

REPORTE DE PROYECTO O PROPUESTA

INFORMACIÓN DE LA CONVOCATORIA

Convocatoria	UN Innova: Convocatoria de Proyectos para el Fortalecimiento de la Innovación en la Universidad Nacional de Colombia a partir del Desarrollo de Prototipos y Experiencias Piloto 2019-2021 (segunda cohorte)
Modalidad	Propuestas de escalamiento de prototipos.

INFORMACIÓN ACADÉMICO-ADMINISTRATIVA DEL PROYECTO

INFORMACIÓN PRINCIPAL

Código del proyecto:	53710
Nombre:	DISPOSITIVO DE INTERACCIÓN MECÁNICA EN ELEMENTOS COMPUESTOS DE CONCRETO Y PERFILES ESTRUCTURALES DE ACERO DE LÁMINA DELGADA: CONECTOR DE CORTANTE TIPO CSC
Estado:	Finalizado
Duración del proyecto o programa (meses):	12
Tiempo de formulación:	Semanas 4 Horas/semana 5
Proyecto relacionado (si aplica):	
Nombre Proyecto relacionado (si aplica):	
Grupo(s) de investigación (si aplica):	
No se encontraron grupos para el proyecto.	
Semilleros asociados al proyecto:	
No se encontraron semilleros vinculados a este proyecto.	

INFORMACIÓN DEL DIRECTOR

Director:	MARITZABEL MOLINA HERRERA
Documento del director:	C - 52202653
E-mail del director:	mmolinah@unal.edu.co
Escuela/departamento del director:	2- DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AGRÍCOLA
Facultad del director:	2- FACULTAD DE INGENIERÍA
Sede del director:	Bogotá
Horas/semana de dedicación al proyecto:	4
Valor de la dedicación:	

INFORMACIÓN DEL DIRECTOR	
--------------------------	--

INFORMACIÓN DEL DIRECTOR DE LA RED DE COOPERACIÓN	
---	--

	\$16.284.864
Funciones:	Coordinación financiera de manejo y distribución de recursos del proyecto. Garantizar la calidad, pertinencia y culminación de los objetivos técnicos del proyecto. Coordinación entre los profesores asesores para optimizar los resultados esperados proyecto y garantizar la eficiencia de su desarrollo en las diferentes etapas. Acompañamiento de estudiantes de pregrado y posgrado en desarrollo de trabajos de grado vinculados al proyecto.

DEPENDENCIAS RESPONSABLES

2- COORDINACIÓN CURRICULAR INGENIERÍA CIVIL

INFORMACIÓN GENERAL

Resumen

Durante las últimas décadas se ha incrementado el uso de secciones compuestas de acero y concreto a nivel mundial, con las cuales se ha buscado lograr un comportamiento conjunto óptimo de los materiales, ante solicitudes externas actuantes sobre las estructuras.

El principio de funcionamiento de estos elementos mixtos radica en el aprovechamiento de las propiedades mecánicas de los materiales, garantizando la transferencia de esfuerzos en su interfaz, por medio de elementos de unión denominados conectores de cortante.

La tecnología de materiales ha involucrado a los perfiles de acero doblados en frío (CFS), también conocidos como perfiles de lámina delgada, en esta configuración de elementos híbridos, convirtiéndose en una alternativa estructural competitiva en el ámbito de la construcción.

Entre sus ventajas se destacan la posibilidad de ser empleados en mayores luces, velocidad para su producción en masa, facilidad de embalaje, transporte y montaje, alta relación de resistencia y peso, y son considerados como una alternativa de sostenibilidad en la construcción, al requerir menor cantidad de acero y concreto con respecto a los sistemas de entrepiso tradicionales, compuestos por perfiles de lámina gruesa.

De acuerdo con la normatividad vigente, los elementos avalados para usarse como conectores de cortante son los espigos, canales y tornillos, en los cuales emplean fijación con soldadura en perfilera formada en caliente (HRS), sin que exista alguna alternativa propuesta para secciones CFS.

La soldadura en los perfiles metálicos de lámina delgada al ser un proceso térmico ha generado incertidumbre en lo concerniente a su efectividad, dado que se induce una concentración de esfuerzos residuales localizados. Además, el electrodo puede llegar a perforar la pared del perfil, y con ello afectar la capacidad estructural de la sección compuesta. Por tal motivo, se ha planteado alternativamente el sistema de fijación con tornillos autoperforantes, el cual no ha sido avalado técnicamente, debido a falta de normalización de ensayos experimentales.

En esta investigación se busca analizar el efecto de los conectores de cortante tipo CSC (Confining Shear Connector) en el comportamiento y la capacidad máxima de vigas en sección compuesta de acero y concreto, por medio de los resultados experimentales de especímenes a escala real, sometidos a flexión. De este modo, se validará la aplicabilidad mecánica del dispositivo propuesto, como una alternativa diferenciadora de sistema de conexión en las secciones compuestas, orientada hacia unas configuraciones estructurales particulares de entrepiso, las cuales han sido comúnmente empleadas dentro del medio de la construcción, considerando parámetros normativos y mecanismos de transferencia entre materiales asociados a otros sistemas compuestos.

Con el análisis y caracterización del comportamiento de las secciones compuestas, con perfiles CFS vinculadas a los elementos de concreto por medio de los conectores de cortante CSC, se pretende establecer y promover un dispositivo de conexión eficiente que impulse un sistema de entrepiso económico, liviano y potencialmente industrializable, convirtiéndose en una alternativa de construcción de edificaciones seguras, resilientes y sostenibles.

Descripción del problema u oportunidad a la cual responde el proyecto

Dentro del uso de sistemas estructurales compuestos por placas de concreto y perfiles de acero formados en frío, es necesario identificar la influencia que tiene cada uno de sus componentes, y su aporte efectivo en el trabajo conjunto de la sección.

Particularmente, la capacidad estructural de las secciones metálicas de lámina delgada puede verse reducida debido a la susceptibilidad al pandeo local, dado el limitado espesor de pared del perfil. Esta condición puede presentarse tras la transmisión de compresiones de la placa de concreto a la sección de acero, ante solicitaciones de flexión sobre el sistema compuesto, por medio de elementos de transferencia denominados conectores de cortante, los cuales se instalan uno a uno lo largo del perfil de acero. Al no ser un sistema de conexión continua, tanto los conectores como el perfil metálico, presentan concentraciones de esfuerzos localizados, reduciendo potencialmente la capacidad del sistema. De este modo, los conectores de cortante se convierten en miembros fundamentales en la efectividad del trabajo conjunto de sistema compuesto.

Tradicionalmente, la investigación de elementos de conexión se ha orientado hacia el estudio y caracterización de espigos (studs) y canales, los cuales se sueldan a perfilería estructural formada en caliente (HRS), cuya relación de ancho y espesor de las platinas es mucho mayor con respecto a la de los perfiles doblados en frío de lámina delgada (CFS).

No obstante, este sistema de fijación con soldadura no es eficiente para secciones CFS. La limitante del espesor de los perfiles es inconveniente, dado que el calor generado durante su instalación puede llegar a quemar y/o perforar la lámina. Adicionalmente, durante el enfriamiento de la lámina en la zona intervenida, se inducen esfuerzos residuales de pretensionamiento que reducen la capacidad del perfil.

De acuerdo con la normatividad internacional, entre ellas AISC360, Eurocódigo 4 y JSCE 2009, para emplear sistemas alternativos de conectores de cortante a los allí avalados, se debe determinar su capacidad y comportamiento estructural a través de ensayos experimentales. Bajo esta consideración, se han propuesto diferentes tipologías de conectores para perfilería de lámina delgada, entre las cuales se destacan tornillos autoperforantes, lengüetas del perfil metálico, perfiles parcialmente embebidos en la placa de concreto, sistemas de fijación con arandelas y tuercas, clavos disparados en concreto endurecido, entre otros; sin que se haya estructurado alguna metodología diseño y construcción para su aplicación.

Conociendo que en la actualidad no existe una normatividad que avale el diseño de conectores de cortante en secciones compuestas con perfilería de lámina delgada, con esta propuesta se pretende caracterizar el comportamiento de secciones compuestas de concreto y perfiles de acero formado en frío, por medio de ensayos experimentales sobre especímenes a escala real, en los cuales se evaluara la eficiencia de los conectores de cortante denominados CSC (Confining-Shear-Connector), propuestos por los investigadores.

El desarrollo de esta tipología de sistemas de conexión conlleva el aporte innovativo diferenciador de contar con dispositivos especialmente diseñados para que sirvan como elementos de transferencia entre los perfiles de lámina delgada y el concreto, bajo una configuración de sistema de entrepiso, que actualmente carece de reglamentación normativa con respecto al diseño de conectores de cortante. Así mismo, dado que es un sistema tradicional de construcción liviana, existe un gran potencial de acogimiento por parte de las empresas de infraestructura para poder industrializarlo e implementarlo durante el diseño y ejecución de sus proyectos.

Objetivo general

Evaluar la efectividad de incorporar conectores tipo CSC como elementos de transferencia de esfuerzos en sistemas de entrepiso compuestos por

losas concreto y perfiles de acero formados en frío (CFS)

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo específico	Medio de verificación
- Correlacionar estadísticamente los resultados de capacidad y modos de falla de sistemas compuestos con conectores de cortante tipo CSC, obtenidos a partir de ensayos experimentales de vigas a flexión.	
- Desarrollar montajes experimentales que permitan evaluar la capacidad de conectores tipo CSC como elementos de transferencia en secciones compuestas de perfiles de acero de lámina delgada y placas de concreto	
- Plantear una metodología de construcción de sistemas compuestos que involucre tanto la instalación de conectores de cortante tipo CSC como recomendaciones de obra aplicables con los sistemas tradicionalmente empleados en la industria.	
- Proponer una formulación de diseño para evaluar la capacidad de conectores de cortante tipo CSC, aplicables a secciones compuestas de concreto y perfiles estructurales de acero formados en frío.	

RESULTADOS ESPERADOS

- Determinación de expresiones de cálculo que permitan predecir las cargas y los mecanismos de falla del sistema compuesto en estudio.		
- Determinación de factores estadísticamente relevantes de los conectores tipo CSC en la capacidad a flexión de secciones compuestas con perfiles CFS, que permitan correlacionar las cargas de falla con respecto a los parámetros mecánicos de sus componentes individuales.		
- Recomendaciones constructivas para el sistema de entrepiso con los conectores de cortante tipo CSC.		

PRODUCTOS

Producto	Descripción	Cantidad
0601 - Prototipo industrial	0601 - Prototipo industrial	1

REGIÓN QUE IMPACTA EL PROYECTO

Departamento	Ciudad
Bogotá, D.C.	Bogotá, D.C.

PROPIEDAD INTELECTUAL

¿Considera que este proyecto puede generar uno de los siguientes activos de propiedad intelectual?	Si
Activo de propiedad intelectual	Inventos

BIODIVERSIDAD

¿En su investigación hará uso de los recursos de la biodiversidad colombiana?	No
---	----

LABORATORIOS

¿Dentro de la ejecución del proyecto va hacer uso de los servicios de laboratorios?		Si
Sede	Facultad	Nombre de laboratorio
Bogotá	2- FACULTAD DE INGENIERÍA	293 - Estructuras

CLASIFICACIÓN

Objetivo de desarrollo sostenible principal
Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación

Objetivos de desarrollo sostenible secundarios
Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles
Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos

Objetivo socioeconómico
Producción y tecnología industrial

ÁREAS CIENTÍFICAS/TEMÁTICAS

Area científica y tecnológica principal - OCDE	Sub-área de la ciencia
Ingeniería y tecnología	Ingeniería civil
Area científica y tecnológica secundaria	Sub-área de la ciencia
Ingeniería y tecnología	Ingeniería de los materiales

Area científica y tecnológica secundaria	Sub-área de la ciencia
Ingeniería y tecnología	Ingeniería civil
Ingeniería y tecnología	Ingeniería mecánica

PLAN GLOBAL DE DESARROLLO UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	
Política	Plan Global de Desarrollo 2019 - 2021: Proyecto Cultural y colectivo de la Nación
Elemento estratégico	Plan Global de Desarrollo 2019 - 2021: Proyecto Cultural y colectivo de la Nación
Línea de acción	Eje estratégico 3: La Universidad, como proyecto cultural de la Nación, se orienta a la construcción, desde el conocimiento, de una sociedad flexible, sostenible y en paz que se transforma y adapta permanentemente.
Programa	Programa 6: Transformación cultural desde el reconocimiento y visibilización de las capacidades de la comunidad académica y sus relaciones, para responder a los retos de país, a través de la generación de nuevo conocimiento, el trabajo colaborativo e interdisciplinario, la creación artística, la innovación social y tecnológica y el emprendimiento.

PALABRAS CLAVE

CONECTORES DE CORTANTE

Secciones compuestas

PERFILES DE LAMINA DELGADA

Fijaciones mecánicas

INTEGRANTES

Participante	Unidad	Vinculación	Horas/semana	Meses	Valor (\$ dedicación)	Función	Fecha de vinculación
AQUILES ENRIQUE DARGHAN CONTRERAS (E - 446787) (aqedarghanco@unal.edu.co)	2- DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA Grupo:	Profesor carrera docente UN	1	12	\$5.249.760	Asesoramiento en el análisis estadístico para proponer las configuraciones representativas de modelos físicos de ensayo, de acuerdo con las variables a analizar y su	25/05/2022 0:00

Participante	Unidad	Vinculación	Horas/semana	Meses	Valor (\$ dedicación)	Función	Fecha de vinculación
						incidencia. Como especialista en el análisis de datos, aportará en el desarrollo de modelos estadísticos predictivos, con base en la información recopilada en ensayos experimentales y de simulación numérica. Así mismo, será valioso su apoyo en el desarrollo de la formulación de diseño.	
RICARDO LEON PARRA ARANGO (C - 19264199) (rparraar@unal.edu.co)	2- DEPARTAME DE INGENIERÍA CIVIL Y AGRÍCOLA Grupo:	Profesor carrera docente UN	2	12	\$5.381.184	Desarrollo de metodologías de optimización topológica para el análisis de elementos estructurales que garanticen un eficiente desempeño bajo estados predeterminados de carga,	25/05/2022 0:00

Participante	Unidad	Vinculación	Horas/semana	Meses	Valor (\$ dedicación)	Función	Fecha de vinculación
						considerando el comportamier no lineal de sus componentes. Dada su experiencia en el área en el análisis de estructuras en laminares, con su asesoría se pretende definir la alternativa de análisis matemático que permita representar analíticamente el comportamier de los perfiles laminados en frío y de los conectores de cortante tipo CSC de forma ágil y eficiente.	
XAVIER FERNANDO HURTADO AMEZQUITA (C - 80098348) (xfhurtadoa@unal.edu.co)	2- FACULTAD DE INGENIERÍA Grupo:	Estudiante posgrado UN	24	12	\$0	Estudiante de: DOCTORADO EN INGENIERÍA - INGENIERÍA CIVIL	25/05/2022 0:00

Participante	Unidad	Vinculación	Horas/semana	Meses	Valor (\$ dedicación)	Función	Fecha de vinculación
						Recopilación de información de estado de arte acerca de sistemas compuestos, principalmente en temas asociados a sistemas alternativos de fijación de conectores de cortante, y diversidad de geometrías posibles para asegurar una adecuada transferencia de esfuerzos entre el concreto y el acero. Desarrollo de montaje para ensayos de flexión, de manera que se permita analizar el comportamiento de las secciones compuestas, y la eficiencia de los conectores	

Participante	Unidad	Vinculación	Horas/semana	Meses	Valor (\$ dedicación)	Función	Fecha de vinculación
						tipo CSC. Análisis de la información experimental y de la simulación computacional para el desarrollo de modelos estadísticos confiables, que permitan identificar las variables incidentes en el comportamiento del conector y del sistema compuesto; así como el planteamiento de la metodología y formulación de diseño que garantice las condiciones de seguridad y funcionalidad del uso del sistema de entepiso.	
JOSE LUIS BENAVIDES AVILA (C - 1014309034) (jlbenavidesa@unal.edu.co)	2- FACULTAD DE INGENIERÍA Grupo:	Estudiante pregrado UN	24	12	\$0	Estudiante de: INGENIERÍA CIVIL	25/05/2022 0:00

Participante	Unidad	Vinculación	Horas/semana	Meses	Valor (\$ dedicación)	Función	Fecha de vinculación
						Planteamiento de montajes experimentales y caracterización de especímenes a flexión y su relación con los ensayos de corte en sistemas de secciones compuestas. Diseño de los elementos del montaje de los ensayos a flexión de los sistemas compuestos de entrepiso.	
JUAN TAMASCO TORRES (C - 19278557) (jtamascot@unal.edu.co)	2- DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AGRÍCOLA Grupo:	Profesor carrera docente UN	1	12	\$4.479.168	Aportes prácticos del ámbito de la construcción que permitan optimizar la metodología de instalación de los sistemas compuestos de entrepiso. Adicionalmente prestará asesoría en la definición	25/05/2022 0:00

Participante	Unidad	Vinculación	Horas/semana	Meses	Valor (\$ dedicación)	Función	Fecha de vinculación
						de los montajes de los ensayos experimentales de flexión. De igual forma, asesorará en lo correspondiente a la definición de requisitos y actividades que optimicen el proceso de instalación del sistema de entrepiso propuesto. Brindará asesoría en la determinación de la formulación de diseño de los conectores de cortante tipo CSC, la estimación de la metodología de diseño de las secciones compuestas con perfiles laminados en frío y los conectores de cortante propuestos,	

Participante	Unidad	Vinculación	Horas/semana	Meses	Valor (\$ dedicación)	Función	Fecha de vinculación
						y en la formulación de las recomendaciones constructivas del sistema propuesto.	
LUIS FERNANDO CABALLERO CASTRO (C - 1053842359) (Ifcaballeroc@unal.edu.co)	2- FACULTAD DE INGENIERÍA Grupo:	Estudiante posgrado UN	24	12	\$0	Estudiante de: MAESTRIA EN INGENIERIA - ESTRUCTURAL Planteamiento de montajes experimentales y caracterización de especímenes a flexión en sistemas de secciones compuestas.	25/05/2022 0:00
DANIEL RICARDO LOZANO MONSALVE (C - 79791849) (drlozanom@unal.edu.co)	2- DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AGRÍCOLA Grupo:	Profesor carrera docente UN	2	12	\$6.426.528	Como experto diseñador de estructuras de acero laminado en frío, será el asesor en el diseño de elementos estructurales que se ensayarán experimentalmente a flexión, orientando	25/05/2022 0:00

Participante	Unidad	Vinculación	Horas/semana	Meses	Valor (\$ dedicación)	Función	Fecha de vinculación
						la revisión de condiciones de inestabilidad local en elementos de lámina delgada. En lo correspondiente al análisis de los resultados experimentales brindará asesoría en la determinación de la formulación de diseño de las secciones compuestas con perfiles laminados en frío y los conectores de cortante propuestos.	
ELIANA MARCELA GÓMEZ NAVARRETE (C - 1019098155) (emgomezn@unal.edu.co)	2- FACULTAD DE INGENIERÍA Grupo:	Estudiante posgrado UN	24	12	\$0	Estudiante de: MAESTRIA EN INGENIERIA - ESTRUCTURAL Diseño de los elementos del montaje de los ensayos a	25/05/2022 0:00

Participante	Unidad	Vinculación	Horas/semana	Meses	Valor (\$ dedicación)	Función	Fecha de vinculación
						flexión de los sistemas compuestos de entrepiso.	

HISTÓRICO DEL EQUIPO DE TRABAJO

Documento	Nombre	Vinculación	Tipo de solicitud	Valor pagar	Fecha del cambio
-----------	--------	-------------	-------------------	-------------	------------------

No se encontraron solicitudes relacionadas con el equipo de trabajo.

PRÓRROGAS EQUIPO DE TRABAJO

Documento	Nombre	Vinculación	Valor pagar	Fecha del cambio
-----------	--------	-------------	-------------	------------------

No se encontraron solicitudes relacionadas con el equipo de trabajo.

INFORMACIÓN FINANCIERA

Lugar(es) de ejecución financiera del proyecto

2- FACULTAD DE INGENIERÍA

FUENTES DE FINANCIACION

Fuente de financiación	Tipo	Naturaleza	Valor especie (\$)	Valor efectivo (\$)
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Interna	Pública	\$0	\$50.000.000

PROPUESTA DE FINANCIACIÓN CÁTALOGO VIGENTE

Fuente de financiación	Cuenta	Objeto	Subordinal / Rubro	Descripción	Valor especie (\$)	Valor efectivo (\$)	Total (\$)
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Cuenta: Gastos De Comercialización Y Producción	Objeto: Materiales Y Suministros	Productos Metálicos Elaborados (Excepto Maquinaria Y Equipo)	Solicitud de cambio de rubros 62531	\$0	\$0	\$0
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Cuenta: Gastos De Comercialización Y Producción	Objeto: Adquisición De Servicios	Servicios De Construcción	Solicitud de cambio de rubros 62531	\$0	\$0	\$0



PROPUESTA DE FINANCIACIÓN CATÁLOGO VIGENTE

Fuente de financiación	Cuenta	Objeto	Subordinal / Rubro	Descripción	Valor especie (\$)	Valor efectivo (\$)	Total (\$)
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Cuenta: Gastos De Comercialización Y Producción	Objeto: Materiales Y Suministros	Vidrio Y Productos De Vidrio Y Otros Productos No Metálicos N.C. P.	Solicitud de cambio de rubros 62910	\$0	\$0	\$0
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Cuenta: Adquisición De Bienes Y Servicios	Objeto: Activos Fijos	Maquinaria Para Usos Especiales	Solicitud de cambio de rubros 62910	\$0	\$0	\$0
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Cuenta: Gastos De Comercialización Y Producción	Objeto: Adquisición De Servicios	Servicios Profesionales, Científicos Y Técnicos (Excepto Los Servicios De Investigación, Urbanismo, Jurídicos Y De Contabilidad)	Solicitud de cambio de rubros 67710	\$0	\$0	\$0
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Cuenta: Gastos De Comercialización Y Producción	Objeto: Materiales Y Suministros	Muebles; Otros Bienes Transportables N.C.P.	Solicitud de cambio de rubros 71802	\$0	\$0	\$0
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Cuenta: Gastos De Comercialización Y Producción	Objeto: Materiales Y Suministros	Piedra, Arena Y Arcilla	Solicitud de cambio de rubros 71802	\$0	\$0	\$0
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Cuenta: Gastos De Comercialización Y Producción	Objeto: Materiales Y Suministros	Metales Básicos	Solicitud de cambio de rubros 71802	\$0	\$0	\$0
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Cuenta: Gastos De Comercialización Y Producción	Objeto: Materiales Y Suministros	Otros Productos Químicos; Fibras Artificiales (O Fibras Industriales)	Solicitud de cambio de rubros 71802	\$0	\$0	\$0

PROPUESTA DE FINANCIACIÓN CATÁLOGO VIGENTE

Fuente de financiación	Cuenta	Objeto	Subordinal / Rubro	Descripción	Valor especie (\$)	Valor efectivo (\$)	Total (\$)
			Hechas Por El Hombre)				
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Cuenta: Gastos De Comercialización Y Producción	Objeto: Materiales Y Suministros	Productos De Madera, Corcho, Cestería Y Espartería	Solicitud de cambio de rubros 71802	\$0	\$0	\$0

PROPUESTA DE FINANCIACIÓN CATÁLOGO ANTERIOR

Fuente de financiación	Subordinal / Rubro	Valor especie (\$)	Valor efectivo (\$)	Total (\$)
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Materiales y suministros	\$0	\$28.000.000	\$28.000.000
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Compra de equipo	\$0	\$15.000.000	\$15.000.000
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Remuneración por servicios técnicos	\$0	\$7.000.000	\$7.000.000

VALOR TOTAL

Valor financiado fuente externa	\$0
Valor en especie fuente externa	\$0
Valor entidades participantes	\$0
Personal docente	\$37.821.504
Personal administrativo	\$0
Contrapartida en efectivo/valor financiado interno	\$50.000.000
Contrapartida en especie fuente interna	\$0
Valor total del proyecto	87,821,504

INFORMACIÓN ESPECÍFICA

CIUDADES

Bogotá, D.C.

*Definición del prototipo y su escalamiento

El dispositivo propuesto, denominado conector de cortante tipo CSC (Confining Shear Conector), es una pieza metálica que trabaja como vínculo físico de transferencia de esfuerzos entre un elemento de concreto y un elemento de acero de espesor inferior a 6mm, permitiendo que tras su instalación los dos materiales potencien sus propiedades mecánicas, funcionando como una unidad estructural.

Su concepción contempla aspectos geométricos y mecánicos, los cuales se evaluaron por medio de la simulación de diferentes configuraciones dimensionales de la pieza, en las que se utilizó el método de los elementos finitos (MEF) y a través un proceso de optimización de su capacidad estructural, donde se obtuvo la configuración propuesta.

Del mismo modo, por medio de un plan experimental preliminar, se conformaron algunos especímenes de ensayo donde fue posible evidenciar aspectos constructivos que incrementan la capacidad del sistema por medio de la inclusión de elementos adicionales que favorecen el confinamiento del concreto, el mecanismo de fijación y la integridad del sistema.

Con la favorabilidad obtenida de los resultados de las pruebas preliminares, se plantea un plan experimental que permite considerar un mayor rango de posibilidades dimensionales, a través del cual se puede evaluar el comportamiento de los conectores de cortante CSC bajo diferentes configuraciones estructurales.

Una vez avalado el comportamiento estructural del dispositivo propuesto, será viable el planteamiento de una formulación de diseño para estimar su capacidad como elemento estructural ante diferentes configuraciones de sistemas de entrepiso, e incluso someterlo ante comités normativos especializados para validar su aplicabilidad técnica y respaldar su uso industrial.

*Definición de usuarios potenciales del prototipo

La validación de la capacidad y comportamiento estructural de los conectores tipo CSC destaca entre sus principales usuarios:

Sector construcción: Dado que el sistema de entrepisos es ampliamente empleado en edificaciones, contar con una alternativa que demuestra tener un adecuado comportamiento estructural, y además respaldo experimental, conduciría a su rápida implementación en los procesos constructivos donde involucre sistemas compuestos conformados por losas de concreto y perfiles de lámina delgada, considerados como una alternativa constructiva económica y ambientalmente sostenible.

Sector industrial: Al tener resultados experimentales favorables del comportamiento de los conectores tipo CSC, se proyecta rápida divulgación en el sector de la industria de la construcción en acero, particularmente en empresas dedicadas a la fabricación y suministro de elementos estructurales, adquiriendo y/o generando maquinaria para su producción masiva y contar con rápida comercialización de las piezas.

Sector vivienda: El sistema de entrepiso con perfiles de lámina delgada con el conector CSC, por sus ventajas constructivas, permitirá impulsar la construcción de viviendas industriales livianas en el que se cuente con elementos estructurales seguros, durables y funcionales con respaldo técnico, que además garanticen dignas condiciones de vida de la población nacional. Por otra parte, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda realizado por el DNP, el DANE y la ONU, Colombia enfrenta un déficit de vivienda del 36% y condición de hacinamiento del 11%, poniendo en evidencia la necesidad de construcción de vivienda rurales y urbanas.

Sector investigativo: Ante la carencia normativa de contar con dispositivos de conexión, particularmente de perfiles de lámina delgada, se promueve el desarrollo investigativo de otras tipologías de conectores de cortante, conociendo el proceso llevado a cabo dentro del desarrollo de los conectores tipo CSC.

Sector Productivo: El desarrollo e implementación de esta tipología de sistemas podrán ser parte potencial de la solución a los serios problemas de empleabilidad e infraestructura que se han evidenciado con la emergencia sanitaria COVID19. Al ser un sistema de entrepiso que no requeriría mano de obra calificada para su instalación, permitirá fomentar el empleo pleno, incluyente y productivo de mano de obra local, dando la oportunidad de trabajo a la población, independientemente de su edad, sexo y nivel educativo, impulsando el desarrollo social y económico del país, prioritario para contrarrestar la tasa de desempleo que alcanzó un 19.8% durante el tiempo de aislamiento, según el informe de la OCDE.

*Metodología propuesta

1.Revisión de antecedentes investigativos y comerciales de sistemas de entrepisos

2.Ensayos experimentales

a.Elaboración de probetas

b.Caracterización de materiales

c.Ensayos a flexión de vigas a escala real

3. Análisis estadístico de resultados

a. Determinación de factores relevantes en el comportamiento a flexión del sistema compuesto

4. Desarrollo de metodología y formulación de diseño***Consideraciones Éticas**

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, el grupo de trabajo hará uso de software especializado licenciado por la Universidad Nacional de Colombia, el cual fue adquirido por el Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola con el propósito de contar con las herramientas de análisis numérico de vanguardia, durante las fases de simulación y análisis estadístico de resultados, o software de uso libre para la ejecución de procesos secundarios.

De otra parte, la ejecución del proyecto no pone en riesgo ningún tipo de especie biológica, dada la naturaleza de los componentes a utilizar de origen pétreo, los cuales tendrán una adecuada disposición como escombros no contaminantes, una vez concluida la fase experimental de la investigación.

Así mismo, como grupo de trabajo, damos fe que no se afectará en ningún momento a ningún profesional, empresa o desarrollo industrial, dado que será una propuesta de invención propia, generada y desarrollada como parte del proyecto doctoral CONECTORES DE CORTANTE PARA SECCIONES COMPUESTA CONCRETO Y PERFILES DE ACERO FORMADOS EN FRÍO

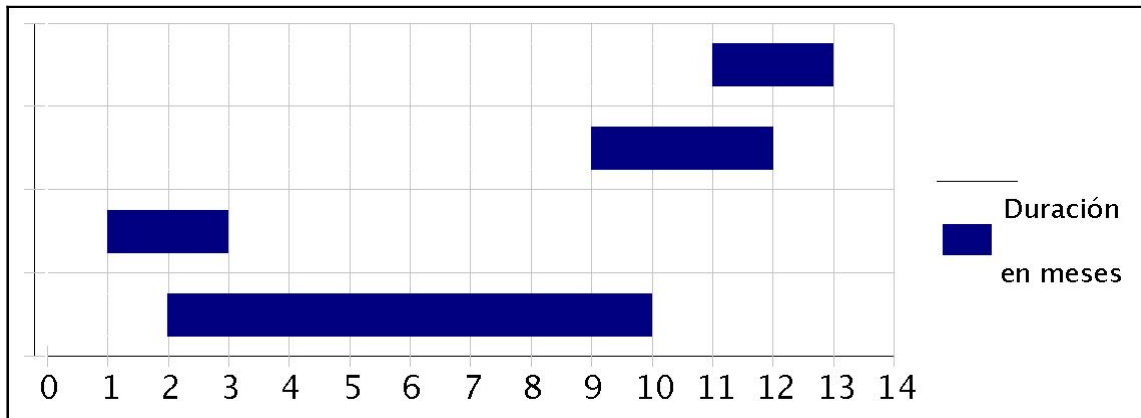
***Articulación o participación de empresas o instituciones aliadas.**

Teniendo como premisa que la propuesta se enfoca al desarrollo de una respuesta de la problemática de la construcción de edificaciones, ante la carencia de sistemas de conexión que se emplean sin respaldo técnico, el grupo de trabajo se apoya en la empresa privada como órgano de soporte industrial y comercial, para la comprensión de comportamiento del sistema, revisión de aspectos constructivos y divulgación de los hallazgos generados, una vez las pruebas al dispositivo sean desarrolladas.

Dado que la empresa privada manifiesta interés en el respaldo de la validación técnica del sistema, pone a disposición del equipo aporte parcial del material necesario y personal operativo para la fabricación de las probetas experimentales, así como suministro de personal técnico de apoyo especializado en temas constructivos y recomendaciones de obra.

ACTIVIDADES Y CRONOGRAMA

Actividad	Responsable	Mes inicial	Duración
Revisión de antecedentes investigativos y comerciales de sistemas de entresijos	XAVIER FERNANDO HURTADO AMEZQUITA	1	2
Ensayos experimentales	XAVIER FERNANDO HURTADO AMEZQUITA	2	8
Análisis estadístico de resultados	AQUILES ENRIQUE DARGHAN CONTRERAS	9	3
Desarrollo de metodología y formulación de diseño	MARITZABEL MOLINA HERRERA	11	2



BIBLIOGRAFÍA

- ¿ALHAJRI, T., TAHIR, M., AZIMI, M., MIRZA, J., LAWAN, M., ALENEZI, K., & RAGAEI, M. Behavior of pre-cast u-shaped composite beam integrating cold-formed steel with ferro-cement slab. *Thin-Walled Structures*, 102. (2016); p18¿29.
- ¿AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. Specification for structural steel buildings. 2010.
- ¿AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE. North American specification for the design of cold-formed steel structural members (S-100). 2016.
- ¿ANDERSON, N & MEINHEIT, D. Pryout capacity of cast-in headed stud anchors. *PCI Journal*, (2005). p90-112.
- ¿ARROYO, R. & JULLIEN, J.. A new shear stud connector proposal. En 15th International Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures, 307-319. En ASCE Structures Congress, (1997). p298-311.
- ¿ASM INTERNATIONAL ¿ The Materials Information Society. Sheet metal forming. (2012).
- ¿ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. Norma brasileira ABNT 8800. (2008).
- ¿AUSTRALIAN/NEW ZELAND STANDARDS. Cold formed steel structures (AS/NZ 4600:2005).
- ¿AVELAR, I., BECK, A. & MALITE, M. Reliability-based evaluation of design guidelines for cold-formed steel-concrete composite beams. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, Vol XXXII No. 5, (2010), p442-449.
- ¿BAMAGA, S., TAHIR, M., & TAN, C. S. Push tests on innovative shear connector for composite beam with cold-formed steel section. En 21st International Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures - Recent Research and Developments in Cold-Formed Steel Design and Construction, (2012). 325¿337.
- ¿BRITISH STANDARD. Structural use of steelwork in building. (2010).
- ¿CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. North american specification for the design of cold formed steel structural members (S136-07). (2007).
- ¿CANDIDO-MARTINS, J., COSTA-NEVES, L. & DA S.VELLASCO, P. Experimental evaluation of the structural response of perfobond shear connectors. *Engineering Structures*, 32,. (2010). p1976-1985.
- ¿COSTA-NEVES, L., FIGUEIREDO, J., S.VELLASCO, P. & DA CRUZ, J. Perforated shear connectors on composite girders under monotonic loading: an experimental approach. *Engineering Structures*, 56, (2013). p721-737.
- ¿EUROPEAN COMMITTEE STANDARDIZATION. Eurocode 4: design of composite steel and concrete structures. (2004)
- ¿FONTANA, M. & BÄRTSCHI, R. New types of shear connectors with powder-actuated fasteners. ETH Zürich Research Collection. Institute of Structural Engineering ¿ Swiss Federal Institute of Technology Zurich. ETH Library. (2002).
- ¿HANAOR, A. Tests of composite beams with cold-formed sections. *Journal of Constructional Steel Research*, 54(2), (2000). p245¿264

¿HANCOCK, G. Cold-formed steel structures. Journal of Constructional Steel Research, 59, (2003). p473-487
¿HSU, T., PUNURAI, S., PUNURAI, W., & MAJDI, Y. New composite beams having cold-formed steel joist and concrete slab. Engineering Structures, N°2, (2014). p187-200
¿IRVWAN, J., & HANIZAH, A. Test of shear transfer enhancement in symmetric cold-formed steel concrete composite beams. Journal of Constructional Steel Research, 65, (2009). p2087-2098.
¿JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. Standard specifications for steel and composite structures. (2007).
¿KIM, S., AHN, J., CHOI, K. & JUNG, C. Experimental evaluation of the shear resistance of corrugated perfobond rib shear connections. Advances in Structural Engineering, Vol. 14, N°2, (2011). p249-263
¿KIM, S., AHN, J., PARK, S. J., PARK, S. M. & JUNG, C. Experimental shear resistance evaluation of y-type perfobond rib shear connector. Journal of Constructional Steel Research, N°82, (2011). p1-18
¿KYVELOU, P., GARDNER, L. & NETHERCOT, D. Finite element modelling of composite cold-formed steel flooring systemS. Engineering Structures, N°158, (2018). p28-42
¿LAKKAVALLI, B. & LIU, Y. Experimental study of composite cold-formed steel c-section floor joist. Journal of Constructional Steel Research, 62, (2006). p995-1006
¿LAWAN, M., TAHIR, M., NGIAN, S. & SULAIMAN, A. Structural performance of cold-formed steel section in composite structures: a review. Jurnal Teknologi, 74:4, (2015). p165-175.
¿LESMES, D. Análise teórica e experimental de conectores de cisalhamento e vigas mistas constituídas por perfis de aço formados a frio e laje de vigotas pré-moldadas. Tesis de doctorado Programa de Posgrado en Área de Concentración en Ingeniería de Estructuras. Escuela de Ingeniería de São Carlos de Universidad de São Paulo. (2007).
¿MAJDI, Y., HSU, C., & ZAREI, M. Finite element analysis of new composite floors having cold-formed steel and concrete slab. Engineering Structures, 77, (2014). p65¿83.
¿MALITE, M., NIMIR, W., GONCALVES, R. & DE SALES, J. Cold-formed shear connectors for composite constructions. En 14 th International Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures, (1998). p409-421.
¿MALITE, M., NIMIR, W., GONCALVES, R. & DE SALES, J. On the structural behavior of composite beams using cold-formed shapes. En 15 th International Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures, (2000). p307-319
¿MERRYFIELD, G., EL-RAGABY, A., & GHRIB, . New shear connector for open web steel joist with metal deck and concrete slab floor system. Construction and Building Materials, 125. (2016). p1-11.
¿PAPASTERGIOU, D., & LEBET, J. Experimental investigation and modelling of the structural behaviour of confined grouted interfaces for new steel-concrete connection. Engineering Structures. N74, (2014). p180-192
¿QUEIROZ, G., RODRIGUES, F., PEREIRA, S., PFEIL, M., OLIVEIRA, C. & DA MATA, L. Behavior of steel concrete beams with flexible shear connectors. En. International Colloquium on Stability and Ductility of Steel Structures 2006, Vol. 1. (2010). p863-870
¿SHARIATI, M., RAMLI, N., SUHATRIL, M., SHARIATI, A., ARABNEJAD, M. & SINAEI, H. Behavior of c-shaped angle shear connectors under monotonic and fully reversed cyclic loading: an experimental study. Materials and Design, 41, (2012). p67-73.
¿STEEL DECK INSTITUTE. C-2011 standard for composite steel floor deck-slabs. (2011).
¿THIVYA, J., & MALATHY, R. Performance of concrete filled in cold form steel sheet with shear connector under pure bending. Journal Of Scientific & Industrial Research, 75(3), (2016). p172¿175.
¿TITOU, M., MAZOZ, A., BENANANE, A. & OUINAS, D. Experimental study and finite element modelling of push-out test on a new shear connector of i-shape. Advanced Steel Construction, Vol. 12, N°4, (2016). p487-506.

¿VALENCIA, G. Diseño básico de estructuras de acero de acuerdo con nsr-10. 1ªed. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., Bogotá, Colombia. (2010).

¿VINNAKOTA, S., FOLEY, C. & VINNAKOTA, M. Design of partially or fully composite beams, with ribbed metal deck, using Lrfd specifications. Engineering Journal/American Institute of Steel Construction, (2003). p60-78.

¿WEHBE, N., WEHBE, A., DAYTON, L. & SIGL, A. Development of concrete/cold formed steel composite flexural members. En ASCE Structures Congress 2011, (2011). p3099-3109.

¿WIJESIRI, S., UY, B., MIRZA, O., & ZHU, X. Flexural behavior of composite steel-concrete beams utilizing blind bolt shear connectors. Engineering Structures, N114, (2016). p181-194

¿YU, W. W. & LABOOUBE, R. Cold formed steel design. 4Ed. John Wiley & Sons Inc., New Jersey, Estados Unidos. (2010).

¿ÁLVEZ, O. & CHÁRARO, C. Construcción compuesta acero-concreto. Gerdau Corsa. Ciudad de México, México. 2010

ARCHIVOS ADJUNTOS

conv-prototipado-2019-2021-segunda-confidencialidad_(LUIS_CABALLERO)Luis_Fernando.pdf

conv-prototipado-2019-2021-segunda-anexo2_(JOSE_LUIS).pdf

RESUMEN_EJECUTIVO_PROPOSTA.pdf

ANALISIS_NORMATIVO_0.pdf

AVAL_INGENIERIA.pdf

ARTICULO_ENSAYOS_PRELIMINARES.pdf

ANALISIS_COMERCIAL.pdf

PONENCIA_COMPORTAMIENTO_ANALITICO_DE_CONECTORES_DE_CORTANTE.pdf

PROPUESTA_DE_TESIS_DOCTORAL_compressed.pdf

PROPUESTA_DE_TESIS_DOCTORAL_-ANEXOS_compressed.pdf

conv-prototipado-2019-2021-segunda-anexo1.xlsx

conv-prototipado-2019-2021-segunda-anexo2_(JUAN_TAMASCO).pdf

conv-prototipado-2019-2021-segunda-anexo2_(XAVIER_HURADO).pdf

conv-prototipado-2019-2021-segunda-anexo3.xlsx

conv-prototipado-2019-2021-segunda-anexo4.pdf

conv-prototipado-2019-2021-segunda-anexo5.xlsx

REPORTE_GRUPO_GIES2.pdf

IMPLEMENTACION_PROTOTIPO.pdf

COMPENDIO_BIBLIOGRAFIA_RELACIONADA.pdf

ARTICULO_PROPOSTA_CONECTORES_TIPO_CSC.pdf

conv-prototipado-2019-2021-segunda-anexo2_(MARITABEL_MOLINA).pdf

conv-prototipado-2019-2021-segunda-anexo2_(ELIANA_GOMEZ).pdf

Yo, MARITABEL MOLINA HERRERA investigador(a) principal del proyecto: DISPOSITIVO DE INTERACCIÓN MECÁNICA EN ELEMENTOS COMPUESTOS DE CONCRETO Y PERFILES ESTRUCTURALES DE ACERO DE LÁMINA DELGADA: CONECTOR DE CORTANTE TIPO CSC declaro:

- Conozco los términos de referencia de la convocatoria: UN Innova: Convocatoria de Proyectos para el Fortalecimiento de la Innovación en la Universidad Nacional de Colombia a partir del Desarrollo de Prototipos y Experiencias Piloto 2019-2021 (segunda cohorte) .

- Que junto con todos los participantes de este proyecto aceptamos y cumplimos todos los requisitos estipulados en los términos de referencia y renunciamos a cualquier reclamación por ignorancia o errónea interpretación de estos documentos

MARITZABEL MOLINA HERRERA

RESPONSABLE DEL PROYECTO