

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DATOS INFORMATIVOS

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Interdisciplinario

Título del proyecto:
Estructuras Compuestas de Hormigón y Acero. Métodos de Cálculo y Construcción

Investigación básica Investigación aplicada Investigación pedagógica Innovación
DEPARTAMENTO(S):
 1. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental (DICA)
LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN (verificable en el SAEW):
 1. Resistencia de Estructuras.
 2. Resistencia de Materiales.
 3. Ensayo de Materiales.
 4. Vulnerabilidad Sísmica.

Resumen de información del director y colaboradores del proyecto		
<u>Director</u>		
Apellidos y nombres	Departamento	Título de mayor nivel (Ing., M.Sc., Ph.D)
Hernández Rodríguez Luis Tinerfe	DICA	Ph.D
<u>Colaborador(es)</u>		
Apellidos y nombres	Departamento	Título de mayor nivel Ing., M.Sc., Ph.D)
Vintimilla Jaramillo Jorge Ricardo	DICA	M.Sc

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica Investigación Aplicada Investigación Pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO(S):

1. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental (DICA)

LINEAS DE INVESTIGACIÓN:

1. Resistencia de Estructuras.
2. Resistencia de Materiales.
3. Ensayo de Materiales.
4. Vulnerabilidad Sísmica.

1 **Proyecto de Investigación.**

Título:

Estructuras Compuestas de Hormigón y Acero. Métodos de Cálculo y Construcción.

Resumen del proyecto

Se propone fundamentar las bases técnicas para el mejor diseño, normativa de construcción y operación de edificaciones construidas con secciones compuestas de hormigón y acero en el Ecuador, mediante las siguientes líneas de investigación aplicada:

- a. Optimizar el análisis y diseño de edificaciones con el uso de secciones compuestas de hormigón y acero, partiendo de un estudio profundo de su comportamiento y teniendo en cuenta los requisitos sísmo resistentes, su ductilidad, rigidez y tenacidad.
- b. Análisis del pandeo local y su influencia en la resistencia de la estructura, con la finalidad de optimizar su resistencia en función del mínimo costo.
- c. Proponer guías de diseño y construcción, para proponer nuevas especificaciones para las Normas Ecuatorianas de Construcción.
- d. Estudio de distintas variantes de vigas y columnas compuestas, obteniendo su capacidad resistente y comparándolas entre ellas para determinar las más viables a utilizar en Ecuador, así como garantizar un adecuado comportamiento inelástico y bajo la consideración de su capacidad de absorción de energía

Palabras clave (4-6): Acero, hormigón, conector, deck, viga, columna.



2	<p>Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación</p> <p>2.1 Objetivos</p> <p>2.1.1 Objetivo General</p> <ul style="list-style-type: none">• Proponer métodos y modelos de análisis y diseño de edificaciones construidas con secciones compuestas de hormigón y acero en el Ecuador. <p>2.1.2 Objetivos Específicos</p> <ol style="list-style-type: none">a. Realizar un estudio sobre el comportamiento y comparar los métodos para el cálculo de estructuras compuestas de hormigón y acero, que permita valorar críticamente los distintos criterios internacionales que existen en la actualidad sobre esta tecnología, y escoger la mejor alternativa a utilizarse en Ecuador.b. Establecer los principios para el cálculo y evaluación del comportamiento de este tipo de estructuras compuestas, tomando en cuenta la experiencia internacional y las normas vigentes en otros países relacionadas con el cálculo, elaboración y ejecución de estructuras de acero y de hormigón armado considerando el diseño sismo resistente, para proponer las respectivas normas nacionales.c. Establecer modelos matemáticos detallados y sustentados experimentalmente, para losas, vigas y columnas compuestas para lo cual se desarrollarán programas de computación que serán valorados y cotejados con ensayos de laboratorio de miembros estructurales.d. Desarrollar métodos de cálculo simplificado que faciliten el trabajo de los proyectistas.e. Aplicar los resultados alcanzados al diseño y evaluación técnico-económica de forma que permita determinar las variantes más ventajosas. <p>2.2 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)</p> <ol style="list-style-type: none">a. Determinar y aplicar los métodos para el cálculo para estructuras compuestas de hormigón y acero, que permita un diseño racional de acuerdo a las condiciones de Ecuador.b. Establecer los principios para el cálculo de las estructuras compuestas, para que puedan ser consideradas en las Normas Ecuatorianas de Construcción.c. Obtener una secuencia y formulación de ecuaciones de cálculo detallada para losas, vigas y columnas compuestas, fundamentada en programas de computación, desarrollados mediante procedimientos de última generación.d. Desarrollar procedimientos de cálculo simplificado y su aplicación como una herramienta adicional para el diseño y revisión de los proyectos de edificaciones con miembros compuestos.e. Obtener los tipos de vigas y columnas compuestas de hormigón y acero más ventajosos para su empleo en Ecuador.f. Establecer los parámetros principales para una correcta predicción del comportamiento de las estructuras compuestas en el rango elástico e inelástico.
---	--



3	Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación														
	<p>Esta propuesta de investigación es relevante porque contribuirá a incrementar el uso y racionalidad de construcciones compuestas de hormigón y acero en Ecuador. El uso de este tipo de miembros tiene argumentos muy ventajosos.</p> <p>Al dar propuesta de las mejores variantes y al estar aplicadas a las condiciones apropiadas para el Ecuador, considerando los requisitos para el diseño sismo resistente y los tipos de conectores utilizados actualmente, se tendrá un impacto significativo en el sector de la construcción, siendo muy determinante su uso en edificaciones de mediana altura, e imprescindible en edificios altos. También se trabajará en la aplicación de miembros compuestos en las edificaciones de poca altura con énfasis en el sector de bajos ingresos, que tiene alta demanda en el país</p> <p>Adicionalmente a la interacción completa entre el hormigón y el acero, se incluirán variantes de interacción parcial, que no son consideradas actualmente por la NEC y en otras normativas internacionales.</p> <p>Igualmente se incluirá las expresiones para determinar la capacidad resistente de los miembros estructurales con influencia de varios tipos de conectores formados con varillas y ángulos, los cuales no son considerados por la NEC y son usados actualmente en obras de Ecuador.</p> <p>El campo de aplicación de las estructuras metálicas compuestas para la construcción de edificaciones es sumamente amplio, dadas las ventajas constructivas, económicas y de comportamiento que tienen las estructuras compuestas.</p> <p>Una mejor comprensión científica permitirá ampliar este campo del conocimiento y complementar su forma de análisis y diseño estructural.</p> <p>El objetivo final del trabajo es que sea incluido en la Normativa Ecuatoriana, complementando las normativas existentes, considerando también el cálculo de Estructuras compuestas. La normativa actual en el país es muy insuficiente. Las normas extranjeras deben ser validadas para aplicarlas en nuestro país.</p>														
4	Productos esperados														
	<table><tr><td>a. Publicaciones científicas (obligatorio);</td><td>X</td></tr><tr><td>b. Disertación a la Comunidad Politécnica;</td><td>X</td></tr><tr><td>c. Proyecto de Titulación;</td><td>X</td></tr><tr><td>d. Tesis de Grado (maestría o doctorado);</td><td>X</td></tr><tr><td>e. Aplicación tecnológica construida o implementada;</td><td>X</td></tr><tr><td>f. Patente presentada;</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table>	a. Publicaciones científicas (obligatorio);	X	b. Disertación a la Comunidad Politécnica;	X	c. Proyecto de Titulación;	X	d. Tesis de Grado (maestría o doctorado);	X	e. Aplicación tecnológica construida o implementada;	X	f. Patente presentada;	<input type="checkbox"/>	g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	<input type="checkbox"/>
a. Publicaciones científicas (obligatorio);	X														
b. Disertación a la Comunidad Politécnica;	X														
c. Proyecto de Titulación;	X														
d. Tesis de Grado (maestría o doctorado);	X														
e. Aplicación tecnológica construida o implementada;	X														
f. Patente presentada;	<input type="checkbox"/>														
g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	<input type="checkbox"/>														



5	<p>Descripción y metodología y diseño del proyecto</p> <p>5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto.</p> <p>La construcción compuesta consiste en combinar dos materiales en una unidad estructural para trabajo conjunto, aprovechando al máximo las características de cada uno de ellos. Hay combinaciones innumerables: acero y hormigón, madera y hormigón, hormigón prefabricado y hormigón colocado en obra, madera y acero, entre otras. La más utilizada es la combinación acero hormigón (1).</p> <p>En Ecuador, cada vez se utilizan más los entrepisos formados por una viga de acero y una losa de hormigón, estando interconectados para un trabajo conjunto y monolítico. También, las columnas de acero son frecuentemente rellenas de hormigón. Por otro lado, existen otros puntos de vistas con respecto a la normativa de cálculo, donde algunos códigos y autores consideran otros aspectos que no son consideradas por la NEC (2) como es el caso del Eurocódigo (3) o investigaciones de autores que han trabajado el tema (4).</p> <p>El método AISC-LRFD (5), que es el utilizado por la NEC, no hace diferencias entre interacción completa e interacción parcial, mientras que otros códigos lo utilizan (3) (6).</p> <p>Se conoce de casos concretos de uso de interacción parcial, como es el caso del Salón de Protocolo de la Plaza de Actos de Camagüey, Cuba, donde por el diseño arquitectónico tenía una superficie irregular y se decidió usar el mismo perfil laminado para las vigas de techo, por lo que se usó interacción completa en las vigas de mayor longitud, interacción parcial en las medianas y no se usó conector en las cortas (7)</p> <p>La NEC (2) en el cálculo de la conexión losa-viga I solo se consideran los pernos y canales laminadas en caliente mientras que comúnmente en Ecuador se emplean conectores de varillas en forma de L invertida y en forma de C acostada y además ángulos soldados verticalmente.</p> <p>Existen investigaciones que han trabajado y experimentado otros tipos de conectores y como resultados de sus ensayos lo han introducido en los códigos, tales como conectores tipo tubos cuadrados o varilla con gancho abierto o con gancho cerrado (6).</p> <p>En esta investigación que se propone se realizarán estudios experimentales, en base a un programa estructurado de investigación de los miembros estructurales más comunes, como vigas conectadas a losas (8), vigas embebidas en hormigón (9), columnas compuestas (10), conexiones viga columna (11), conectores de corte, atiesadores en almas de vigas (12) y muros de corte compuestos y así determinar la resistencia mecánica, su ductilidad a curvatura y su tenacidad (13).</p> <p>Por otra parte, se propondrán modelos matemáticos que permitan el cálculo de las propiedades y capacidades de resistencia para miembros compuestos, para rangos de elementos esbeltos y no compactos (14). Se utilizarán técnicas de cálculo modernas tales como la teoría de la fibra, elementos finitos y otras de manera de contar con un modelo numérico que permita predecir con exactitud las capacidades y el comportamiento de miembros compuestos. (15)</p> <p>Se utilizarán procedimientos de ensayos establecidos en las normativas pertinentes con la finalidad de que puedan ser cotejados y cumplan con los requerimientos para precalificarlos. (16).</p> <p>El análisis de los métodos propuestos, su adecuada calibración y la sustentación en base a la experimentación permitirá proponer la normativa adecuada para la NEC (Norma Ecuatoriana de Construcción) (2).</p> <p>El desarrollo de las actividades relacionadas entorno al presente proyecto de investigación, se ejecutarán tomando en consideración la siguiente metodología, la cual se corresponde con el diseño del proyecto.</p> <p>FASE I: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN. Revisión bibliográfica general de información relevante sobre vigas y columnas compuestas</p> <ol style="list-style-type: none">Vigas unidas a losas por conectores de cortantes.Vigas embebidas en hormigón.Columnas rellenas de hormigón.Columnas formadas por perfil de acero embebido en hormigón.
---	--



FASE II: EXPERIMENTACIÓN.

- a) Obtención de la capacidad resistente de conectores formados por varillas o ángulos.
- b) Obtención de la capacidad resistente de momento negativo en vigas.
- c) Obtención de la capacidad resistente de columnas rellenas.
- d) Obtención de la capacidad resistente de columnas con perfil metálico embebido.
- e) Obtención de la capacidad resistente de uniones viga columna.
- f) Análisis de los resultados.

FASE III: PLANTEAMIENTO DE EXPRESIONES MATEMÁTICAS.

- a) Planteamiento de las expresiones válidas para verificar el estado límite de resistencia, tanto para vigas como para columnas.
- b) Planteamiento de las expresiones válidas para verificar el estado límite de servicio, tanto para vigas como para columnas.

FASE IV: PLANTEAMIENTO DE LA SECUENCIA DE CÁLCULO DETALLADA.

- a) Vigas unidas a losas por conectores de cortantes.
- b) Vigas embebidas en hormigón.
- c) Columnas rellenas de hormigón.
- d) Columnas formadas por perfil de acero embebido en hormigón.

FASE V: EXPOSICIÓN Y VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA.

En esta fase se expondrá el resultado del trabajo con vista a presentarse como propuesta de incorporación a la NEC en la parte correspondiente al tema estudiado.

Referencias.

- (1) Segui, W. T. (2013). Steel Design (5 ed.). International Thomson Editores. Universidad de Memphis. USA.
- (2) MIDUVI. (2015). NEC-SE-AC: Estructuras de Acero. Quito. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- (3) Eurocode Committee for Standardization (2016). Eurocode 4. Design of composite steel and concrete structures.
- (4) Johnson R. P., H. Yuan. (2014): Models and design rules for stud shear connectors in troughs of profiled sheeting, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Structures and Building, Vol 128, No. 3, 252-263.
- (5) AISC Committee. (2016). AISC 360-16 Specification for Structural Steel Buildings. Chicago. AISC.
- (6) NRM 080. (2013). Cálculo de entresijos compuestos de hormigón y acero con vigas de alma llena sometidos a cargas estáticas. Ministerio de la Construcción. Cuba.
- (7) Hernández Rodríguez, L. (2003). Cálculo de entresijos compuestos. Algunas consideraciones. Revista Cimientos No7/2003.
- (8) Mc Cormac, J. C., Csernak S. F. (2013). Diseño de Estructuras de Acero (5 ed.). México. Editorial Alfaomega.
- (9) Comité ACI. (2014). ACI 318S-14: Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. Detroit. ACI.
- (10) Ziemann, R. (2010). Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures (6 ed.). New Jersey. John Wiley & Sons, Inc.
- (11) AISC Committee. (2016). AISC 358-16: Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications. Chicago. AISC.
- (12) Engelhardt, Michael D (2014). Design of Seismic-Resistant Steel Building Structures, University of Texas at Austin, American Institute of Steel Construction.
- (13) Bruneau, M., Uang, C., Sabelli, R. (2011) Ductile Design of Steel Structures, McGraw-Hill, New York, NY.
- (14) Gioncu, V., Mosoarca, M., Anastasiadis, A., (2009) Proposal for increasing the ductility of steel structures, in Behaviour of Steel Structures in Seismic Areas, STESSA 2009, (eds. F.M. Mazzolani, J.M. Ricles, & R. Sause), Philadelphia, 16-20 August 2009, CRC Press, Boca Raton, pp. 679-684
- (15) Celigüeta Lizarza, Juan Tomás. (2013) Método de los Elementos Finitos para Análisis Estructural. 4ta Edición. Universidad de Navarra. España. Editorial UNICOPIA C.B.
- (16) Gioncu, V., Petcu, D., (2000) Available rotation capacity of wide-flange beams and beam-columns. Part 1. Theoretical approaches. Part 2. Experimental and numerical tests. Journal of Constructional Steel Research Vol. 43, No. 1-3, 161-217, 219-244.



6 Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.

6.1 Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores.
El tiempo de dedicación máximo será de acuerdo al tipo de proyecto:

Proyecto	Director	Colaboradores
PII	16 HSS	8 HSS

Nombre	Rol (director o colaborador)	Horas de dedicación	Departamento
Luis T. Hernández Rodríguez	Director	10	DICA
Jorge Vintimilla Jaramillo	Colaborador	8	DICA

6.2 Infraestructura y equipos

- Los equipos que se emplearan en el estudio corresponden a computadoras portátiles pertenecientes a cada uno de los participantes del proyecto
- Los equipos necesarios para la experimentación están disponibles en el Centro de Investigación de la Vivienda (CIV) de la FICA.

6.3 Breve justificación del equipo requerido

- No se requiere nuevo equipamiento.

6.4 Fondos Adicionales

- No se requiere de otros fondos, por lo tanto, No Aplica.

7 Declaración del Director del Proyecto

Declaro que la presente propuesta es de mi autoría y de los colaboradores mencionados y que no ha sido presentada en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del proyecto.

DIRECTOR DEL PROYECTO
 Nombre: **Luis T. Hernández Rodríguez**
 CC: 175705091-7

Quito, 15 de marzo de 2017
 (lugar y fecha)

DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de *ING. CIVIL Y AMB.* en sesión del día *17/03/2017*... mediante resolución No. *62*.... Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.

JEFE DEL DEPARTAMENTO
 Nombre: **GERMAN LUNA H**
 CC: *1705098364*

Quito, *17* de *03* de 2017
 (lugar y fecha)



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



Director del proyecto	Título del proyecto
Ing. Luis Tinerfe Hernández Rodríguez, PhD.	Estructuras Compuestas de Hormigón y Acero. Métodos de Cálculo y Construcción.

Presupuesto consolidado sin IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo	Reactivos y materiales de laboratorio	Literatura especializada	Viajes técnicos y de muestreo	Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones	Total sin IVA
1	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

Presupuesto consolidado con IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo	Reactivos y materiales de laboratorio	Literatura especializada	Viajes técnicos y de muestreo	Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones	Total con IVA
1	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

NOTA: Este proyecto de investigación no necesita presupuesto.


Firma
Ing. Luis Tinerfe Hernández Rodríguez, PhD.