

26 de septiembre de 2023

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 3.3 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, en particular el cumplimiento de requisitos conforme a la ficha informativa anexa y considerando suficientemente sustentada la solicitud de Prórroga de Proyecto de Investigación, propone el siguiente:

Dictamen

Aprobar la solicitud de Prórroga del Proyecto de Investigación N-528 “Aparato SD68, Vigas Hiperestáticas”, hasta el trimestre 24-I, el responsable es el Mtro. Antonio R. Abad Sánchez, adscrito al Programa de Investigación P-047 “Laboratorio de Modelos Estructurales” y que forma parte del Grupo de Investigación “Tecnología y Diseño en las Edificaciones”, presentado por el Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.

La y los siguientes integrantes que estuvieron presentes en la reunión y se manifestaron a favor del dictamen de prórroga: Dr. Luis Jorge Soto Walls, Mtra. Sandra Luz Molina Mata y Dra. Marcela Burgos Vargas.

Atentamente
Casa abierta al tiempo



Mtra. Areli García González
Coordinadora de la Comisión



Unidad Azcapotzalco

División de Ciencias y Artes para el Diseño

Departamento de Procesos y Técnicas de Realización

Ciudad de México, a 21 de septiembre del 2023

PyTR/117/2023

Mtra. Areli García González

Coordinadora de la Comisión encargada de la revisión, registro y seguimiento de los proyectos, programas, 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.

División de Ciencias y Artes para el Diseño

Presente

Una vez atendidas sus observaciones emitidas mediante oficio **SACD/CYAD/525/2023** con fecha del 24 de agosto del presente, referente a la solicitud de prórroga del proyecto de investigación *N-528 "Aparato SD68 Vigas Hiperestáticas"* bajo responsabilidad del Mtro. Antonio Rodrigo Abad Sánchez registrado en el Programa P-047 "Laboratorio de Modelos Estructurales" del Grupo de Investigación Tecnología y Diseño en las Edificaciones de este departamento, se envían los documentos correspondientes

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente

Casa abierta al tiempo



Dr. Ewing Antonio Almeida Calderón

Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización

División de Ciencias y Artes para el Diseño

c.p.p. Mtro. Alejandro Viramontes Muciño, Responsable del Grupo de Investigación Tecnología y Diseño en las Edificaciones.

Mtro. Carlos García Malo Flores, Responsable del proyecto de investigación N586

Mtro. Carlos H. Moreno Tamayo, Responsable del Laboratorio de Modelos Estructurales

Azcapotzalco, CDMX, 20 de septiembre de 2023

Dr. Edwing A. Almeida Calderón

Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización

Presente

En concordancia con lo establecido en los Lineamientos de Investigación vigentes (numeral 3.2, inciso 3.2.1), por este medio solicitamos a Ud. atentamente se sirva gestionar ante el H. Consejo Divisional de la División de Ciencias y Artes para el Diseño a través de la *Comisión encargada de la revisión, registro y seguimiento de los proyectos, programas, Grupos de investigación, así como de proponer la creación, modificación, seguimiento y supresión de Áreas de investigación*, la presentación de la

SOLICITUD DE PRÓRROGA para la terminación del

PROYECTO N-528 **Aparato SD68, Vigas Hiperestáticas**

Cuyo responsable es el **Mtro. Antonio R. Abad Sánchez** y que forma parte del programa P-47 Laboratorio de Modelos Estructurales para lo cual se anexa a la presente: Oficio SACD/CYAD/077/2022 del 1er Reporte de Investigación, la argumentación del caso, objetivos, metas y avance, así como el calendario estimado para la conclusión del proyecto.

Sin otro asunto, quedamos a su disposición para las observaciones que estime pertinentes.



Mtro. Alejandro Viramontes Muciño

Responsable del Grupo de
Investigación de Tecnología y
Diseño en las Edificaciones

Anexos:

- a. Solicitud y argumentos de prórroga
- b. Objetivos, metas y calendario de actividades.
- c. Oficio SACD/CYAD/077/2022
- d. Reporte de Investigación Proyecto N-528, Aparato SD 68.

Azcapotzalco, CDMX septiembre 18 de 2023

Mtro. Alejandro Viramontes Muciño

Responsable del Grupo de Investigación de Tecnología y
Diseño en las Edificaciones.
Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.

PRESENTE

En cumplimiento con lo dispuesto en los Lineamientos para la Investigación de la División de Ciencias y Artes para el Diseño en su apartado 3.2.1 sobre el registro y seguimiento de la Áreas, Grupos, Programas y Proyectos, por este medio me permito solicitar a Ud. se sirva gestionar ante el Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización la presentación ante el H. Consejo Divisional de nuestra SOLICITUD de PRÓRROGA para la conclusión del proyecto que a continuación se relaciona y que corresponde al

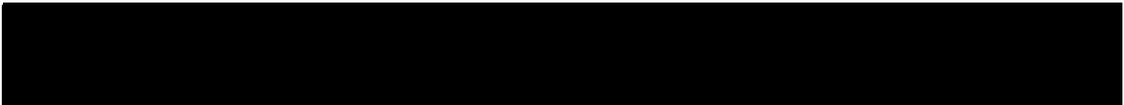
Programa de Investigación P-47.

Laboratorio de Modelos Estructurales

PROYECTO N-528 Aparato SD68, Vigas Hiperestáticas

Con registro ante Consejo Divisional según Acuerdo 606-4 con el oficio SACD/CYAD/142/2021 del 26 de febrero de 2021 estableciendo fecha de terminación del proyecto en diciembre de 2022.

Para la consideración de la Comisión del Consejo, se anexa a la presente solicitud, la argumentación que se estima procedente.



M. en C. Antonio Abad Sánchez
Responsable del Proyecto

M. en Arq. Carlos H. Moreno Tamayo
Responsable del Laboratorio de Modelos
Estructurales

Anexos:

1. Solicitud y argumentos de prórroga
2. Objetivos y metas. Programa de terminación
3. Oficio SACD/CYAD/077/2022
4. Reporte de Investigación Proyecto N-528, Aparato SD 68.

Azcapotzalco, CDMX septiembre 22 de 2023

H. CONSEJO DIVISIONAL DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO
PRESENTE

Por este medio y en cumplimiento con lo dispuesto en los Lineamientos para la Investigación de la División de Ciencias y Artes para el Diseño en su apartado 3.2.1 sobre el registro y seguimiento de la Áreas, Grupos, Programas y Proyectos (aprobados el 17 de agosto de 2023), me permito presentar a su consideración la

SOLICITUD DE PRÓRROGA para la terminación del

Proyecto de investigación N-528.

APARATO SD68. VIGAS HIPERESTÁTICAS

Con base en los argumentos que a continuación se presentan

1. Generalidades

Registro del proyecto ante Consejo Divisional el 26 de febrero de 2021 oficio SACD/CYAD/142/2021

El proyecto está inscrito en el programa de investigación Reg. P-047 de C. D. LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES (LME), el cual forma parte del grupo de investigación Tecnología y Diseño en las Edificaciones del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.

El programa, de acuerdo a sus objetivos y metas, está enfocado al apoyo de las UEA del currículum de los planes y programas de estudio de las licenciaturas de Arquitectura y de Ingeniería Civil en lo referente al tema específico de la enseñanza y comprensión del desempeño estructural en los procedimientos constructivos. El desarrollo de los proyectos del Laboratorio, éste incluido, es de carácter multidisciplinario con la intervención de especialistas en arquitectura, diseño industrial e ingeniería Civil. El tema al que se alude es desarrollado por solicitud y con la participación de profesores del Departamento de Materiales de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

De acuerdo con el planteamiento para el registro del proyecto queda establecida su justificación y objetivo en los siguientes términos:

En los textos de Análisis Estructural se plantean los conceptos básicos para la resolución de vigas hiperestáticas con base en expresiones matemáticas que con frecuencia son de difícil comprensión para los alumnos. Se pretende en este proyecto introducir el tema con modelos físicos que faciliten el entendimiento posterior de los métodos teóricos. El tema es de gran importancia para que los alumnos comprendan el funcionamiento de estructuras hiperestáticas, que son la mayoría de las estructuras usadas en la práctica.

El proyecto de las Vigas Hiperestáticas fue solicitado por el Dr. Oscar M. González Cuevas con el objetivo de facilitar la comprensión de los cálculos que el estructurista debe realizar cuando una trabe que está soportada por dos columnas (vigas isostáticas), tiene que

recibir el apoyo de una o más columnas intermedias entre las originales, lo que las transforma en Vigas Hiperestáticas.

El cálculo que se realiza en el caso de las Vigas Isostáticas es muy directo con las fórmulas especificadas por el cálculo estructural.

Sin embargo, en el momento que se incluyen columnas intermedias, se presentan fenómenos estructurales que requieren de otras fórmulas, mucho más complejas y que además requieren de experiencia para determinar los componentes óptimos de la estructura. Esto vuelve muy difícil para los estudiantes, comprender esos nuevos fenómenos estructurales y después, la aplicación de las fórmulas requeridas.

De acuerdo al planteamiento del problema, si los alumnos pudieran visualizar, en modelos a escala, esos fenómenos, se podría simplificar la utilización de las fórmulas.

Avance

De acuerdo a la metodología establecida para los proyectos de investigación del LME, por la cual se debe realizar un modelo de prueba de las ideas de solución al problema, se manufacturó un aparato preliminar (modelo funcional) integrado por varios elementos: un tablero perforado de apoyo para la fijación de los pernos que permitirán emular apoyos fijos o articulados, mismos que sostendrán los filamentos plásticos de prueba que representan a las vigas.

Al mismo tiempo que el tablero, se desarrollaron los pernos de aluminio manufacturados por control numérico que fueron evolucionando de acuerdo a las diversas pruebas y presentaciones que se le hicieron al profesor solicitante.

En la actualidad el mencionado Aparato -aún inconcluso- cumple con el objetivo general y los primeros tres objetivos particulares planteados originalmente que se mencionan en el anexo de este documento y en el reporte de avance reporte de avance del proyecto de investigación presentado en diciembre de 2021 al Consejo Divisional de CyAD (Oficio SACD/CYAD/077/2022).

2. Argumentación para la solicitud de prórroga

2.1 Desde septiembre del 2019 se empezaron las actividades exploratorias de las propuestas de solución al proyecto, ensayando diversas posibilidades, lamentablemente para propósitos del desarrollo del producto pretendido, se presentó la Pandemia de COVID-19, lo cual detuvo por espacio de dos años la mayoría de las actividades del proyecto ya que todo el material quedó almacenado en el Laboratorio de CAD/CAM. Sin embargo, el elemento principal, el tablero de 122 cm x 122 cm con marco de madera y una cubierta de perfocel se mantuvo útil desde el principio y hasta la fecha.

A pesar del inconveniente ocasionado por la suspensión de actividades presenciales, en la medida de lo posible se siguió avanzando en el diseño y mecanismos de los pernos y sobre la operatividad del tablero, trabajando por fuera de la UAM.

Los pernos, originalmente maquinados por CNC en aluminio, fueron reformulados utilizando la base original, pero con un adendo de ABS impreso en 3D que funciona muy apropiadamente.

Una vez que fue posible el regreso a las actividades dentro de las instalaciones de la Unidad, se incorporaron todos los avances externos al material que se quedó al interior de la UAM.

2.2 Por otro lado, es importante mencionar que en la última presentación que se hizo al Dr. González Cuevas, se solicitó que el dispositivo para medir las deformaciones de las Vigas sujetas a carga fuera reformulado para lograr una precisión mucho mayor.

Para lograr esta característica de precisión se ha visto la necesidad de replantear la modalidad en el sistema de mediciones, cambiando el enfoque mecánico por el de **dispositivos electrónicos** capaces de lograr exactitud en el dimensionamiento de las deformaciones de las vigas del sistema. Lo anterior involucra una fase distinta y novedosa con base en el diseño de un circuito electrónico que cuenta con un microprocesador y un sensor de distancia acoplado a un display digital, sobre la cual se trabaja actualmente con el apoyo de pasantes de la licenciatura de Electrónica de CBI.

Una vez que se tenga listo este sistema de medición y que la parte solicitante indique la cantidad y posición de elementos de este tipo que se requieren para la operatividad del sistema, se realizarán las pruebas necesarias para constatar una correcta operación del aparato y los dispositivos de medición, aprobado lo cual, se sustituirá el tablero de perfofel por una cubierta de melamina que llevará solamente las perforaciones necesarias para proceder a la terminación del proyecto.

Esperando que los argumentos presentados puedan derivar en la autorización de la prórroga solicitada, estaré atento a cualquier aclaración que se considere pertinente.

A T E N T A M E N T E,

CASA ABIERTA AL TIEMPO

[Redacted Signature]
Antonio Abad Sánchez
Responsable del proyecto

[Redacted Signature]
M. en Arq. Carlos H. Moreno Tamayo
Responsable del Laboratorio de Modelos Estructurales

[Redacted Signature]
Mtro. Alejandro Viramontes Muciño
Responsable del Grupo de Investigación de Tecnología y Diseño en las Edificaciones

[Redacted Signature]
Vo. Bo.
Dr. Edwing A. Almeida Calderón
Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización

Anexos:

- a. Objetivos y metas del proyecto. Calendario de actividades.
- b. Oficio SACD/CYAD/077/2022
- c. Reporte de avance de investigación que incorpora las referencias gráficas del mismo.

ANEXO

A LA SOLICITUD DE PRÓRROGA PARA EL PROYECTO SD N-528.

APARATO SD68. VIGAS HIPERESTÁTICAS

OBJETIVOS GENERALES:

Desarrollar un prototipo didáctico que permita la demostración de los efectos de una fuerza sobre una viga con varios apoyos en la cual se puede cambiar de condición isostática a hiperestática y que esos cambios puedan apreciarse visualmente por el observador.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Desarrollar un sistema de elementos que permitan ubicar, de manera estable, una viga sobre apoyos discretos, ubicados estratégicamente de tal manera que pueda comportarse como isostática o hiperestática.
2. Diseñar un método que permita observar la reacción de cada uno de los apoyos utilizados, cuando la viga reciba la carga.
3. Generar vigas de diversos materiales que permitan diferenciar una escala de niveles de resistencia dependiendo del material utilizado.
4. Facilitar el proceso de comprensión de conceptos básicos de las unidades de enseñanza aprendizaje de estática, resistencia de materiales, análisis y diseño estructural.
5. Involucrar a los estudiantes y docentes a través de la elaboración y prueba de elementos y sistemas estructurales en la enseñanza de las estructuras, para las Licenciaturas de Arquitectura e Ingeniería Civil de la UAM Azcapotzalco.
6. 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

Diseñar y construir un artefacto en el que se pueda montar una viga continua de por lo menos cuatro apoyos, a la que se puedan aplicar cargas concentradas en todos los claros y medir sus deflexiones o flechas.

- Realizar los experimentos parciales necesarios para establecer las variables a controlar por cada uno de los componentes.
- Realizar los modelos a escala para probar cada uno los mecanismos a utilizarse.
- Maquinar los prototipos individuales, a tamaño real, para probar el sistema en su conjunto.
- Realizar los ajustes derivados de los resultados de las pruebas.
- Guía descriptiva del prototipo y de su operación con ejercicios específicos de comprobación.
- Incorporación en el programa de atención a grupos del LME para las distintas asignaturas involucradas de Arquitectura e Ingeniería Civil.

PLAN DE TRABAJO

CALENDARIZACIÓN PARA LA PRÓRROGA

ACTIVIDAD	23-P		23-O				24-I			
	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene. 2024	Feb.	Mar.	Abr.	May.	
1.- SEMINARIO PERMANENTE DEL LME		■	■	■	■	■	■	■	■	
2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE DISEÑO DEL APARTO 1ª etapa	■									
3.- DEFINIR LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS Y SU ADQUISICIÓN 2ª etapa	■									
4.- PRESENTACIÓN DEL AVANCE	■									
5.- PROPUESTA FÍSICA MATERIAL PRELIMINAR Y DE DISEÑO DEFINITIVO		■	■	■	■					
6.- REVISIÓN DEL PROTOTIPO 3ª etapa						■	■			
7.- DOCUMENTACIÓN DEL EXPERIMENTO 4ª etapa								■	■	
8.- DIFUSIÓN, ORGANIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS ACADÉMICOS Y FOROS INTERINSTITUCIONALES									■	
9.- CONCLUSIÓN DEL PROYECTO									■	



Actividades atendidas

PLAN DE TRABAJO DE LA PRÓRROGA

	FECHA	TRIMESTRE
1.- SEMINARIO PERMANENTE DEL LME	Octubre 2023 a Mayo 2024	23-P A 24-I
2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE DISEÑO DEL APARTO 1ª etapa	Septiembre 2023	23-P
3.- DEFINIR LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS Y SU ADQUISICIÓN 2ª etapa	Septiembre 2023	23-P
4.- PRESENTACIÓN DEL AVANCE	Septiembre 2023	23-P
5.- PROPUESTA FÍSICA MATERIAL PRELIMINAR Y DE DISEÑO DEFINITIVO	Octubre 2023 a Enero 2024	23-P A 23-O
6.- REVISIÓN DEL PROTOTIPO 3ª etapa	Febrero a Marzo 2024	23-O A 24-I
7.- DOCUMENTACIÓN DEL EXPERIMENTO 4ª etapa	Abril a Mayo 2024	24-I
8.- DIFUSIÓN, ORGANIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS ACADÉMICOS Y FOROS INTERINSTITUCIONALES	Mayo 2024	24-I
9.- CONCLUSIÓN DEL PROYECTO	Mayo 2024	24-I

ADENDO DEL PLAN DE TRABAJO PARA LA PRÓRROGA

Mtro. en C. Antonio Abad Sánchez (Plan de trabajo 1,6,7 y 10)	Responsable del proyecto organización, dirección y control del proyecto. Acopio de información teórico práctica, difusión y vinculación con la División de Ciencias Básicas e Ingeniería UAM AZC.
Mtro. en Arq. Carlos Humberto Moreno Tamayo (Plan de trabajo 1,6,7,8,9 y 10)	Organización, dirección y control del proyecto. Gestión académico administrativa, programación, producción, conducción y supervisión del grupo de trabajo. Gestión de recursos y adquisiciones, reportes de avance del desarrollo del proyecto.

Ingeniero en electrónica (Plan de trabajo 6,7,8 y 10)	Elaboración de la propuesta y procedimiento para el desarrollo del dispositivo electrónico.
M.D. Jesús Antonio Hernández Cadena UAM Cuajimalpa (Plan de trabajo 6 y 7)	Cuya responsabilidad se centra en la contribución de diseño industrial para la planeación y desarrollo de los elementos que conforman la solución e integración del aparato SD-68.

SACD/CYAD/077/2022

4 de febrero de 2022

Mtro. Antonio R. Abad Sánchez

Profesor del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización

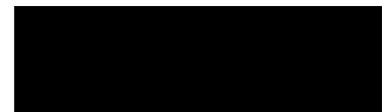
Asunto: Primer Reporte del Proyecto de Investigación N-528

Por este conducto me permito informar a usted que, en la sesión 628 ordinaria del Cuadragésimo Séptimo Consejo Divisional, celebrada el 2 de febrero de 2022, fue recibido el Primer Reporte del Proyecto de Investigación N-528 "Aparato SD68, Vigas Hiperestáticas", el responsable es el Mtro. Antonio R. Abad Sánchez, adscrito al Programa de Investigación P-047 "Laboratorio de Modelos Estructurales" y que forma parte del Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones", presentado por el Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.

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. Areli García González
Secretaria

c.c.p. Dr. Edwing Antonio Almeida Calderón. Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización
Mtro. Alejandro Viramontes Muciño. Responsable del Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones"
Dr. Fernando Rafael Hernández Minaya. Coordinador Divisional de Investigación

REPORTE DE AVANCE DE INVESTIGACIÓN

Proyecto N-528. Aparato SD 68

Vigas Hiperestáticas

Diciembre 2021

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN P 047

LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES

Índice de contenido

1. Adscripción e integración del grupo de trabajo
2. Registro del Programa de investigación del Laboratorio de Modelos Estructurales.
3. Registro del proyecto
4. Avance del proyecto describiendo:
 - 4.1 Introducción. Resumen del planteamiento general del proyecto
 - 4.2 Objetivos y metas
 - 4.3 Avance de la investigación con base en el plan de trabajo original.
5. Desarrollo o estado de avance, el cual deberá referirse también en términos porcentuales.
6. Relación con la docencia, la preservación y la difusión de la cultura del Proyecto de Investigación.
8. Conclusiones parciales

1. Adscripción e integración del grupo de trabajo

DEPARTAMENTO DE PROCESOS Y TÉCNICAS DE REALIZACIÓN

Nombre del Grupo: Tecnología y Diseño para las Edificaciones

Responsable del Grupo de Investigación: Mtro. Alejandro Viramontes Muciño

Programa: P 047 Laboratorio de Modelos Estructurales

Actualización de Integrantes del Proyecto

	Nombre completo	Categoría y nivel	Tiempo de dedicación	Grado académico	Tipo de participación
1	M. en C. Antonio Rodrigo Abad Sánchez	Titular "C"	Tiempo Completo.	Maestría.	Responsable del Proyecto
2	M. D. Jesús Antonio Hernández Cadena.	Técnico Académico		Maestría.	Núcleo básico Diseño industrial
3	Dr. Oscar Manuel González Cuevas.	Titular "C"	Tiempo Completo.	Doctorado	Participante. Asesor y apoyo teórico Solicitante del proyecto
4	M. en Arq. Carlos Humberto Moreno Tamayo.	Titular "C"	Tiempo Completo	Maestría	Coordinador del proyecto

2. Registro del Programa de investigación

Registro P-047 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
Secretaría

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. Registro del proyecto

PROYECTO N-528. Aparato SD68. Vigas Hiperestáticas

Registro ante Consejo Divisional el 26 de febrero de 2021 (Ver documento en página siguiente)

El proyecto **Reg. P-047** de C. D. está inscrito en el programa de investigación LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES. el cual forma parte del grupo de investigación **Tecnología y Diseño en las Edificaciones**, del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.

Este programa, de acuerdo a sus objetivos y metas, está enfocado al apoyo de las UEA de la currícula de los planes y programas de estudio de Arquitectura e Ingeniería Civil en lo referente al tema específico de estructuras.

4. Avance del proyecto.

4.1 Introducción.

Resumen del planteamiento general del proyecto

La enseñanza del comportamiento de las vigas en un sistema estructural de marcos rígidos, implica diferenciar entre las isostáticas y las hiperestáticas. En explicaciones de pizarrón las fórmulas demuestran el cambio de comportamiento entre esos diferentes tipos de vigas pero no existen formas de presentar visualmente sus efectos a los alumnos. En este sentido, se propuso un aparato que permita hacerlo de manera efectiva. Desde este punto de vista el Aparato SD 68 Vigas Hiperestáticas viene a complementar al tema correspondiente con un modelo físico experimental que explique de mejor manera el comportamiento de las vigas con varios puntos de apoyo que reciben la aplicación de cargas gravitacionales **¿y anti-gravitacionales?**.

Inicialmente se ha realizado un prototipo experimental (modelo funcional) previo al desarrollo definitivo del prototipo que demostrará las deformaciones de vigas a escala en material flexible colocadas sobre un tablero multiperforado y apoyadas en distintos puntos con pernos de aluminio, **con secciones impresas en 3D en ABS**, especialmente diseñados para permitir su rotación o realizar el efecto de empotre.

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 (TURATTI, 2003).

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

En los textos de Análisis Estructural se plantean los conceptos básicos para la resolución de vigas hiperestáticas con base en expresiones matemáticas que con frecuencia son de difícil comprensión para los alumnos. Se pretende en este proyecto introducir el tema con modelos físicos que faciliten el entendimiento posterior de los métodos teóricos. El tema es de gran importancia para que los alumnos comprendan el funcionamiento de estructuras hiperestáticas, que son la mayoría de las estructuras usadas en la práctica.

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.

SACD/CYAD/142/2021

Acuerdo 606-4

26 de febrero de 2021

M. en C. Antonio Rodrigo Abad Sánchez

Profesor del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización Presente

Asunto: Registro de Proyecto de Investigación N-528

Por este conducto me permito informar a usted que en la Sesión 606 Ordinaria del Cuadragésimo Sexto Consejo Divisional, celebrada el 25 de febrero de 2021, fue aprobado el Proyecto de Investigación, adscrito al Programa de Investigación P-047 "Laboratorio de Modelos Estructurales", con una vigencia de enero de 2021 a diciembre de 2022 y que forma parte del Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones", con el siguiente número de registro:

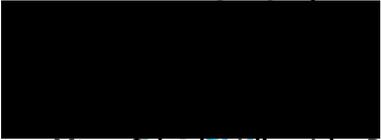
Proyecto # N-528

Aparato SD68 "Vigas Hiperestáticas"

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

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

A t e n t a m e n t e
Casa abierta al tiempo


Mtro. Salvador Ulises Islas Barajas

Secretario

c.c.p. Dr. Edwing Antonio Almeida Calderón. Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización
Mtro. Alejandro Viramontes Muciño. Responsable del Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones"
Dr. Isaac Acosta Fuentes. Coordinador de Investigación

4.2 Objetivos y metas

Objetivo General

Desarrollar un prototipo didáctico que permita la demostración de los efectos de una fuerza sobre una viga con varios apoyos en la cual se puede cambiar de condición isostática a hiperestática y que esos cambios puedan apreciarse visualmente por el observador.

Objetivos Específicos

1. Desarrollar un sistema de elementos que permitan ubicar, de manera estable, una viga sobre apoyos discretos, ubicados estratégicamente de tal manera que pueda comportarse como isostática o hiperestática.
2. Diseñar un método que permita observar la reacción de cada uno de los apoyos utilizados, cuando la viga reciba la carga.
3. Generar vigas de diversos materiales que permitan diferenciar una escala de niveles de resistencia dependiendo del material utilizado.
4. Facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de conceptos básicos de las unidades de enseñanza aprendizaje de estática, resistencia de materiales, análisis y diseño estructural.
5. 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.
6. 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

Diseñar y construir un artefacto en el que se pueda montar una viga continua de por lo menos cuatro apoyos, a la que se puedan aplicar cargas concentradas en todos los claros y medir sus deflexiones o flechas.

- Realizar los experimentos parciales necesarios para establecer las variables a controlar por cada uno de los componentes.
- Realizar los modelos a escala para probar cada uno de los mecanismos a utilizarse.
- Maquinar los prototipos individuales, a tamaño real, para probar el sistema en su conjunto.
- Realizar los ajustes derivados de los resultados de las pruebas.
- Guía descriptiva del prototipo y de su operación con ejercicios específicos de comprobación.
- Incorporación en el programa de atención a grupos del LME para las distintas asignaturas involucradas de Arquitectura e Ingeniería Civil.

Metodología de investigación

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 desarrollado.
- Necesidad Académica. El escrutinio del plan de estudios de la Licenciatura en Arquitectura, ofrece un panorama de temas en diversas materias cuya comprensión resulta difícil para los

estudiantes y que a lo largo de 19 años se han ido ilustrando con aparatos experimentales que usan alumnos y profesores para demostrar fórmulas y explicaciones de pizarrón.

- Discusión colegiada y Bocetos conceptuales. Cada tema es discutido 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.
- 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. • Análisis de la información disponible. La información generada en esa(s) sesión(es) es organizada y discutida por parte del Grupo en el Laboratorio de Modelos Estructurales para establecer estrategias de materialización para las pruebas iniciales de funcionamiento de los elementos críticos.
- 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.
- Planos de Taller. Una vez consensada la posible solución a la Necesidad Académica se proceda 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.
- 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.
- Construcción de Prototipos Preliminares. Aunque se mencionan prototipos, comúnmente 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.
- Realización de Pruebas Globales. Los miembros del Seminario realizan simulaciones de las 9 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.
- 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.
- Documentación. Para concluir el proceso se generan los archivos electrónicos que documentan las dimensiones del aparato tanto en planos descriptivos como en modelados tridimensionales.

4.3 Avance de la investigación con base en el plan de trabajo original.

De acuerdo al programa y calendario inicialmente planteados en la solicitud de registro, el proyecto debiera estar en condiciones de ser concluido, sin embargo, el avance estimado en este momento puede considerarse de un 85% en razón de la imposibilidad de avance durante el período de pandemia por la falta de acceso a las instalaciones de la UAM A, como se **expone** en seguida.

Antecedentes

El proyecto fue solicitado por el Dr. Oscar Manuel González Cuevas a mediados del año 2019 con el objetivo de demostrar a los estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería Civil la diferencia de comportamiento entre las Vigas Isostáticas y las Vigas Hiperestáticas, al mismo tiempo que se les enseña a calcular sus esquemas de resistencia, a través de las ecuaciones correspondientes. Con el

propósito de aclarar las expectativas formal-funcionales de las demostraciones requeridas, se construyó el pre-prototipo que se describe adelante y el cual, por efecto de la crisis sanitaria, no se había avanzado en apego al calendario inicialmente planteado ya que se requiere de las facilidades físicas que el laboratorio de CAD/CAM provee y de los Talleres de Máquinas-Herramientas de la División de CyAD para llevarlo a la siguiente fase. El pre-prototipo fue presentado al Dr. González Cuevas para recibir la retroalimentación respectiva, de acuerdo al grado de progreso que se tenía en su momento.

Derivado de esa presentación se ha podido avanzar, por fuera de la UAM, en algunos aspectos que se explican adelante, gracias a la Tecnología de la Impresión en 3D.

En este reporte se describe el estado de adelanto que a esta fecha se tiene en la realización del Prototipo en cuestión, después de más de dieciocho meses en que fue imposible el acceso a las instalaciones de la Universidad.

En el Laboratorio de CAD/CAM, de la División de CyAD – lugar en donde se realizan los prototipos para el Laboratorio de Modelos Estructurales – se encuentra el pre-prototipo del proyecto mencionado.

5. Desarrollo o estado de avance

En términos porcentuales se estima un **85%**

Descripción del Tablero del Pre-Prototipo

Manufactura de bastidor perimetral de madera con bastones de 2" x 2" de 122 cm por 122 cm, con un refuerzo del mismo material, en su meridiano horizontal. Esos bastones fueron unidos con grapas onduladas de acero templado, con filo en diagonal por una de sus aristas longitudinales. A dicho bastidor de madera se le sobrepuso un tablero multiperforado de partículas de madera aglomerada de 122 cm x 122 cm x 1/4", que fue atornillado en los cuatro vértices del cuadrado y en lugares estratégicos de los bastones perimetrales. La solicitud de instalación de apoyos para las vigas fue de dos apoyos distales con la posibilidad de instalar, de uno a tres apoyos intermedios, dependiendo de la explicación que se pretendiera. Esos apoyos deberían poder funcionar como libremente apoyados o empotrados, a voluntad del profesor. Se realizaron barrenos (1/4" de diámetro) y se machuelearon (cuerda Standard) en las posiciones requeridas de acuerdo con las solicitudes iniciales.

Descripción de los Apoyos

Pernos maquinados por CNC de aluminio sólido de 20 mm de diámetro x 168 mm de longitud, roscados en sus dos extremos, por el lado oculto una sección de 17 mm de longitud x 1/4" de diámetro en cuerda STD. (Inserto de acero de espárrago retenido en posición por un prisionero Allen transversal) y por el lado visible un tramo de cuerda de 18 mm de longitud x 5/8" de diámetro, con cuerda STD. Cada una de las dos cuerdas lleva una tuerca. La del lado oculto de 7 mm la tuerca, (maquinada de aluminio) de 22 mm de diámetro x 7 mm de grosor, tiene dos lados opuestos recortados para permitir el apriete con llave de tuercas española de 19 mm. Del lado visible la tuerca (maquinada de aluminio) de 22 mm de diámetro x 13 mm de longitud, lleva dos lados recortados para permitir el apriete con llave de tuercas española de 19 mm. Con el objetivo de retener una solera de un máximo de 40 mm de ancho x 1/8", la parte frontal del cuerpo del perno, fue ranurada (4 mm x 40 mm) en su eje medio. Esas soleras debían ser de diferentes materiales como acero al carbón, acero inoxidable, cobre, latón, madera, nylon y/o acrílico. Del lado de la rosca oculta, cada perno lleva una funda de aluminio de 22 mm de diámetro exterior x 1.2 mm de grosor con 4 ranuras de 15 mm de longitud, en los meridianos (ver fotografía anexa).



Foto 1. Pernos maquinados por CNC de aluminio sólido

Esa ranura sirve para impedir el giro de la parte frontal del perno con lo que el soporte pasa de libremente apoyado a empotrado. Para tal propósito, la parte frontal del perno lleva cuatro barrenos roscados de 1/8" en los que se insertaron tornillos allen de acero inoxidable, en los que entran las ranuras de la funda. En la parte intermedia trasera de la funda se realizó una ranura desimilares dimensiones pero cerrada, para que la funda no se pudiera sacar del perno. Para este propósito, se realizó un barrenos roscado en el perno y se insertó un tornillo allen de acero inoxidable que atraviesa la funda desde el exterior.

Modificaciones al Diseño Original del Perno

Al presentarse el pre-prototipo al Dr. González Cuevas, él solicitó que en lugar de soleras planas se introdujeran varillas cuadradas. Dado que esa solicitud era incompatible con el diseño de la parte frontal del perno, se procedió a diseñar otra pieza que pudiera funcionar, muy eficientemente, para quien realizaba la demostración del prototipo. Este nuevo perno fue construido de **ABS (Acrilo Butadieno Estireno)** por medio de impresión en 3D. Está constituido por tres piezas: el cuerpo, la mordaza y el seguro (Ver fotografía anexa).



Foto 2. Perno de **ABS (Acrilo Butadieno Estireno)** por impresión en 3D. constituido por tres piezas: el cuerpo, la mordaza y el seguro

El Cuerpo es un cilindro de 200 mm de diámetro x 62 mm de longitud, 16 mm más corto que el perno original de aluminio. Esta reducción se debió principalmente a que el diseño del nuevo perno implicó la desaparición de la rosca frontal y, consecuentemente, de su tuerca. La varilla de demostración ahora queda atrapada entre el cuerpo del perno y la mordaza que gira, por medio de un mecanismo de bisagra, soportada por dos salientes del cuerpo del perno.

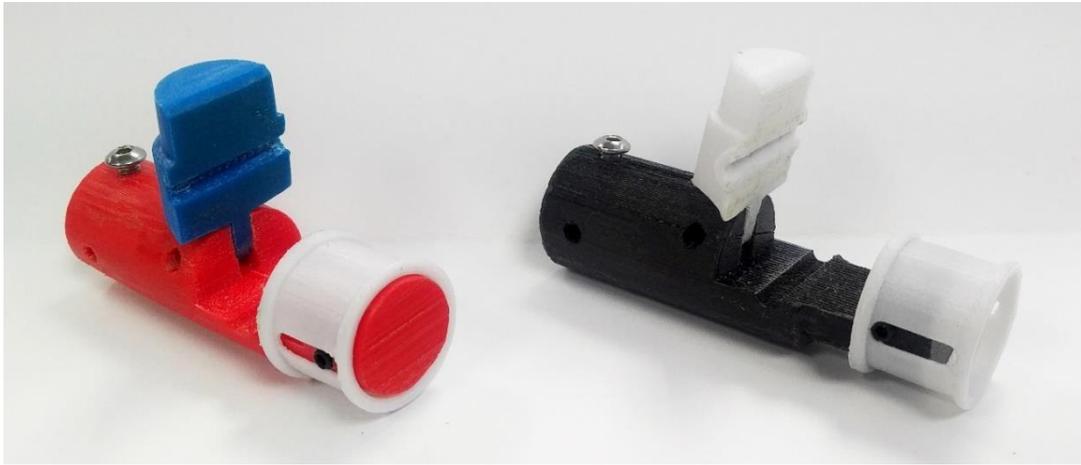


Foto 3. Cabezal del perno con mordaza para sujetar la varilla (viga).

Cuando la varilla se encuentra en posición, se cierra la mordaza y se desliza el seguro para que la mordaza no se pueda abrir y liberar a la varilla. Se tienen propuestas para mejorar el diseño de la mordaza y del seguro. De ellos, ya se tiene fabricado el del seguro y se está experimentando con el de la mordaza antes de imprimirlo en 3D.



Foto 4. Propuesta de mordaza con seguro.

Sistema de Carga

Con el objetivo de efectuar las cargas sobre las vigas (varillas), se está experimentando con un sistema de pesas, basado en armellas de pata muy larga, a la cual se le pueden adicionar roldanas calibradas (tipo herradura-de fácil inserción) para ajustar hasta el peso deseado. Dado que el sistema presupone la aplicación de fuerzas de carga negativas, se diseñaron y se construyeron unos pernos de varilla de "cold rolled" de $\frac{1}{4}$ de diámetro x 200 mm de longitud, con poleas embaleras en uno de sus extremos. En ellos se cuelga el mismo tipo de armellas de pata muy larga que se sujetan de la varilla pasando por el balero para contrarrestar el peso con el que se carga, hacia abajo, la varilla. Esos pernos se pueden insertar en barrenos realizados en el marco de madera del marco del tablero y ubicados en los puntos intermedios entre los soportes de aluminio. Dependiendo

de los resultados finales de los experimentos, con el prototipo ya terminado, se decidirá si se mantiene este sistema de cargas o se diseña un sistema que contemple pesos preestablecidos para las demostraciones con las varillas definitivas, en los materiales definitivos.

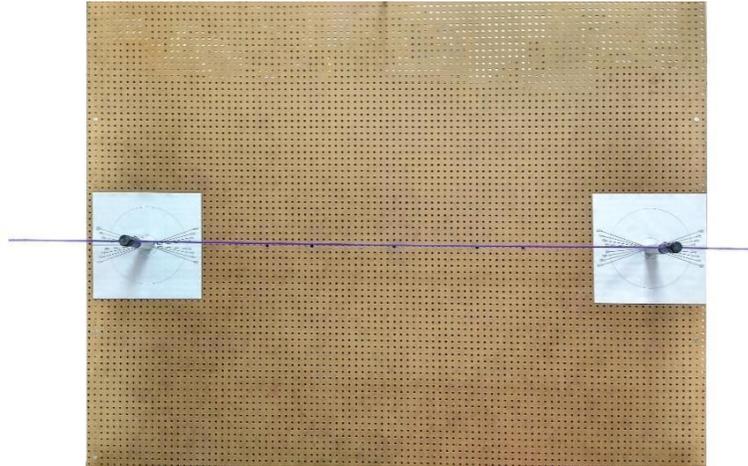


Foto 5. Tablero Multiperforado con dos Pernos y Viga

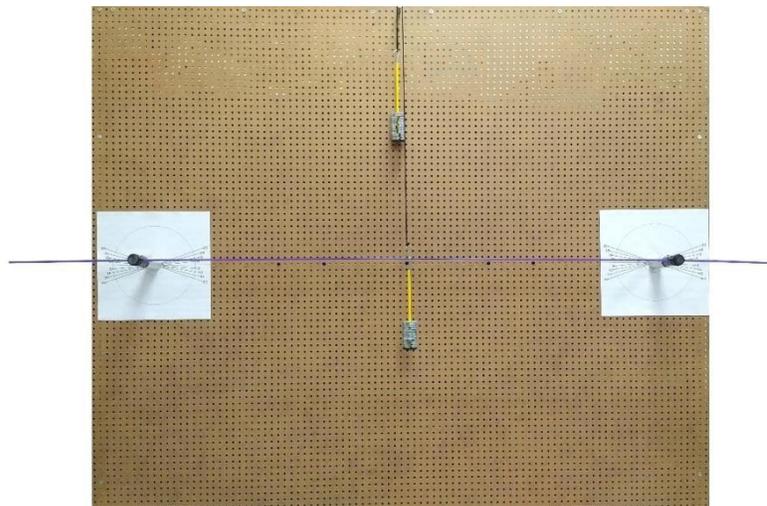


Foto 6. Tablero con Cargas en Equilibrio

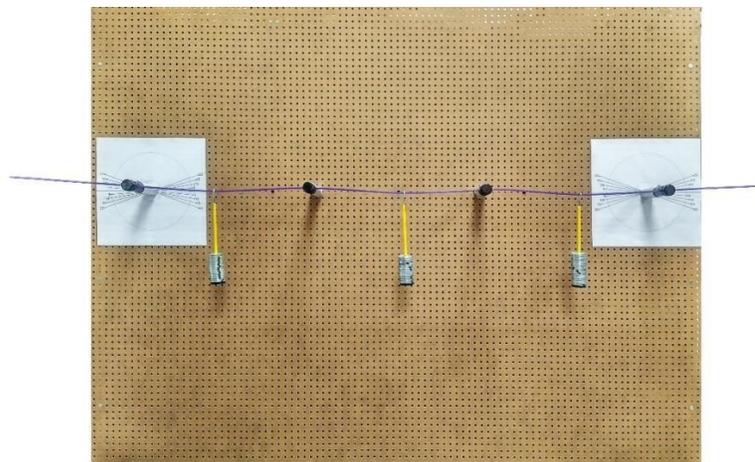


Foto 7. Tablero con cuatro Pernos de Giro Libre y Cargas Intermedias

Los ejemplos presentados muestran algunas posibilidades del Tablero para diferentes acciones en las que los pernos pueden funcionar libres o empotrados, cada uno de manera independiente para simular algunas condiciones que se pueden presentar en la construcción.

Problemática presentada en el desarrollo del Prototipo de Pruebas

En el curso del desarrollo de este prototipo surgieron diversos problemas que se tuvieron que afrontar con las estrategias idóneas.

Algunos de los problemas más significativos, fueron:

1. Fricción en los pernos
2. Cambios dimensionales por la impresión 3D de los Pernos de ABS
3. Ajustes entre las mordazas y las vigas

Fricción en los Pernos

Dada la necesidad de un giro, verdaderamente libre, entre el vástago de "cold rolled" del Perno de aluminio y el Perno impreso en 3D, se consideró que un ajuste dimensional preciso podría permitir dicho giro pero al realizarse las primeras pruebas se detectó que la sección de ABS se atoraba a pesar de la adición de lubricantes.

Se realizó un segundo intento al insertarse un buje de bronce grafitado con las tolerancias adecuadas para lograr ese giro libre pero, aunque mejoró sustancialmente la libertad de movimiento, no se logró por completo.

El siguiente intento, muy exitoso, fue el maquinado en torno, del conducto del Perno de ABS para la inserción de un balero.

Todos los Pernos subsecuentes fueron manufacturados bajo este mismo procedimiento.



Foto 8. Diferentes tipos de rodamientos

Cambios Dimensionales por la Impresión de los Pernos de ABS

Este problema tuvo varios aspectos dependiendo de las diferentes partes del Perno de ABS que se consideraron.

Ya que el proceso de impresión en 3D se produce con base en un extrusor de alta temperatura, el objeto impreso sufre distensiones al principio y contracciones al final del proceso. Esto implica que el control dimensional aunque efectivo, permite aproximaciones que dependen de la dirección de deposición del filamento.

El **primer problema** que tuvo que ser resuelto, derivado de esta circunstancia, fue el del ajuste entre las piezas que tienen movimiento entre sí.

Por el momento y, dado que no se tenía acceso a la impresora 3D personal, esos problemas fueron resueltos individual y manualmente con base en lijas y con limas.

El **segundo problema** fue la dirección de la deposición del filamento ya que al cargar la viga con suficiente peso, el Perno se empezaba a agrietar, pudiendo llegar a romperse.

Este asunto tuvo dos intentos de solución, de los cuales, el primero consistió en barnizar cada una de las piezas con acetona (el solvente natural del ABS), la cual agregó algo de cohesión química a la adherencia térmica natural del proceso de impresión.

Al momento, no se ha vuelto a presentar el agrietamiento original pero no se descarta la posibilidad de que siga existiendo, en especial al aumentarse la carga sobre la viga.

El segundo procedimiento utilizado fue girar el Perno al momento de la impresión para orientar la dirección de la deposición del material en la posición de mayor resistencia al esfuerzo de la viga.



Foto 9. Dos diferentes direcciones de Impresión

Esta segunda estrategia funciona muy bien al evitar –totalmente- la posibilidad del agrietamiento pero el Perno genera un ovalamiento que es posible controlar con base en la utilización intensiva de material de apoyo en la dirección del ovalamiento.



Foto 10. Ovalamiento del Perno

Ajustes entre las mordazas y las vigas

Este problema también tuvo dos vertientes ya que por un lado está la exactitud del punto de giro de la mordaza y por el otro la descalibración de la sección transversal de la viga de acrílico.

En el primer caso se tuvo que ampliar la sección transversal de la zona con la que la mordaza retiene a la viga y cambiar la pared trasera de esa zona, de paralela a la de la viga a ligeramente diagonal.

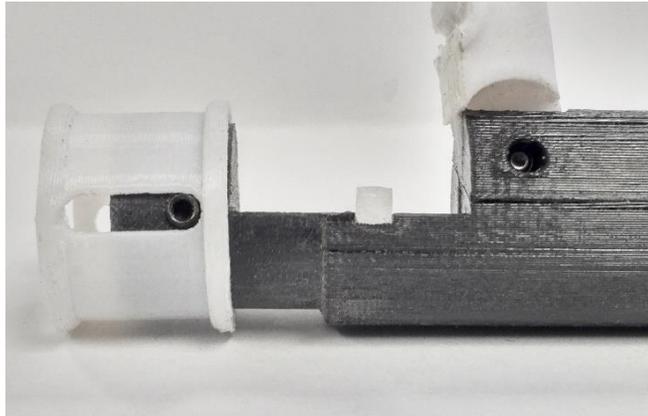


Foto 11. Desajuste entre Viga y Mordaza

En el segundo caso, y dado que la viga de acrílico es material comercial sobre el que no se tiene ningún control, se decidió ampliar el espacio de la mordaza que retiene a la viga en posición e introducir una sección de material elastomérico que absorbiera las diferencias dimensionales de la viga.

6. Conclusiones iniciales

El proyecto que se describe se encuadra en *la investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje de la Resolución de Problemas* (del Valle Coronel / Curotto 2008):

La aparición del enfoque de resolución de problemas como preocupación didáctica surge como consecuencia de considerar el aprendizaje como una construcción social que incluye conjeturas, pruebas y refutaciones con base en un proceso creativo y generativo. La enseñanza desde esta perspectiva pretende poner el acento en actividades que plantean situaciones problemáticas cuya resolución requiere analizar, descubrir, elaborar hipótesis, confrontar, reflexionar, argumentar y comunicar ideas.

Desde ese punto de vista, resolver un problema didáctico específico en el campo de la enseñanza de las estructuras requiere al menos de tres aspectos que deben conjugarse para obtener el resultado deseado: La identificación de los elementos problemáticos de la enseñanza acerca de tópicos específicos por parte del docente. La posibilidad de proponer modelos físicos didácticos como instrumentos de visualización y "mecanización" del problema. Y no menos importante en esta dinámica, la armonización del trabajo e intervención de los actores involucrados en el proceso resolutivo.

Una clara percepción del problema, la comunicación precisa de los requerimientos y la correcta interpretación conceptual de los mismos como base para el desarrollo del prototipo apoyado en el conocimiento de materiales y mecanismos, son sin duda elementos necesarios para acercarse al objetivo esperado. En otras palabras, una necesaria labor de equipo.

7. Prospectiva de diseño

Ya que algunas de las estrategias implementadas dieron un resultado muy positivo, éstas se seguirán utilizando en las piezas que se manufacturen en adelante.

En el caso de las variaciones dimensionales provocadas por la impresión en 3D, se realizará un levantamiento de los cambios generados por las lijas y las limas y se modificarán los archivos de modelado tridimensional que se utilizaron para imprimir las primeras piezas.

Las pruebas permitirán concluir si los resultados son admisibles.

De igual manera, se intentará imprimir los Pernos en una impresora de mayor control térmico y con otros materiales como el PLA.

Para el caso del ovalamiento del Perno con cambio de dirección de la deposición del material, se implementará una doble impresión con el diseño de los "andamios" intensivos que el problema amerita.

Por lo que toca al ajuste entre las mordazas y la viga, se pretende incluir un inserto metálico, maquinado por CNC, de mucho mayor precisión dimensional y con las consideraciones geométricas derivadas de los cambios hechos en las piezas de ABS.

En la medida que se ha permitido a últimas fechas el ingreso a las instalaciones de la UAM-Azcapotzalco, se procede a manufacturar la versión definitiva del tablero, similar en dimensiones que el que actualmente se tiene, pero de mejor calidad y perforado por CNC solamente en los puntos necesarios para los soportes de aluminio/PLA y para los pernos, sobre material con acabado melamínico, Alucobond o Dibond. Sobre ese tablero se incluirán escalas de medición que permitan visualizar cuantitativamente las deformaciones provocadas por los pesos, sobre las varillas, de tal manera que las demostraciones sean lo suficientemente ágiles.

Referencias

1. Laboratorio de Modelos Estructurales. Moreno Carlos et al. Introducción por Turatti Villarán Antonio. UAM Azc. 2003.
2. La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje. Del Valle Coronel María / Curotto María Margarita. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Catamarca. Argentina. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 7 N°2 (2008)

Azcapotzalco, CDMX septiembre 18 de 2023

Mtro. Alejandro Viramontes Muciño

Responsable del Grupo de Investigación de Tecnología y
Diseño en las Edificaciones.

Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.

PRESENTE

En cumplimiento con lo dispuesto en los Lineamientos para la Investigación de la División de Ciencias y Artes para el Diseño en su apartado 3.2.1 sobre el registro y seguimiento de la Áreas, Grupos, Programas y Proyectos, por este medio me permito solicitar a Ud. se sirva gestionar ante el Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización la presentación ante el H. Consejo Divisional de nuestra SOLICITUD de PRÓRROGA para la conclusión del proyecto que a continuación se relaciona y que corresponde al

Programa de Investigación P-47.

Laboratorio de Modelos Estructurales

PROYECTO N-528 Aparato SD68, Vigas Hiperestáticas

Con registro ante Consejo Divisional según Acuerdo 606-4 con el oficio SACD/CYAD/142/2021 del 26 de febrero de 2021 estableciendo fecha de terminación del proyecto en diciembre de 2022.

Para la consideración de la Comisión del Consejo, se anexa a la presente solicitud, la argumentación que se estima procedente.


M. en C. Antonio Abad Sánchez
Responsable del Proyecto

M. en Arq. Carlos H. Moreno Tamayo
Responsable del Laboratorio de Modelos
Estructurales

Anexos:

1. Solicitud y argumentos de prórroga
2. Objetivos y metas. Programa de terminación
3. Oficio SACD/CYAD/077/2022
4. Reporte de Investigación Proyecto N-528, Aparato SD 68.

Azcapotzalco, CDMX, 20 de septiembre de 2023

Dr. Edwing A. Almeida Calderón

Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización

Presente

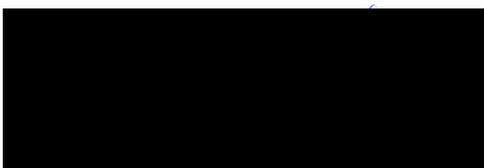
En concordancia con lo establecido en los Lineamientos de Investigación vigentes (numeral 3.2, inciso 3.2.1), por este medio solicitamos a Ud. atentamente se sirva gestionar ante el H. Consejo Divisional de la División de Ciencias y Artes para el Diseño a través de la *Comisión encargada de la revisión, registro y seguimiento de los proyectos, programas, Grupos de investigación, así como de proponer la creación, modificación, seguimiento y supresión de Áreas de investigación*, la presentación de la

SOLICITUD DE PRÓRROGA para la terminación del

PROYECTO N-528 **Aparato SD68, Vigas Hiperestáticas**

Cuyo responsable es el **Mtro. Antonio R. Abad Sánchez** y que forma parte del programa P-47 Laboratorio de Modelos Estructurales para lo cual se anexa a la presente: Oficio SACD/CYAD/077/2022 del 1er Reporte de Investigación, la argumentación del caso, objetivos, metas y avance, así como el calendario estimado para la conclusión del proyecto.

Sin otro asunto, quedamos a su disposición para las observaciones que estime pertinentes.



Mtro. Alejandro Viramontes Muciño

Responsable del Grupo de Investigación de Tecnología y Diseño en las Edificaciones

Anexos:

- a. Solicitud y argumentos de prórroga
- b. Objetivos, metas y calendario de actividades.
- c. Oficio SACD/CYAD/077/2022
- d. Reporte de Investigación Proyecto N-528, Aparato SD 68.

Azcapotzalco, CDMX septiembre 22 de 2023

H. CONSEJO DIVISIONAL DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO PRESENTE

Por este medio y en cumplimiento con lo dispuesto en los Lineamientos para la Investigación de la División de Ciencias y Artes para el Diseño en su apartado 3.2.1 sobre el registro y seguimiento de la Áreas, Grupos, Programas y Proyectos (aprobados el 17 de agosto de 2023), me permito presentar a su consideración la

SOLICITUD DE PRÓRROGA para la terminación del

Proyecto de investigación N-528.

APARATO SD68. VIGAS HIPERESTÁTICAS

Con base en los argumentos que a continuación se presentan

1. Generalidades

Registro del proyecto ante Consejo Divisional el 26 de febrero de 2021 oficio SACD/CYAD/142/2021

El proyecto está inscrito en el programa de investigación Reg. P-047 de C. D. LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES (LME), el cual forma parte del grupo de investigación Tecnología y Diseño en las Edificaciones del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.

El programa, de acuerdo a sus objetivos y metas, está enfocado al apoyo de las UEA del currículum de los planes y programas de estudio de las licenciaturas de Arquitectura y de Ingeniería Civil en lo referente al tema específico de la enseñanza y comprensión del desempeño estructural en los procedimientos constructivos. El desarrollo de los proyectos del Laboratorio, éste incluido, es de carácter multidisciplinario con la intervención de especialistas en arquitectura, diseño industrial e ingeniería Civil. El tema al que se alude es desarrollado por solicitud y con la participación de profesores del Departamento de Materiales de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

De acuerdo con el planteamiento para el registro del proyecto queda establecida su justificación y objetivo en los siguientes términos:

En los textos de Análisis Estructural se plantean los conceptos básicos para la resolución de vigas hiperestáticas con base en expresiones matemáticas que con frecuencia son de difícil comprensión para los alumnos. Se pretende en este proyecto introducir el tema con modelos físicos que faciliten el entendimiento posterior de los métodos teóricos. El tema es de gran importancia para que los alumnos comprendan el funcionamiento de estructuras hiperestáticas, que son la mayoría de las estructuras usadas en la práctica.

El proyecto de las Vigas Hiperestáticas fue solicitado por el Dr. Oscar M. González Cuevas con el objetivo de facilitar la comprensión de los cálculos que el estructurista debe realizar cuando una trabe que está soportada por dos columnas (vigas isostáticas), tiene que

recibir el apoyo de una o más columnas intermedias entre las originales, lo que las transforma en Vigas Hiperestáticas.

El cálculo que se realiza en el caso de las Vigas Isostáticas es muy directo con las fórmulas especificadas por el cálculo estructural.

Sin embargo, en el momento que se incluyen columnas intermedias, se presentan fenómenos estructurales que requieren de otras fórmulas, mucho más complejas y que además requieren de experiencia para determinar los componentes óptimos de la estructura. Esto vuelve muy difícil para los estudiantes, comprender esos nuevos fenómenos estructurales y después, la aplicación de las fórmulas requeridas.

De acuerdo al planteamiento del problema, si los alumnos pudieran visualizar, en modelos a escala, esos fenómenos, se podría simplificar la utilización de las fórmulas.

Avance

De acuerdo a la metodología establecida para los proyectos de investigación del LME, por la cual se debe realizar un modelo de prueba de las ideas de solución al problema, se manufacturó un aparato preliminar (modelo funcional) integrado por varios elementos: un tablero perforado de apoyo para la fijación de los pernos que permitirán emular apoyos fijos o articulados, mismos que sostendrán los filamentos plásticos de prueba que representan a las vigas.

Al mismo tiempo que el tablero, se desarrollaron los pernos de aluminio manufacturados por control numérico que fueron evolucionando de acuerdo a las diversas pruebas y presentaciones que se le hicieron al profesor solicitante.

En la actualidad el mencionado Aparato -aún inconcluso- cumple con el objetivo general y los primeros tres objetivos particulares planteados originalmente que se mencionan en el anexo de este documento y en el reporte de avance reporte de avance del proyecto de investigación presentado en diciembre de 2021 al Consejo Divisional de CyAD (Oficio SACD/CYAD/077/2022).

2. Argumentación para la solicitud de prórroga

2.1 Desde septiembre del 2019 se empezaron las actividades exploratorias de las propuestas de solución al proyecto, ensayando diversas posibilidades, lamentablemente para propósitos del desarrollo del producto pretendido, se presentó la Pandemia de COVID-19, lo cual detuvo por espacio de dos años la mayoría de las actividades del proyecto ya que todo el material quedó almacenado en el Laboratorio de CAD/CAM. Sin embargo, el elemento principal, el tablero de 122 cm x 122 cm con marco de madera y una cubierta de perfocel se mantuvo útil desde el principio y hasta la fecha.

A pesar del inconveniente ocasionado por la suspensión de actividades presenciales, en la medida de lo posible se siguió avanzando en el diseño y mecanismos de los pernos y sobre la operatividad del tablero, trabajando por fuera de la UAM.

Los pernos, originalmente maquinados por CNC en aluminio, fueron reformulados utilizando la base original, pero con un adendo de ABS impreso en 3D que funciona muy apropiadamente.

Una vez que fue posible el regreso a las actividades dentro de las instalaciones de la Unidad, se incorporaron todos los avances externos al material que se quedó al interior de la UAM.

2.2 Por otro lado, es importante mencionar que en la última presentación que se hizo al Dr. González Cuevas, se solicitó que el dispositivo para medir las deformaciones de las Vigas sujetas a carga fuera reformulado para lograr una precisión mucho mayor.

Para lograr esta característica de precisión se ha visto la necesidad de replantear la modalidad en el sistema de mediciones, cambiando el enfoque mecánico por el de **dispositivos electrónicos** capaces de lograr exactitud en el dimensionamiento de las deformaciones de las vigas del sistema. Lo anterior involucra una fase distinta y novedosa con base en el diseño de un circuito electrónico que cuenta con un microprocesador y un sensor de distancia acoplado a un display digital, sobre la cual se trabaja actualmente con el apoyo de pasantes de la licenciatura de Electrónica de CBI.

Una vez que se tenga listo este sistema de medición y que la parte solicitante indique la cantidad y posición de elementos de este tipo que se requieren para la operatividad del sistema, se realizarán las pruebas necesarias para constatar una correcta operación del aparato y los dispositivos de medición, aprobado lo cual, se sustituirá el tablero de perfofel por una cubierta de melamina que llevará solamente las perforaciones necesarias para proceder a la terminación del proyecto.

Esperando que los argumentos presentados puedan derivar en la autorización de la prórroga solicitada, estaré atento a cualquier aclaración que se considere pertinente.

A T E N T A M E N T E,

CASA ABIERTA AL TIEMPO



Antonio Abad Sánchez
Responsable del proyecto

M. en Arq. Carlos H. Moreno Tamayo
Responsable del Laboratorio de Modelos
Estructurales



Mtro. Alejandro Viramontes Muciño
Responsable del Grupo de
Investigación de Tecnología y
Diseño en las Edificaciones

Vo. Bo.
Dr. Edwing A. Almeida Calderón
Jefe del Departamento de Procesos y
Técnicas de Realización

Anexos:

- a. Objetivos y metas del proyecto. Calendario de actividades.
- b. Oficio SACD/CYAD/077/2022
- c. Reporte de avance de investigación que incorpora las referencias gráficas del mismo.

ANEXO

A LA SOLICITUD DE PRÓRROGA PARA EL PROYECTO SD N-528.

APARATO SD68. VIGAS HIPERESTÁTICAS

OBJETIVOS GENERALES:

Desarrollar un prototipo didáctico que permita la demostración de los efectos de una fuerza sobre una viga con varios apoyos en la cual se puede cambiar de condición isostática a hiperestática y que esos cambios puedan apreciarse visualmente por el observador.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Desarrollar un sistema de elementos que permitan ubicar, de manera estable, una viga sobre apoyos discretos, ubicados estratégicamente de tal manera que pueda comportarse como isostática o hiperestática.
2. Diseñar un método que permita observar la reacción de cada uno de los apoyos utilizados, cuando la viga reciba la carga.
3. Generar vigas de diversos materiales que permitan diferenciar una escala de niveles de resistencia dependiendo del material utilizado.
4. Facilitar el proceso de comprensión de conceptos básicos de las unidades de enseñanza aprendizaje de estática, resistencia de materiales, análisis y diseño estructural.
5. Involucrar a los estudiantes y docentes a través de la elaboración y prueba de elementos y sistemas estructurales en la enseñanza de las estructuras, para las Licenciaturas de Arquitectura e Ingeniería Civil de la UAM Azcapotzalco.
6. 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

Diseñar y construir un artefacto en el que se pueda montar una viga continua de por lo menos cuatro apoyos, a la que se puedan aplicar cargas concentradas en todos los claros y medir sus deflexiones o flechas.

- Realizar los experimentos parciales necesarios para establecer las variables a controlar por cada uno de los componentes.
- Realizar los modelos a escala para probar cada uno los mecanismos a utilizarse.
- Maquinar los prototipos individuales, a tamaño real, para probar el sistema en su conjunto.
- Realizar los ajustes derivados de los resultados de las pruebas.
- Guía descriptiva del prototipo y de su operación con ejercicios específicos de comprobación.
- Incorporación en el programa de atención a grupos del LME para las distintas asignaturas involucradas de Arquitectura e Ingeniería Civil.

PLAN DE TRABAJO

CALENDARIZACIÓN PARA LA PRÓRROGA

ACTIVIDAD	23-P		23-O				24-I			
	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene. 2024	Feb.	Mar.	Abr.	May.	
1.- SEMINARIO PERMANENTE DEL LME		■	■	■	■	■	■	■	■	
2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE DISEÑO DEL APARTO 1ª etapa	■									
3.- DEFINIR LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS Y SU ADQUISICIÓN 2ª etapa	■									
4.- PRESENTACIÓN DEL AVANCE	■									
5.- PROPUESTA FÍSICA MATERIAL PRELIMINAR Y DE DISEÑO DEFINITIVO		■	■	■	■					
6.- REVISIÓN DEL PROTOTIPO 3ª etapa						■	■			
7.- DOCUMENTACIÓN DEL EXPERIMENTO 4ª etapa								■	■	
8.- DIFUSIÓN, ORGANIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS ACADÉMICOS Y FOROS INTERINSTITUCIONALES									■	
9.- CONCLUSIÓN DEL PROYECTO									■	



Actividades atendidas

PLAN DE TRABAJO DE LA PRÓRROGA

	FECHA	TRIMESTRE
1.- SEMINARIO PERMANENTE DEL LME	Octubre 2023 a Mayo 2024	23-P A 24-I
2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE DISEÑO DEL APARTO 1ª etapa	Septiembre 2023	23-P
3.- DEFINIR LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS Y SU ADQUISICIÓN 2ª etapa	Septiembre 2023	23-P
4.- PRESENTACIÓN DEL AVANCE	Septiembre 2023	23-P
5.- PROPUESTA FÍSICA MATERIAL PRELIMINAR Y DE DISEÑO DEFINITIVO	Octubre 2023 a Enero 2024	23-P A 23-O
6.- REVISIÓN DEL PROTOTIPO 3ª etapa	Febrero a Marzo 2024	23-O A 24-I
7.- DOCUMENTACIÓN DEL EXPERIMENTO 4ª etapa	Abril a Mayo 2024	24-I
8.- DIFUSIÓN, ORGANIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS ACADÉMICOS Y FOROS INTERINSTITUCIONALES	Mayo 2024	24-I
9.- CONCLUSIÓN DEL PROYECTO	Mayo 2024	24-I

ADENDO DEL PLAN DE TRABAJO PARA LA PRÓRROGA

Mtro. en C. Antonio Abad Sánchez (Plan de trabajo 1,6,7 y 10)	Responsable del proyecto organización, dirección y control del proyecto. Acopio de información teórico práctica, difusión y vinculación con la División de Ciencias Básicas e Ingeniería UAM AZC.
Mtro. en Arq. Carlos Humberto Moreno Tamayo (Plan de trabajo 1,6,7,8,9 y 10)	Organización, dirección y control del proyecto. Gestión académico administrativa, programación, producción, conducción y supervisión del grupo de trabajo. Gestión de recursos y adquisiciones, reportes de avance del desarrollo del proyecto.

Ingeniero en electrónica (Plan de trabajo 6,7,8 y 10)	Elaboración de la propuesta y procedimiento para el desarrollo del dispositivo electrónico.
M.D. Jesús Antonio Hernández Cadena UAM Cuajimalpa (Plan de trabajo 6 y 7)	Cuya responsabilidad se centra en la contribución de diseño industrial para la planeación y desarrollo de los elementos que conforman la solución e integración del aparato SD-68.

SACD/CYAD/077/2022

4 de febrero de 2022

Mtro. Antonio R. Abad Sánchez

Profesor del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización

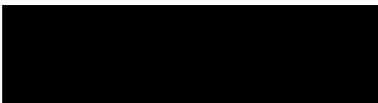
Asunto: Primer Reporte del Proyecto de Investigación N-528

Por este conducto me permito informar a usted que, en la sesión 628 ordinaria del Cuadragésimo Séptimo Consejo Divisional, celebrada el 2 de febrero de 2022, fue recibido el Primer Reporte del Proyecto de Investigación N-528 "Aparato SD68, Vigas Hiperestáticas", el responsable es el Mtro. Antonio R. Abad Sánchez, adscrito al Programa de Investigación P-047 "Laboratorio de Modelos Estructurales" y que forma parte del Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones", presentado por el Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.

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. Areli García González
Secretaria

c.c.p. Dr. Edwing Antonio Almeida Calderón. Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización
Mtro. Alejandro Viramontes Muciño. Responsable del Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones"
Dr. Fernando Rafael Hernández Minaya. Coordinador Divisional de Investigación

REPORTE DE AVANCE DE INVESTIGACIÓN

Proyecto N-528. Aparato SD 68

Vigas Hiperestáticas

Diciembre 2021

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN P 047

LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES

Índice de contenido

1. Adscripción e integración del grupo de trabajo
2. Registro del Programa de investigación del Laboratorio de Modelos Estructurales.
3. Registro del proyecto
4. Avance del proyecto describiendo:
 - 4.1 Introducción. Resumen del planteamiento general del proyecto
 - 4.2 Objetivos y metas
 - 4.3 Avance de la investigación con base en el plan de trabajo original.
5. Desarrollo o estado de avance, el cual deberá referirse también en términos porcentuales.
6. Relación con la docencia, la preservación y la difusión de la cultura del Proyecto de Investigación.
8. Conclusiones parciales

1. Adscripción e integración del grupo de trabajo

DEPARTAMENTO DE PROCESOS Y TÉCNICAS DE REALIZACIÓN

Nombre del Grupo: Tecnología y Diseño para las Edificaciones

Responsable del Grupo de Investigación: Mtro. Alejandro Viramontes Muciño

Programa: P 047 Laboratorio de Modelos Estructurales

Actualización de Integrantes del Proyecto

	Nombre completo	Categoría y nivel	Tiempo de dedicación	Grado académico	Tipo de participación
1	M. en C. Antonio Rodrigo Abad Sánchez	Titular "C"	Tiempo Completo.	Maestría.	Responsable del Proyecto
2	M. D. Jesús Antonio Hernández Cadena.	Técnico Académico		Maestría.	Núcleo básico Diseño industrial
3	Dr. Oscar Manuel González Cuevas.	Titular "C"	Tiempo Completo.	Doctorado	Participante. Asesor y apoyo teórico Solicitante del proyecto
4	M. en Arq. Carlos Humberto Moreno Tamayo.	Titular "C"	Tiempo Completo	Maestría	Coordinador del proyecto

2. Registro del Programa de investigación

Registro P-047 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

[Redacted Signature]
MTRA. MA. DE LOS ÁNGELES HERNÁNDEZ PRADO
Secretaría

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. Registro del proyecto

PROYECTO N-528. Aparato SD68. Vigas Hiperestáticas

Registro ante Consejo Divisional el 26 de febrero de 2021 (Ver documento en página siguiente)

El proyecto **Reg. P-047** de C. D. está inscrito en el programa de investigación LABORATORIO DE MODELOS ESTRUCTURALES. el cual forma parte del grupo de investigación **Tecnología y Diseño en las Edificaciones**, del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.

Este programa, de acuerdo a sus objetivos y metas, está enfocado al apoyo de las UEA de la currícula de los planes y programas de estudio de Arquitectura e Ingeniería Civil en lo referente al tema específico de estructuras.

4. Avance del proyecto.

4.1 Introducción.

Resumen del planteamiento general del proyecto

La enseñanza del comportamiento de las vigas en un sistema estructural de marcos rígidos, implica diferenciar entre las isostáticas y las hiperestáticas. En explicaciones de pizarrón las fórmulas demuestran el cambio de comportamiento entre esos diferentes tipos de vigas pero no existen formas de presentar visualmente sus efectos a los alumnos. En este sentido, se propuso un aparato que permita hacerlo de manera efectiva. Desde este punto de vista el Aparato SD 68 Vigas Hiperestáticas viene a complementar al tema correspondiente con un modelo físico experimental que explique de mejor manera el comportamiento de las vigas con varios puntos de apoyo que reciben la aplicación de cargas gravitacionales **¿y anti-gravitacionales?**.

Inicialmente se ha realizado un prototipo experimental (modelo funcional) previo al desarrollo definitivo del prototipo que demostrará las deformaciones de vigas a escala en material flexible colocadas sobre un tablero multiperforado y apoyadas en distintos puntos con pernos de aluminio, **con secciones impresas en 3D en ABS**, especialmente diseñados para permitir su rotación o realizar el efecto de empotre.

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 (TURATTI, 2003).

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

En los textos de Análisis Estructural se plantean los conceptos básicos para la resolución de vigas hiperestáticas con base en expresiones matemáticas que con frecuencia son de difícil comprensión para los alumnos. Se pretende en este proyecto introducir el tema con modelos físicos que faciliten el entendimiento posterior de los métodos teóricos. El tema es de gran importancia para que los alumnos comprendan el funcionamiento de estructuras hiperestáticas, que son la mayoría de las estructuras usadas en la práctica.

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.

SACD/CYAD/142/2021

Acuerdo 606-4
26 de febrero de 2021

M. en C. Antonio Rodrigo Abad Sánchez

Profesor del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización Presente

Asunto: Registro de Proyecto de Investigación N-528

Por este conducto me permito informar a usted que en la Sesión 606 Ordinaria del Cuadragésimo Sexto Consejo Divisional, celebrada el 25 de febrero de 2021, fue aprobado el Proyecto de Investigación, adscrito al Programa de Investigación P-047 "Laboratorio de Modelos Estructurales", con una vigencia de enero de 2021 a diciembre de 2022 y que forma parte del Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones", con el siguiente número de registro:

Proyecto # N-528

Aparato SD68 "Vigas Hiperestáticas"

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

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

A t e n t a m e n t e
Casa abierta al tiempo



Mtro. Salvador Ulises Islas Barajas

Secretario

c.c.p. Dr. Edwing Antonio Almeida Calderón. Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización
Mtro. Alejandro Viramontes Muciño. Responsable del Grupo de Investigación "Tecnología y Diseño en las Edificaciones"
Dr. Isaac Acosta Fuentes. Coordinador de Investigación

4.2 Objetivos y metas

Objetivo General

Desarrollar un prototipo didáctico que permita la demostración de los efectos de una fuerza sobre una viga con varios apoyos en la cual se puede cambiar de condición isostática a hiperestática y que esos cambios puedan apreciarse visualmente por el observador.

Objetivos Específicos

1. Desarrollar un sistema de elementos que permitan ubicar, de manera estable, una viga sobre apoyos discretos, ubicados estratégicamente de tal manera que pueda comportarse como isostática o hiperestática.
2. Diseñar un método que permita observar la reacción de cada uno de los apoyos utilizados, cuando la viga reciba la carga.
3. Generar vigas de diversos materiales que permitan diferenciar una escala de niveles de resistencia dependiendo del material utilizado.
4. Facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de conceptos básicos de las unidades de enseñanza aprendizaje de estática, resistencia de materiales, análisis y diseño estructural.
5. 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.
6. 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

Diseñar y construir un artefacto en el que se pueda montar una viga continua de por lo menos cuatro apoyos, a la que se puedan aplicar cargas concentradas en todos los claros y medir sus deflexiones o flechas.

- Realizar los experimentos parciales necesarios para establecer las variables a controlar por cada uno de los componentes.
- Realizar los modelos a escala para probar cada uno de los mecanismos a utilizarse.
- Maquinar los prototipos individuales, a tamaño real, para probar el sistema en su conjunto.
- Realizar los ajustes derivados de los resultados de las pruebas.
- Guía descriptiva del prototipo y de su operación con ejercicios específicos de comprobación.
- Incorporación en el programa de atención a grupos del LME para las distintas asignaturas involucradas de Arquitectura e Ingeniería Civil.

Metodología de investigación

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 desarrollado.
- Necesidad Académica. El escrutinio del plan de estudios de la Licenciatura en Arquitectura, ofrece un panorama de temas en diversas materias cuya comprensión resulta difícil para los

estudiantes y que a lo largo de 19 años se han ido ilustrando con aparatos experimentales que usan alumnos y profesores para demostrar fórmulas y explicaciones de pizarrón.

- Discusión colegiada y Bocetos conceptuales. Cada tema es discutido 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.
- 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. • Análisis de la información disponible. La información generada en esa(s) sesión(es) es organizada y discutida por parte del Grupo en el Laboratorio de Modelos Estructurales para establecer estrategias de materialización para las pruebas iniciales de funcionamiento de los elementos críticos.
- 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.
- Planos de Taller. Una vez consensada la posible solución a la Necesidad Académica se proceda 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.
- 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.
- Construcción de Prototipos Preliminares. Aunque se mencionan prototipos, comúnmente 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.
- Realización de Pruebas Globales. Los miembros del Seminario realizan simulaciones de las 9 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.
- 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.
- Documentación. Para concluir el proceso se generan los archivos electrónicos que documentan las dimensiones del aparato tanto en planos descriptivos como en modelados tridimensionales.

4.3 Avance de la investigación con base en el plan de trabajo original.

De acuerdo al programa y calendario inicialmente planteados en la solicitud de registro, el proyecto debiera estar en condiciones de ser concluido, sin embargo, el avance estimado en este momento puede considerarse de un 85% en razón de la imposibilidad de avance durante el período de pandemia por la falta de acceso a las instalaciones de la UAM A, como se **expone** en seguida.

Antecedentes

El proyecto fue solicitado por el Dr. Oscar Manuel González Cuevas a mediados del año 2019 con el objetivo de demostrar a los estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería Civil la diferencia de comportamiento entre las Vigas Isostáticas y las Vigas Hiperestáticas, al mismo tiempo que se les enseña a calcular sus esquemas de resistencia, a través de las ecuaciones correspondientes. Con el

propósito de aclarar las expectativas formal-funcionales de las demostraciones requeridas, se construyó el pre-prototipo que se describe adelante y el cual, por efecto de la crisis sanitaria, no se había avanzado en apego al calendario inicialmente planteado ya que se requiere de las facilidades físicas que el laboratorio de CAD/CAM provee y de los Talleres de Máquinas-Herramientas de la División de CyAD para llevarlo a la siguiente fase. El pre-prototipo fue presentado al Dr. González Cuevas para recibir la retroalimentación respectiva, de acuerdo al grado de progreso que se tenía en su momento.

Derivado de esa presentación se ha podido avanzar, por fuera de la UAM, en algunos aspectos que se explican adelante, gracias a la Tecnología de la Impresión en 3D.

En este reporte se describe el estado de adelanto que a esta fecha se tiene en la realización del Prototipo en cuestión, después de más de dieciocho meses en que fue imposible el acceso a las instalaciones de la Universidad.

En el Laboratorio de CAD/CAM, de la División de CyAD – lugar en donde se realizan los prototipos para el Laboratorio de Modelos Estructurales – se encuentra el pre-prototipo del proyecto mencionado.

5. Desarrollo o estado de avance

En términos porcentuales se estima un **85%**

Descripción del Tablero del Pre-Prototipo

Manufactura de bastidor perimetral de madera con bastones de 2" x 2" de 122 cm por 122 cm, con un refuerzo del mismo material, en su meridiano horizontal. Esos bastones fueron unidos con grapas onduladas de acero templado, con filo en diagonal por una de sus aristas longitudinales. A dicho bastidor de madera se le sobrepuso un tablero multiperforado de partículas de madera aglomerada de 122 cm x 122 cm x 1/4", que fue atornillado en los cuatro vértices del cuadrado y en lugares estratégicos de los bastones perimetrales. La solicitud de instalación de apoyos para las vigas fue de dos apoyos distales con la posibilidad de instalar, de uno a tres apoyos intermedios, dependiendo de la explicación que se pretendiera. Esos apoyos deberían poder funcionar como libremente apoyados o empotrados, a voluntad del profesor. Se realizaron barrenos (1/4" de diámetro) y se machuelearon (cuerda Standard) en las posiciones requeridas de acuerdo con las solicitudes iniciales.

Descripción de los Apoyos

Pernos maquinados por CNC de aluminio sólido de 20 mm de diámetro x 168 mm de longitud, roscados en sus dos extremos, por el lado oculto una sección de 17 mm de longitud x 1/4" de diámetro en cuerda STD. (Inserto de acero de espárrago retenido en posición por un prisionero Allen transversal) y por el lado visible un tramo de cuerda de 18 mm de longitud x 5/8" de diámetro, con cuerda STD. Cada una de las dos cuerdas lleva una tuerca. La del lado oculto de 7 mm la tuerca, (maquinada de aluminio) de 22 mm de diámetro x 7 mm de grosor, tiene dos lados opuestos recortados para permitir el apriete con llave de tuercas española de 19 mm. Del lado visible la tuerca (maquinada de aluminio) de 22 mm de diámetro x 13 mm de longitud, lleva dos lados recortados para permitir el apriete con llave de tuercas española de 19 mm. Con el objetivo de retener una solera de un máximo de 40 mm de ancho x 1/8", la parte frontal del cuerpo del perno, fue ranurada (4 mm x 40 mm) en su eje medio. Esas soleras debían ser de diferentes materiales como acero al carbón, acero inoxidable, cobre, latón, madera, nylon y/o acrílico. Del lado de la rosca oculta, cada perno lleva una funda de aluminio de 22 mm de diámetro exterior x 1.2 mm de grosor con 4 ranuras de 15 mm de longitud, en los meridianos (ver fotografía anexa).



Foto 1. Pernos maquinados por CNC de aluminio sólido

Esa ranura sirve para impedir el giro de la parte frontal del perno con lo que el soporte pasa de libremente apoyado a empotrado. Para tal propósito, la parte frontal del perno lleva cuatro barrenos roscados de 1/8" en los que se insertaron tornillos allen de acero inoxidable, en los que entran las ranuras de la funda. En la parte intermedia trasera de la funda se realizó una ranura desimilares dimensiones pero cerrada, para que la funda no se pudiera sacar del perno. Para este propósito, se realizó un barrenos roscado en el perno y se insertó un tornillo allen de acero inoxidable que atraviesa la funda desde el exterior.

Modificaciones al Diseño Original del Perno

Al presentarse el pre-prototipo al Dr. González Cuevas, él solicitó que en lugar de soleras planas se introdujeran varillas cuadradas. Dado que esa solicitud era incompatible con el diseño de la parte frontal del perno, se procedió a diseñar otra pieza que pudiera funcionar, muy eficientemente, para quien realizaba la demostración del prototipo. Este nuevo perno fue construido de **ABS (Acrilo Butadieno Estireno)** por medio de impresión en 3D. Está constituido por tres piezas: el cuerpo, la mordaza y el seguro (Ver fotografía anexa).



Foto 2. Perno de **ABS (Acrilo Butadieno Estireno)** por impresión en 3D. constituido por tres piezas: el cuerpo, la mordaza y el seguro

El Cuerpo es un cilindro de 200 mm de diámetro x 62 mm de longitud, 16 mm más corto que el perno original de aluminio. Esta reducción se debió principalmente a que el diseño del nuevo perno implicó la desaparición de la rosca frontal y, consecuentemente, de su tuerca. La varilla de demostración ahora queda atrapada entre el cuerpo del perno y la mordaza que gira, por medio de un mecanismo de bisagra, soportada por dos salientes del cuerpo del perno.

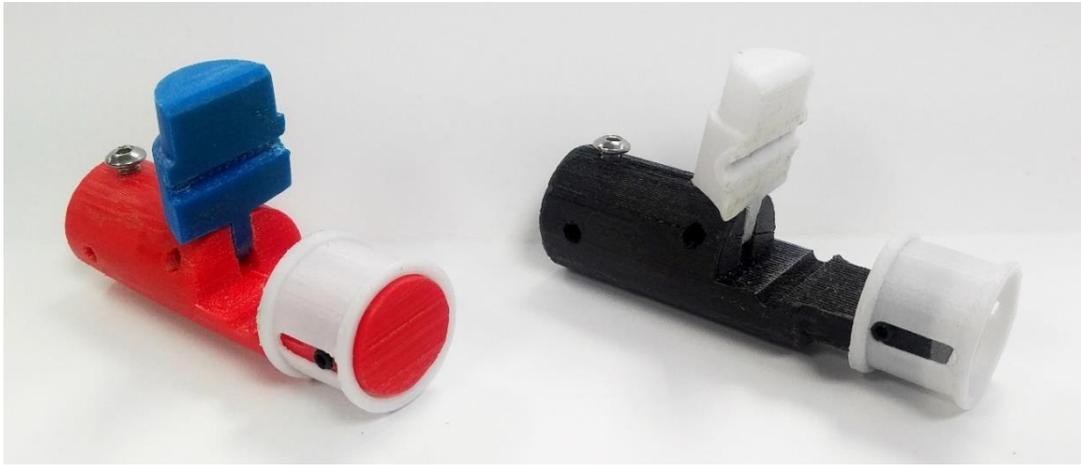


Foto 3. Cabezal del perno con mordaza para sujetar la varilla (viga).

Cuando la varilla se encuentra en posición, se cierra la mordaza y se desliza el seguro para que la mordaza no se pueda abrir y liberar a la varilla. Se tienen propuestas para mejorar el diseño de la mordaza y del seguro. De ellos, ya se tiene fabricado el del seguro y se está experimentando con el de la mordaza antes de imprimirlo en 3D.



Foto 4. Propuesta de mordaza con seguro.

Sistema de Carga

Con el objetivo de efectuar las cargas sobre las vigas (varillas), se está experimentando con un sistema de pesas, basado en armellas de pata muy larga, a la cual se le pueden adicionar roldanas calibradas (tipo herradura-de fácil inserción) para ajustar hasta el peso deseado. Dado que el sistema presupone la aplicación de fuerzas de carga negativas, se diseñaron y se construyeron unos pernos de varilla de "cold rolled" de $\frac{1}{4}$ de diámetro x 200 mm de longitud, con poleas embaleras en uno de sus extremos. En ellos se cuelga el mismo tipo de armellas de pata muy larga que se sujetan de la varilla pasando por el balero para contrarrestar el peso con el que se carga, hacia abajo, la varilla. Esos pernos se pueden insertar en barrenos realizados en el marco de madera del marco del tablero y ubicados en los puntos intermedios entre los soportes de aluminio. Dependiendo

de los resultados finales de los experimentos, con el prototipo ya terminado, se decidirá si se mantiene este sistema de cargas o se diseña un sistema que contemple pesos preestablecidos para las demostraciones con las varillas definitivas, en los materiales definitivos.

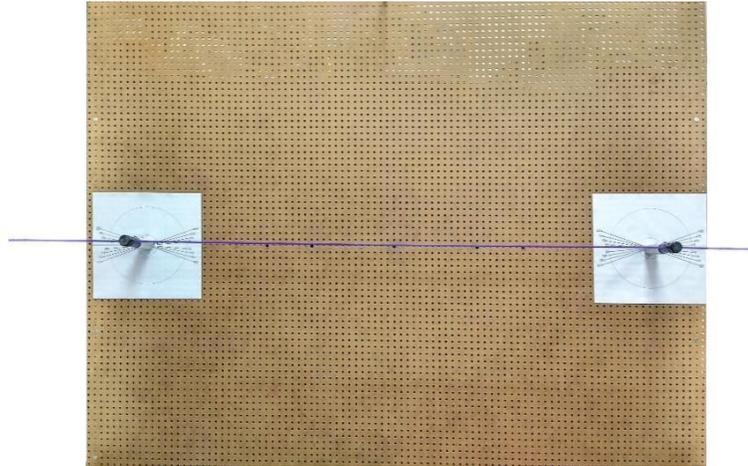


Foto 5. Tablero Multiperforado con dos Pernos y Viga

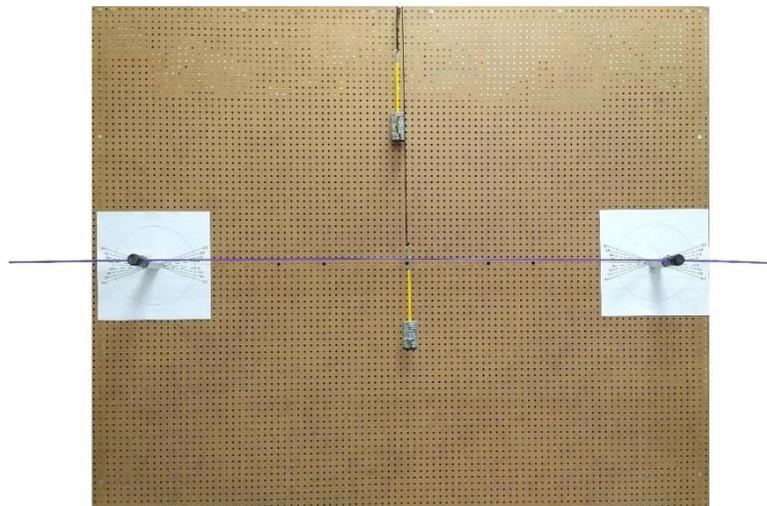


Foto 6. Tablero con Cargas en Equilibrio

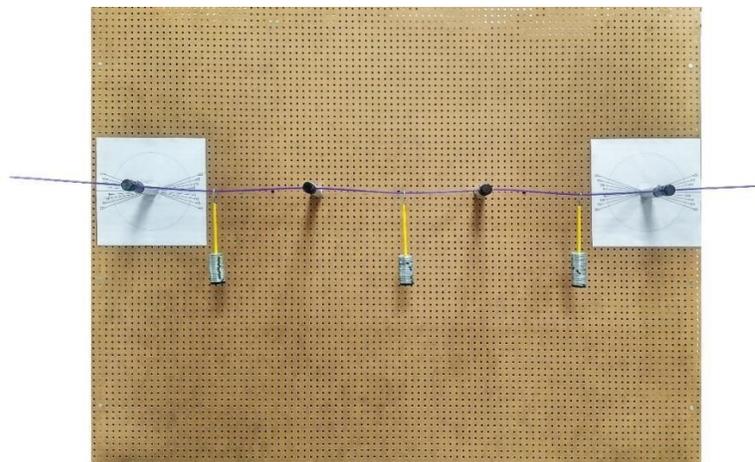


Foto 7. Tablero con cuatro Pernos de Giro Libre y Cargas Intermedias

Los ejemplos presentados muestran algunas posibilidades del Tablero para diferentes acciones en las que los pernos pueden funcionar libres o empotrados, cada uno de manera independiente para simular algunas condiciones que se pueden presentar en la construcción.

Problemática presentada en el desarrollo del Prototipo de Pruebas

En el curso del desarrollo de este prototipo surgieron diversos problemas que se tuvieron que afrontar con las estrategias idóneas.

Algunos de los problemas más significativos, fueron:

1. Fricción en los pernos
2. Cambios dimensionales por la impresión 3D de los Pernos de ABS
3. Ajustes entre las mordazas y las vigas

Fricción en los Pernos

Dada la necesidad de un giro, verdaderamente libre, entre el vástago de "cold rolled" del Perno de aluminio y el Perno impreso en 3D, se consideró que un ajuste dimensional preciso podría permitir dicho giro pero al realizarse las primeras pruebas se detectó que la sección de ABS se atoraba a pesar de la adición de lubricantes.

Se realizó un segundo intento al insertarse un buje de bronce grafitado con las tolerancias adecuadas para lograr ese giro libre pero, aunque mejoró sustancialmente la libertad de movimiento, no se logró por completo.

El siguiente intento, muy exitoso, fue el maquinado en torno, del conducto del Perno de ABS para la inserción de un balero.

Todos los Pernos subsecuentes fueron manufacturados bajo este mismo procedimiento.



Foto 8. Diferentes tipos de rodamientos

Cambios Dimensionales por la Impresión de los Pernos de ABS

Este problema tuvo varios aspectos dependiendo de las diferentes partes del Perno de ABS que se consideraron.

Ya que el proceso de impresión en 3D se produce con base en un extrusor de alta temperatura, el objeto impreso sufre distensiones al principio y contracciones al final del proceso. Esto implica que el control dimensional aunque efectivo, permite aproximaciones que dependen de la dirección de deposición del filamento.

El **primer problema** que tuvo que ser resuelto, derivado de esta circunstancia, fue el del ajuste entre las piezas que tienen movimiento entre sí.

Por el momento y, dado que no se tenía acceso a la impresora 3D personal, esos problemas fueron resueltos individual y manualmente con base en lijas y con limas.

El **segundo problema** fue la dirección de la deposición del filamento ya que al cargar la viga con suficiente peso, el Perno se empezaba a agrietar, pudiendo llegar a romperse.

Este asunto tuvo dos intentos de solución, de los cuales, el primero consistió en barnizar cada una de las piezas con acetona (el solvente natural del ABS), la cual agregó algo de cohesión química a la adherencia térmica natural del proceso de impresión.

Al momento, no se ha vuelto a presentar el agrietamiento original pero no se descarta la posibilidad de que siga existiendo, en especial al aumentarse la carga sobre la viga.

El segundo procedimiento utilizado fue girar el Perno al momento de la impresión para orientar la dirección de la deposición del material en la posición de mayor resistencia al esfuerzo de la viga.



Foto 9. Dos diferentes direcciones de Impresión

Esta segunda estrategia funciona muy bien al evitar –totalmente- la posibilidad del agrietamiento pero el Perno genera un ovalamiento que es posible controlar con base en la utilización intensiva de material de apoyo en la dirección del ovalamiento.



Foto 10. Ovalamiento del Perno

Ajustes entre las mordazas y las vigas

Este problema también tuvo dos vertientes ya que por un lado está la exactitud del punto de giro de la mordaza y por el otro la descalibración de la sección transversal de la viga de acrílico.

En el primer caso se tuvo que ampliar la sección transversal de la zona con la que la mordaza retiene a la viga y cambiar la pared trasera de esa zona, de paralela a la de la viga a ligeramente diagonal.

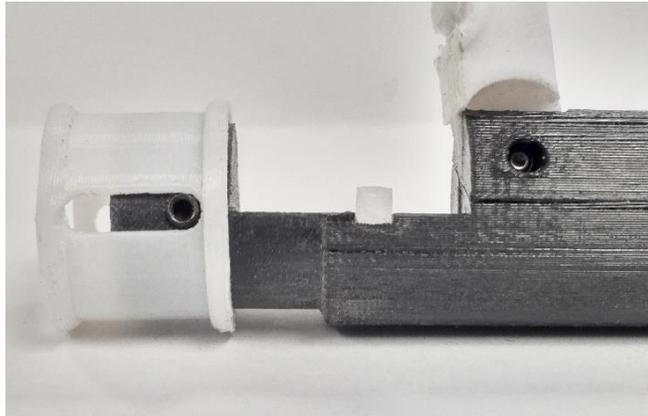


Foto 11. Desajuste entre Viga y Mordaza

En el segundo caso, y dado que la viga de acrílico es material comercial sobre el que no se tiene ningún control, se decidió ampliar el espacio de la mordaza que retiene a la viga en posición e introducir una sección de material elastomérico que absorbiera las diferencias dimensionales de la viga.

6. Conclusiones iniciales

El proyecto que se describe se encuadra en *la investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje de la Resolución de Problemas* (del Valle Coronel / Curotto 2008):

La aparición del enfoque de resolución de problemas como preocupación didáctica surge como consecuencia de considerar el aprendizaje como una construcción social que incluye conjeturas, pruebas y refutaciones con base en un proceso creativo y generativo. La enseñanza desde esta perspectiva pretende poner el acento en actividades que plantean situaciones problemáticas cuya resolución requiere analizar, descubrir, elaborar hipótesis, confrontar, reflexionar, argumentar y comunicar ideas.

Desde ese punto de vista, resolver un problema didáctico específico en el campo de la enseñanza de las estructuras requiere al menos de tres aspectos que deben conjugarse para obtener el resultado deseado: La identificación de los elementos problemáticos de la enseñanza acerca de tópicos específicos por parte del docente. La posibilidad de proponer modelos físicos didácticos como instrumentos de visualización y "mecanización" del problema. Y no menos importante en esta dinámica, la armonización del trabajo e intervención de los actores involucrados en el proceso resolutivo.

Una clara percepción del problema, la comunicación precisa de los requerimientos y la correcta interpretación conceptual de los mismos como base para el desarrollo del prototipo apoyado en el conocimiento de materiales y mecanismos, son sin duda elementos necesarios para acercarse al objetivo esperado. En otras palabras, una necesaria labor de equipo.

7. Prospectiva de diseño

Ya que algunas de las estrategias implementadas dieron un resultado muy positivo, éstas se seguirán utilizando en las piezas que se manufacturen en adelante.

En el caso de las variaciones dimensionales provocadas por la impresión en 3D, se realizará un levantamiento de los cambios generados por las lijas y las limas y se modificarán los archivos de modelado tridimensional que se utilizaron para imprimir las primeras piezas.

Las pruebas permitirán concluir si los resultados son admisibles.

De igual manera, se intentará imprimir los Pernos en una impresora de mayor control térmico y con otros materiales como el PLA.

Para el caso del ovalamiento del Perno con cambio de dirección de la deposición del material, se implementará una doble impresión con el diseño de los "andamios" intensivos que el problema amerita.

Por lo que toca al ajuste entre las mordazas y la viga, se pretende incluir un inserto metálico, maquinado por CNC, de mucho mayor precisión dimensional y con las consideraciones geométricas derivadas de los cambios hechos en las piezas de ABS.

En la medida que se ha permitido a últimas fechas el ingreso a las instalaciones de la UAM-Azcapotzalco, se procede a manufacturar la versión definitiva del tablero, similar en dimensiones que el que actualmente se tiene, pero de mejor calidad y perforado por CNC solamente en los puntos necesarios para los soportes de aluminio/PLA y para los pernos, sobre material con acabado melamínico, Alucobond o Dibond. Sobre ese tablero se incluirán escalas de medición que permitan visualizar cuantitativamente las deformaciones provocadas por los pesos, sobre las varillas, de tal manera que las demostraciones sean lo suficientemente ágiles.

Referencias

1. Laboratorio de Modelos Estructurales. Moreno Carlos et al. Introducción por Turatti Villarán Antonio. UAM Azc. 2003.
2. La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje. Del Valle Coronel María / Curotto María Margarita. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Catamarca. Argentina. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 7 N°2 (2008)

Prorroga proyecto N-528

1 mensaje

DEPARTAMENTO DE PROCESOS Y TECNICAS DE REALIZACION -
<procytec@azc.uam.mx>

25 de septiembre de 2023,
12:29

Para: OFICINA TECNICA DIVISIONAL CYAD - <consdivcyad@azc.uam.mx>

En respuesta a las observaciones presentadas en el oficio SACD/CYAD/525/2023 respecto a la prórroga del proyecto N-528 envío documento anexo.

De antemano agradezco su atención.

--
Dr. Edwing Antonio Almeida Calderón
Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización
CyAD
UAM-Azcapotzalco

2 adjuntos

 **117_Respuesta Observ.prorroga N-528 Antonio Abad.pdf**
628K

 **Solicitud de Prórroga SD 68 Final 1.pdf**
2707K

Prorroga proyecto N-528

1 mensaje

DEPARTAMENTO DE PROCESOS Y TECNICAS DE REALIZACION -
<procytec@azc.uam.mx>

25 de septiembre de 2023,
12:29

Para: OFICINA TECNICA DIVISIONAL CYAD - <consdivcyad@azc.uam.mx>

En respuesta a las observaciones presentadas en el oficio SACD/CYAD/525/2023 respecto a la prórroga del proyecto N-528 envío documento anexo.

De antemano agradezco su atención.

--
Dr. Edwing Antonio Almeida Calderón
Jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización
CyAD
UAM-Azcapotzalco

2 adjuntos

 **117_Respuesta Observ.prorroga N-528 Antonio Abad.pdf**
628K

 **Solicitud de Prórroga SD 68 Final 1.pdf**
2707K