 4409 \text{ lbf}$  y  $L_b = 23.62 \text{ pulg}$ .

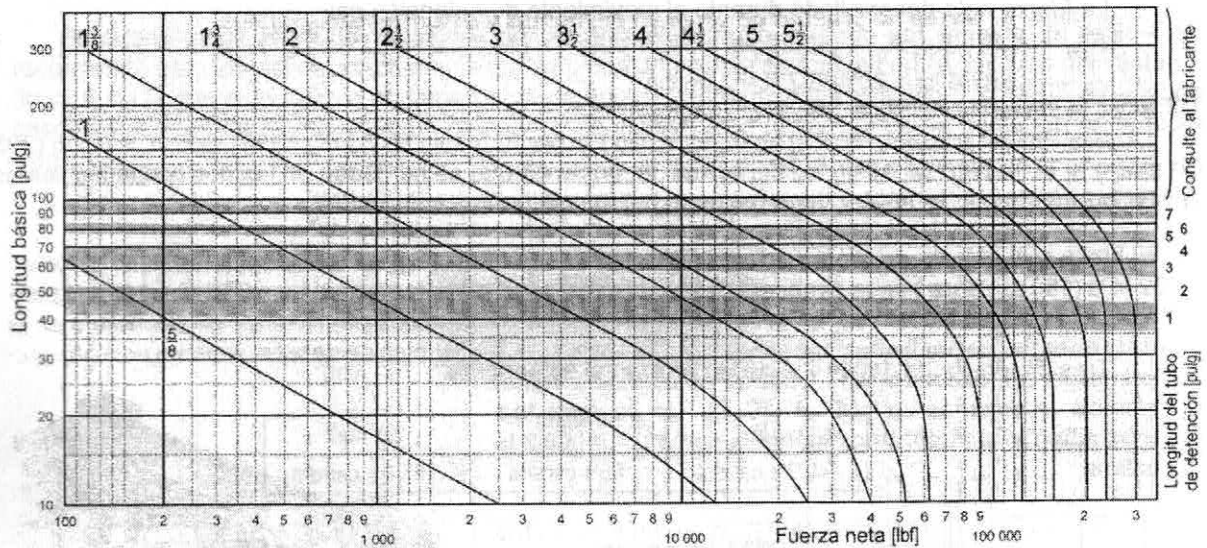


Fig 3 Carta de selección del diámetro de vástago, de Parker Hannifin.

El resultado es un vástago con diámetro estándar  $d_v = 1\frac{3}{8}$  pulg = 34.9 mm. El actuador no requiere un tubo de detención para asegurar la rigidez del vástago.

Como primera aproximación para elegir el diámetro del pistón se considera la situación ideal (sin considerar la oposición de las contrapresiones)  $F_{ext} = p_t A_t = p_t (\pi/4 D_p^2)$ , de donde se despeja:

$$D_p = \left[ \frac{4 F_{ext}}{\pi p_t} \right]^{1/2} \quad [1]$$

con la presión límite típica para alimentar la tapa,  $p_t = 100$  psi (688 kPa), se obtiene

$$D_p = \left[ \frac{4 \times 4'409 \text{ lbf}}{\pi \times 100 \text{ psi}} \right]^{1/2} = 7.49 \text{ pulg}$$

El diámetro estándar de pistón inmediato superior es  $D_p = 8$  pulg (203.2 mm). Las áreas de tapa y cabeza son:

$$A_t = \frac{\pi}{4} D_p^2 = \frac{\pi}{4} (8 \text{ pulg})^2 = 50.27 \text{ pulg}^2 \quad [2]$$

$$y \quad A_c = \frac{\pi}{4} (D_p^2 - d_v^2) = \frac{\pi}{4} [(8 \text{ pulg})^2 - (1\frac{3}{8} \text{ pulg})^2] = 48.78 \text{ pulg}^2 \quad [3]$$

Durante el movimiento de retroceso el actuador desarrolla la menor fuerza:

$$F_{ret} = p_c A_c - \Delta p_t A_t = p_c \frac{\pi}{4} (D_p^2 - d_v^2) - \Delta p_t \frac{\pi}{4} D_p^2 \quad [4]$$

donde  $p_c$  = presión aplicada en la cabeza del actuador

$\Delta p_t$  = contrapresión en el lado de la tapa, 14.7 psi (101.3 kPa)

$D_p$  = diámetro del pistón (lado de la tapa)

$d_v$  = diámetro del vástago (lado de la cabeza)

De [4] se despeja la presión verdadera necesaria en la cabeza del actuador:

$$p_c = \frac{F_{ret} + \Delta p_t A_t}{A_c} = \frac{4'409 \text{ lbf} + 14.7 \text{ psi} \times 50.27 \text{ pulg}^2}{48.78 \text{ pulg}^2} = 105.6 \text{ psi (726 kPa)} \quad [5]$$

B. Actuador de equipo neumático

La fuerza neta desarrollada durante el movimiento de extensión es:

$$F_{ext} = p_t A_t - \Delta p_c A_c = (105.6 \text{ psi} \times 50.27 \text{ pulg}^2) - (14.7 \text{ psi} \times 48.78 \text{ pulg}^2) \quad [6]$$

$$= 4'587.6 \text{ lbf} = 20'406.7 \text{ N} = 2.08 \text{ ton}$$

1.3 Geometría del actuador. Para el actuador estilo Parker TC (estilo MX2 de la NFPA), con  $D_p = 8 \text{ pulg}$  (203.2 mm) y  $d_v = 1\frac{3}{8} \text{ pulg}$  (34.9 mm), se tienen las dimensiones que se muestran en las dos tablas siguientes y la figura 4 (todas las anotaciones están en milímetros, salvo la rosca DD):

AA	BB	DD	E	EE	F	G	J	K	R	TT	WF	Y
231.1	58.7	5/8-18-UNF	215.9	G3/4	19.1	50.8	38.1	16	163.6	101.6	41.3	68

Tres dimensiones dependen de la carrera del actuador (s = 150 mm):

LB	P	ZB max
149.2 + carrera	86 + carrera	187.4 + carrera

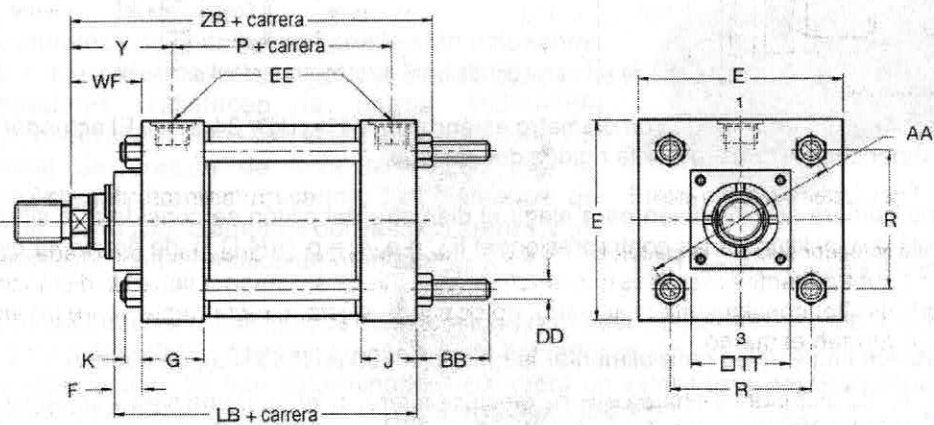


Fig 4 Dimensiones del actuador con montaje MX2 de la NFPA.

Los puertos para el paso del caudal de aire comprimido, en la tapa y la cabeza del actuador, tendrán rosca cónica NPTF (National Pipe Taper Fuel) para sello seco, tamaño 3/4 (diámetro 26.67 mm, 14 hilos /pulg). Este tipo de puertos tiene una gran flexibilidad para montar conexiones de acoplamiento rápido con manguera neumática: figura 5.



Fig 5 Conector rápido 3/4 NPTF.

Se puede elegir entre dos opciones típicas para el extremo roscado del vástago. El estilo 4 se recomienda para las aplicaciones en las que la pieza de trabajo se apoya contra el borde del vástago; figura 6. Si la pieza de trabajo no tiene borde de apoyo, se recomienda el estilo 8; figura 7. En ambos casos se puede elegir entre rosca métrica y rosca inglesa. Las dimensiones se muestran en la tabla siguiente (todas las anotaciones están en milímetros, salvo la rosca DD):

KK Métrica	KK Inglesa	CC Métrica	CC Inglesa	A	B	D	NA	V	W
M 26x1.5	1-14-UNS	M 30x2	1¼-12-UNF	41.3	50.77	30	33.3	6.4	22.2

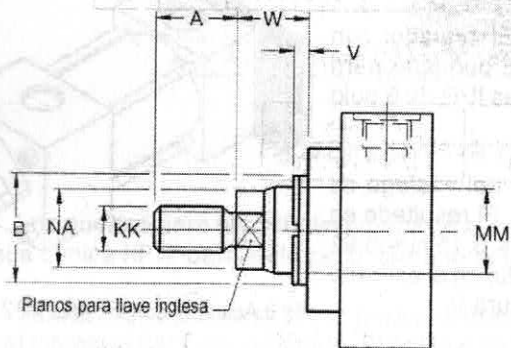


Fig 6 Extremo roscado estilo 4.

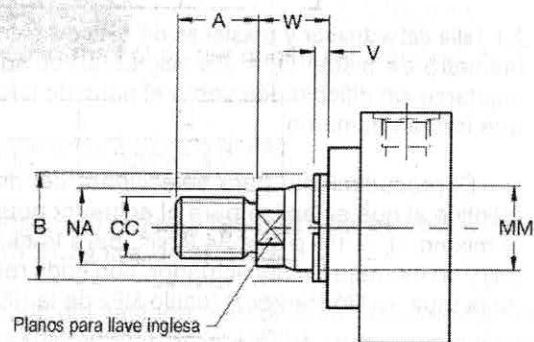


Fig 7 Extremo roscado estilo 8.

1.4 Sujeción del actuador sobre el actuador. La tapa del actuador lineal es una placa cuadrada, con arista  $E = 216$  mm. Los cuatro tirantes roscados que servirán para sujetar al actuador tienen la distancia  $R = 163.6$  mm entre centros. Por consiguiente el actuador no se puede sujetar directamente sobre las viguetas IPR de 6 pulg que forman el marco.

La sujeción del actuador se hará con una placa de acero, sujeta por una cara a la tapa del actuador y por la otra al patín de la vigueta; figura 8.

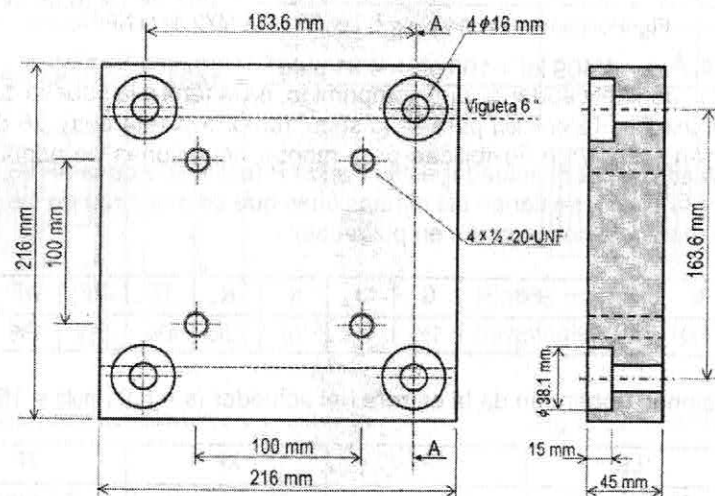


Fig 8 Placa para sujetar el actuador en el patín de la vigueta.



## 2. Sistema de potencia hidráulico. Selección de actuadores.

Los sistemas hidráulicos suelen funcionar con presiones de hasta 24 MPa (3'500 psi), o aún más para aplicaciones especiales. La disponibilidad de una presión considerablemente mayor a la que se desarrolla en un sistema neumático permite reducir sustancialmente la talla de los actuadores. Las fuerzas de extensión y retroceso para el marco de pruebas,  $F_{ext} = F_{ret} = 2 \text{ ton} = 19'620 \text{ N} \approx 4409 \text{ lbf}$ , se pueden desarrollar con los siguientes diámetros de pistón y —aproximadamente— las siguientes presiones:

$$\begin{aligned} D_p &= 2\frac{1}{2} \text{ pulg, con } p_t \approx 6.9 \text{ MPa} = 1000 \text{ psi} \quad \checkmark \\ D_p &= 3\frac{1}{4} \text{ pulg, con } p_t \approx 2.9 \text{ MPa} = 550 \text{ psi} \\ D_p &= 4 \text{ pulg, con } p_t \approx 2.75 \text{ MPa} = 400 \text{ psi} \end{aligned}$$

**2.1 Talla del actuador y presiones del sistema hidráulico.** El actuador con diámetro de pistón  $D_p = 2\frac{1}{2}$  pulg es apropiadamente pequeño para sujetarse sin dificultades sobre el patín de las viguetas IPR de 6 pulg que forman el marco.

El procedimiento para seleccionar del diámetro del vástago es idéntico al que se aplicó para el actuador neumático. El resultado es el mismo,  $d_v = 1\frac{3}{8}$  pulg = 34.9 mm, para la carrera  $s = 0.15 \text{ m} = 5.91$  pulg y un montaje fijo del actuador, con brida rectangular en el extremo de la tapa, estilo Parker H (estilo MF2 de la NFPA); figura 9.

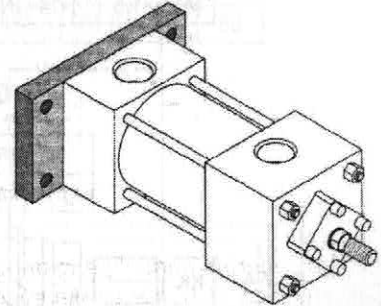


Fig 9 Actuador con montaje MF2 NFPA.

Las áreas de tapa y cabeza son:

$$A_t = \frac{\pi}{4} D_p^2 = \frac{\pi}{4} (2\frac{1}{2} \text{ pulg})^2 = 4.91 \text{ pulg}^2 \quad [7]$$

$$\text{y } A_c = \frac{\pi}{4} (D_p^2 - d_v^2) = \frac{\pi}{4} [(2\frac{1}{2} \text{ pulg})^2 - (1\frac{3}{8} \text{ pulg})^2] = 3.42 \text{ pulg}^2 \quad [8]$$

Para verificar el balance de fuerzas en ambos sentidos de desplazamiento, extensión y retroceso, se tomará un valor típico para las contrapresiones en ambos sentidos  $\Delta p_t = \Delta p_c = 687.9 \text{ kPa}$  (100 psi). Las presiones que el sistema hidráulico debe aplicar en los puertos del actuador son:

$$p_t = \frac{F_{ext} + \Delta p_c A_c}{A_t} = \frac{4'409 \text{ lbf} + 100 \text{ psi} \times 3.42 \text{ pulg}^2}{4.91 \text{ pulg}^2} = 967.94 \text{ psi} (6.66 \text{ MPa}) \quad [9]$$

$$p_c = \frac{F_{ret} + \Delta p_t A_t}{A_c} = \frac{4'409 \text{ lbf} + 100 \text{ psi} \times 4.91 \text{ pulg}^2}{3.42 \text{ pulg}^2} = 1431.1 \text{ psi} (9.85 \text{ MPa}) \quad [10]$$

**1.3 Geometría del actuador.** Para el actuador estilo Parker H (estilo MF2 de la NFPA), con  $D_p = 2\frac{1}{2}$  pulg (63.5 mm) y  $d_v = 1\frac{3}{8}$  pulg (34.9 mm), se tienen las dimensiones que se muestran en las dos tablas siguientes y la figura 10 (todas las anotaciones están en pulgadas):

E	F	FB	G	J	K	R	TF	UF	WF	Y
3½	¾	9/16	1¼	1½	7/16	2.55	4¾	5½	1¾	2¾

Cuatro dimensiones dependen de la carrera del actuador ( $s = 5.91$  pulg = 150 mm):

LB	P	XF	ZF
5¾ + carrera	3 + carrera	6¾ + carrera	7 + carrera

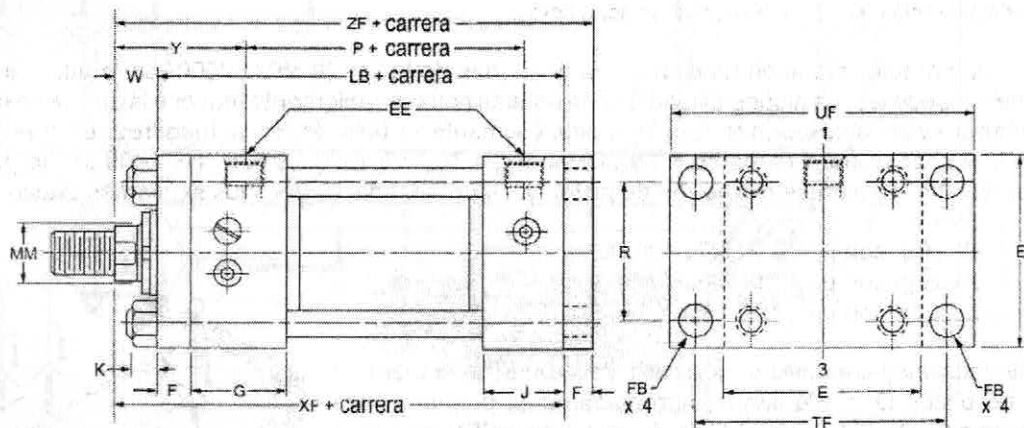


Fig 10 Dimensiones del actuador con montaje MX2 de la NFPA.

Los puertos para el paso del caudal de aire comprimido, en la tapa y la cabeza del actuador, tendrán rosca cónica NPTF para sello seco, tamaño  $\frac{1}{2}$  (diámetro 21.34 mm, 14 hilos /pulg).

Existen dos opciones típicas para el extremo roscado del vástago, que difieren fundamentalmente en el diámetro del tramo roscado. El estilo 4 se recomienda para las aplicaciones en las que la pieza de trabajo se apoya contra el borde del vástago; figura 11. Si la pieza de trabajo no tiene borde de apoyo, se recomienda el estilo 8; figura 12. Las dimensiones se muestran en la tabla siguiente (todas las anotaciones están en pulgadas):

KK Inglesa	CC Inglesa	A	B	C	D	LA	NA	V	W
1-14-UNF	1 $\frac{1}{4}$ -12-UNF	1 $\frac{5}{8}$	1.999	$\frac{5}{8}$	1 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{5}{8}$	1 $\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	1

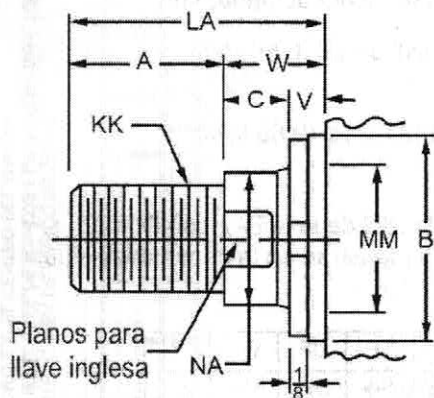


Fig 11 Extremo roscado estilo 4.

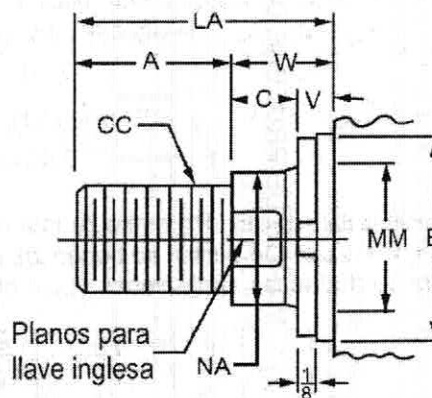
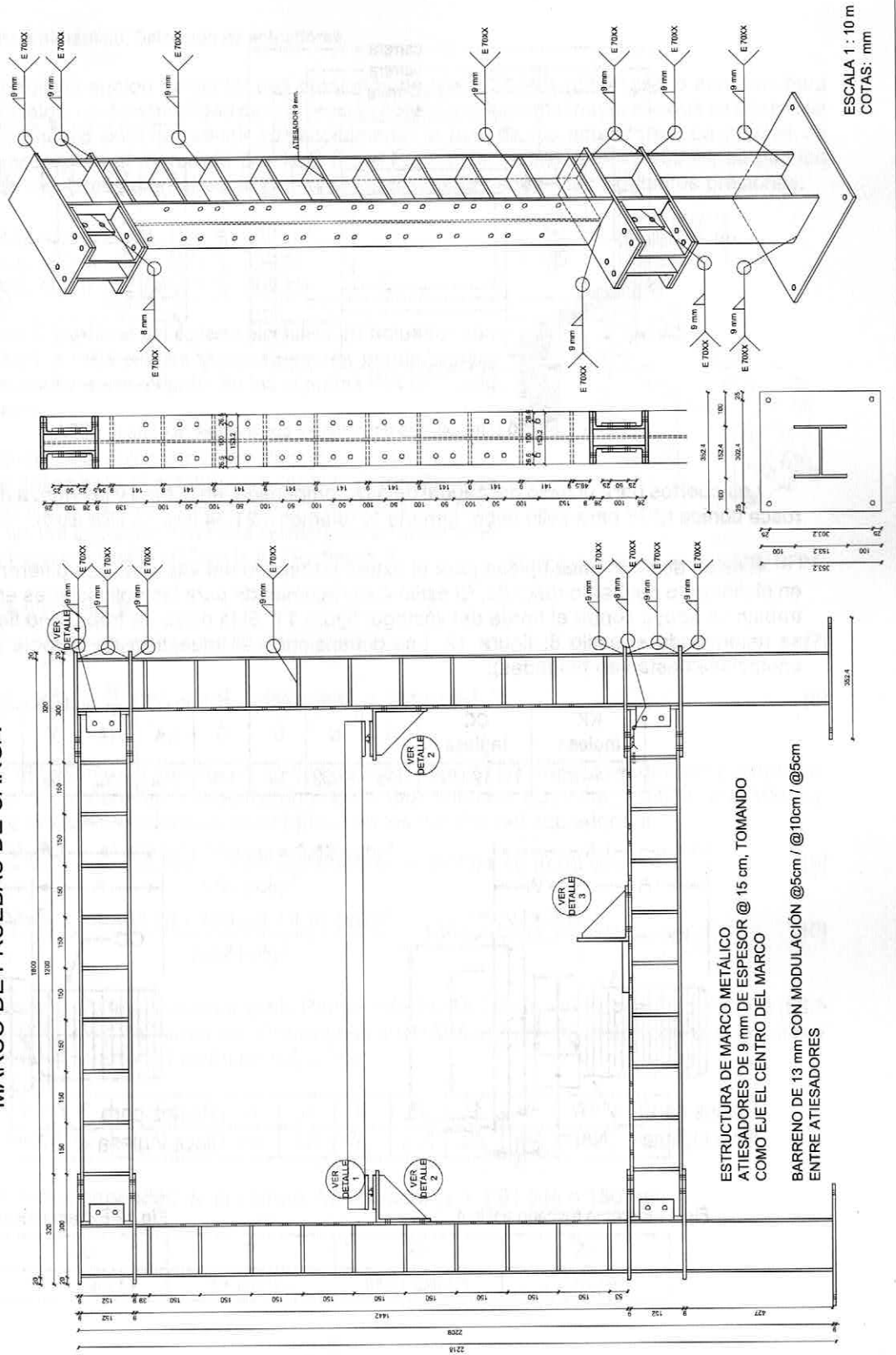


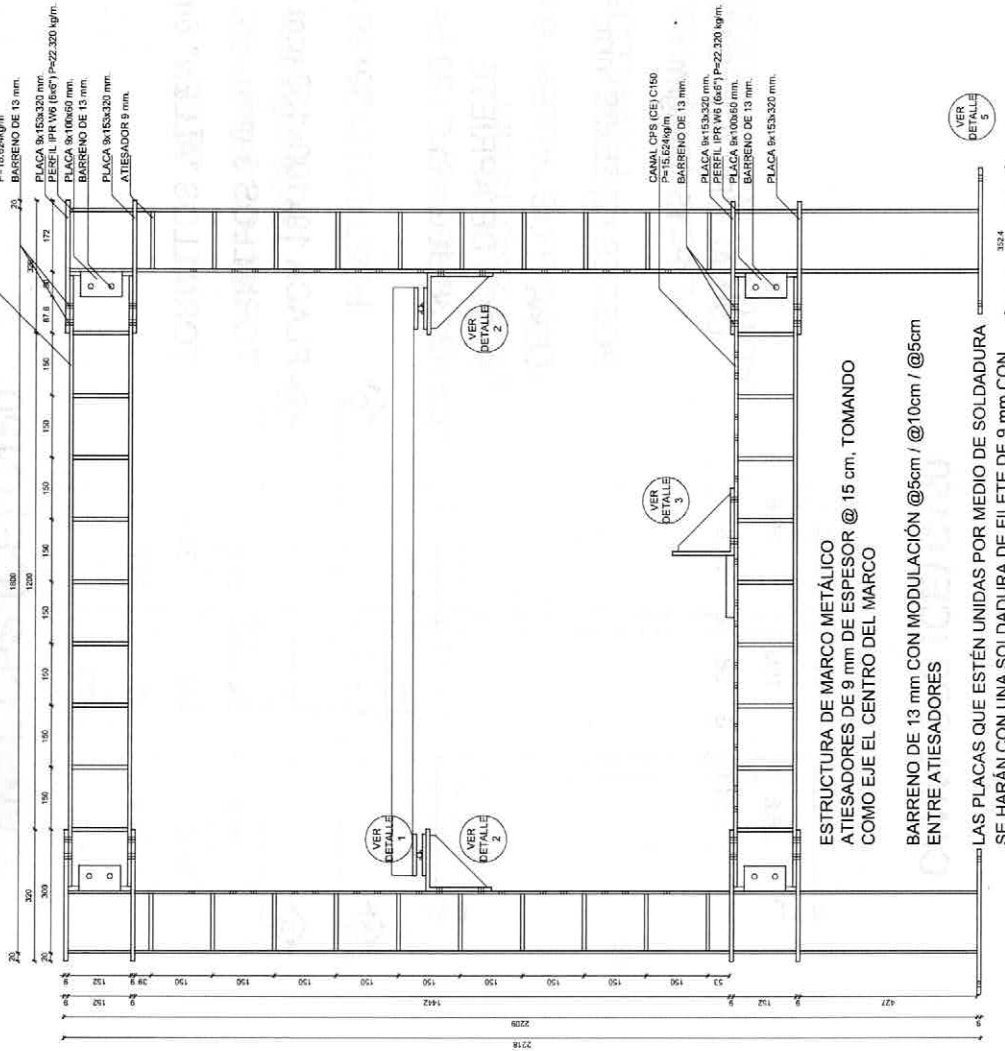
Fig 12 Extremo roscado estilo 8.

# C. Planos constructivos 2D

## MARCO DE PRUEBAS DE CARGA



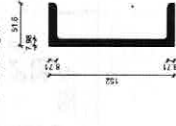
# MARCO DE PRUEBAS DE CARGA



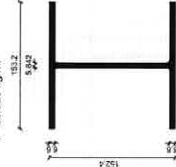
**ESTRUCTURA DE MARCO METÁLICO**  
 ATIESADORES DE 9 mm DE ESPESOR @ 15 cm, TOMANDO  
 COMO EJE EL CENTRO DEL MARCO  
 BARRERNO DE 13 mm CON MODULACIÓN @5cm / @10cm / @5cm  
 ENTRE ATIESADORES  
 LAS PLACAS QUE ESTÉN UNIDAS POR MEDIO DE SOLDADURA  
 SE HARÁN CON UNA SOLDADURA DE FILETE DE 9 mm CON  
 ELECTRODO 70XX

## PERFILES

CANAL CFS (CE) C150  
P=16,64kg/m

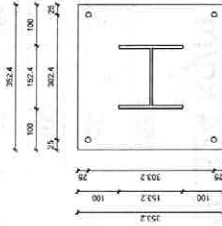


PERFIL IPR W6 (6x6")  
P=22,320 kg/m



ESCALA 1 : 5 m

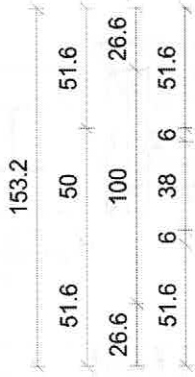
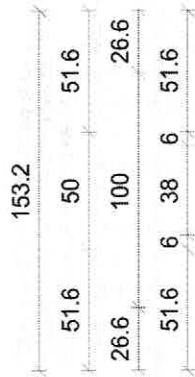
## DETALLE 5



ESCALA 1 : 10 m  
COTAS: mm

**CANAL CPS (CE) C150**

**PESO= 15.624 kg/m**



**CANAL CPS (CE) C150**

**P=15.624kg/m**

**POSTES (2) 25x38 mm.**

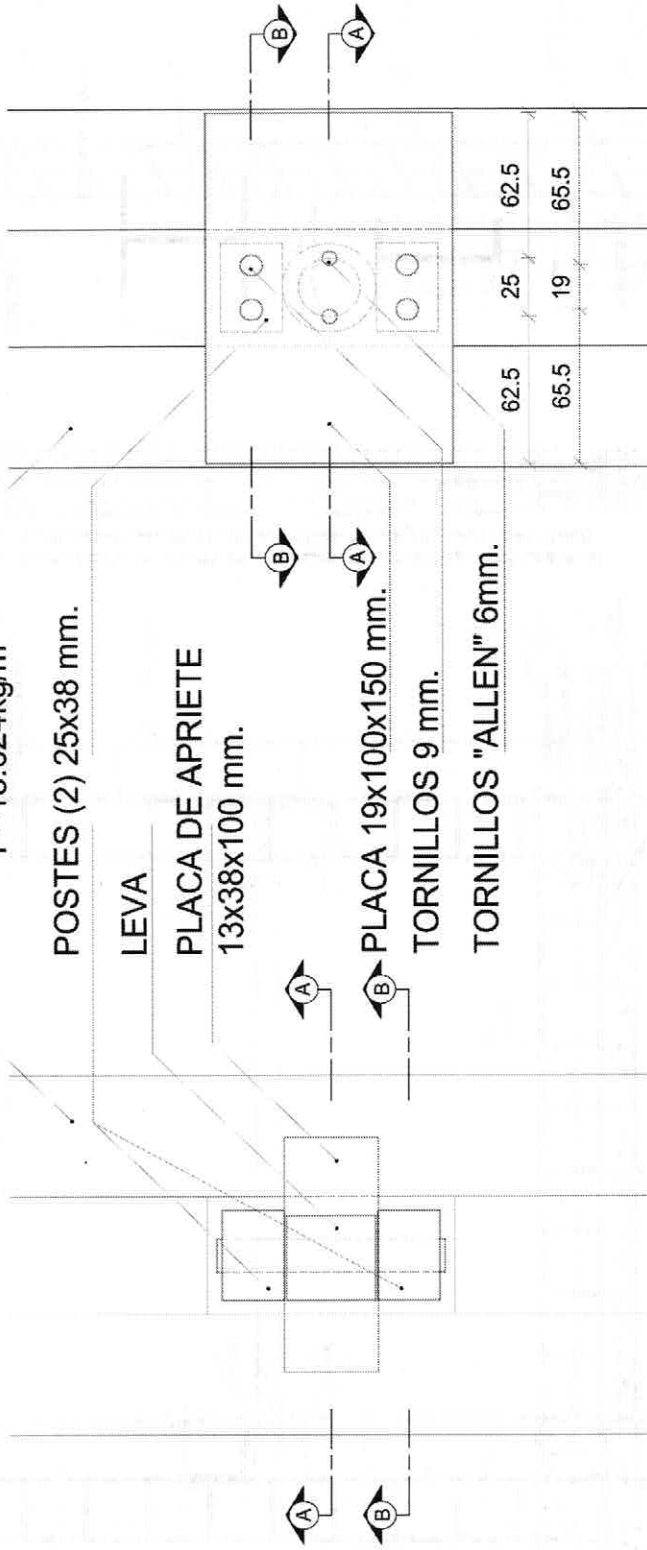
**LEVA**

**PLACA DE APRIETE**  
**13x38x100 mm.**

**PLACA 19x100x150 mm.**

**TORNILLOS 9 mm.**

**TORNILLOS "ALLEN" 6mm.**



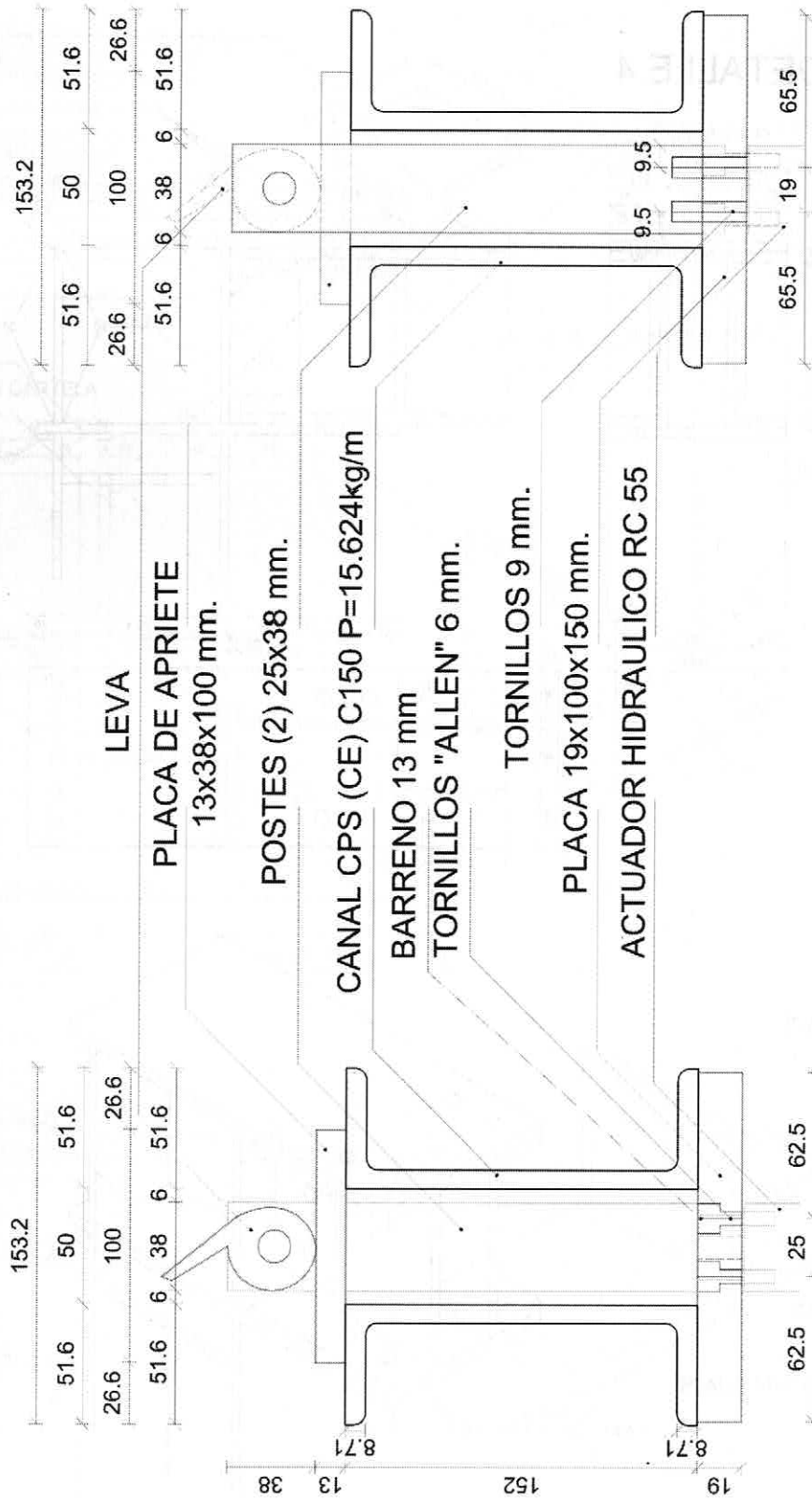
**PLANTA VISTA DE ARRIBA**

**PLANTA VISTA DE ABAJO**

**ESCALA 1 : 2.5 m**  
**COTAS: mm**

# CANAL CPS (CE) C150

PESO = 15.624 kg/m



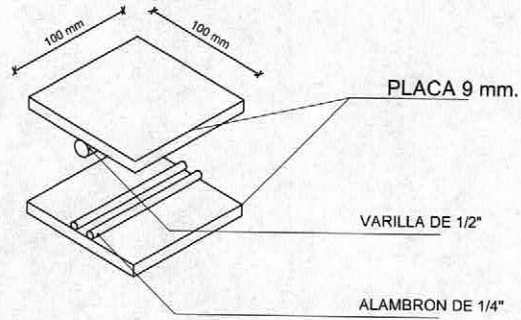
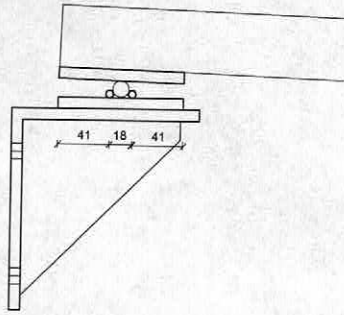
## SECCIÓN A

## SECCIÓN B

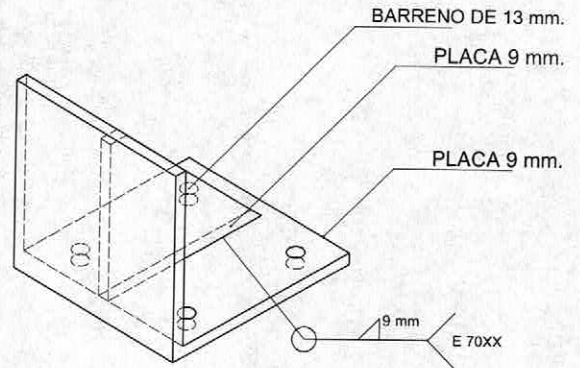
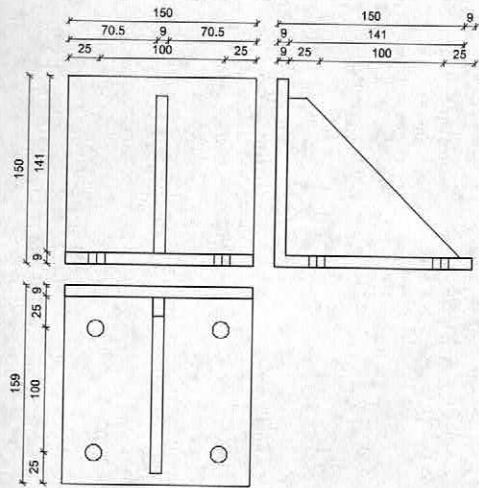
ESCALA 1 : 2.5 m  
COTAS: mm



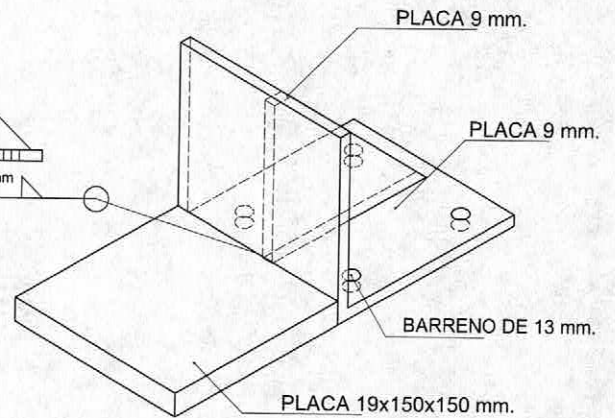
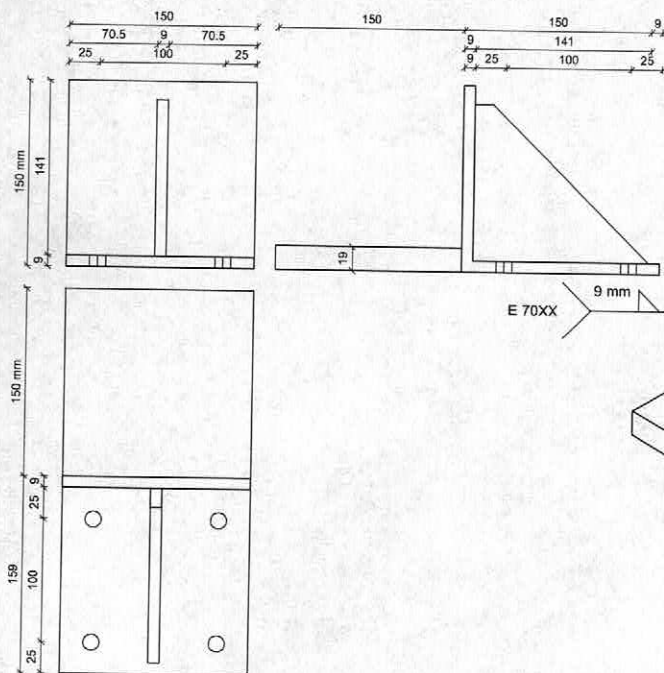
DETALLE 1



DETALLE 2 CARTELA



DETALLE 3 CARTELA



ESCALA 1 : 5 m  
COTAS: mm