The background of the cover is a deep blue color, overlaid with a complex pattern of glowing light blue and cyan geometric shapes. These shapes include various sizes of hexagons, some of which are interconnected by thin lines, and several interlocking gears of different sizes. The overall effect is a sense of technical precision and interconnectedness.

Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA  
3

**Armando Dias Duarte**  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022



Entre

# CIENCIA e INGENIERIA

## 3

**Armando Dias Duarte**  
(Organizador)

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Armando Dias Duarte

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E61 Entre ciencia e ingenieria 3 / Organizador Armando Dias Duarte. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0447-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.477220308>

1. Ciencia. 2. Ingenieria. I. Duarte, Armando Dias (Organizador). II. Título.

CDD 501

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

A coleção de trabalhos intitulada “*Entre Ciencia e Ingenieria 3*” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de diversos trabalhos que compõem seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar, pesquisas cujos resultados possam auxiliar na tomada de decisão, tanto no campo acadêmico, quanto no profissional.

Nos capítulos apresentados, são encontrados estudos de grande valia nas áreas da simulação computacional, materias, gestão energética, aspectos industriais, estudos ambientais, na área da educação e otimização.

A composição dos temas buscou a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos (as), mestres (as) e todos (as) aqueles (as) que de alguma forma se interessam pela área da Engenharia, através de temáticas atuais com resoluções inovadoras, descritas nos capítulos da coleção. Sendo assim, a divulgação científica é apresentada com grande importância para o desenvolvimento de toda uma nação, portanto, fica evidenciada a responsabilidade de transmissão dos saberes através de plataformas consolidadas e confiáveis, como a Atena Editora, capaz de oferecer uma maior segurança para os novos pesquisadores e os que já atuam nas diferentes áreas de pesquisa, exporem e divulgarem seus resultados.

Armando Dias Duarte



## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **EFFECTOS DEL REFUERZO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL HORMIGON**

Dany Tasán  
Josselyn García  
Lucía Patrón

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203081>

### **CAPÍTULO 2..... 8**

#### **DESIGN, MANUFACTURE AND VALIDATION OF CUSTOMIZED SURGICAL GUIDES FOR TOTAL KNEE REPLACEMENT**

L. San Martin  
H. Losada  
A. Tejo-Otero  
C.M. Atienza Vicente

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203082>

### **CAPÍTULO 3..... 17**

#### **DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO, PARA UTILIZAR EN LA MACRO PLAZA DEL MALECÓN EN EL PUERTO DE VERACRUZ: UNA CONTRIBUCIÓN A MICROEMPRESA MÓVIL O FIJA DE ARTESANÍAS**


Miguel Ángel Quiroz García  
Leodegario Vázquez González  
Carlos Roberto González Escarpeta  
Mónica Rodríguez Landa  
Raymundo Escalante Wong  
Othoniel Salomón Acosta  
José de Jesús Romero Castro  
Samuel Sarmiento Gutiérrez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203083>

### **CAPÍTULO 4..... 26**

#### **ESTUDO DO MOTOR SÍNCRONO**

Pérez Millán Brenda Carolina  
Vergara Hernández Erasto  
Cea Montufar César Eduardo  
Fernández Anaya Alfredo


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203084>

### **CAPÍTULO 5..... 33**

#### **APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE CORE TOOLS PARA LA INTEGRACIÓN Y VALIDACIÓN DE MODELO G05 DE LA FASE DE PROTOTIPO A PRODUCCIÓN**

Catalina Arriaga Vázquez  
Elsa Castillo Carrillo  
Ma. Guadalupe Jáuregui Ojeda

José Angel Sandoval Marín  
Angel Manuel Medina Mendoza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203085>

**CAPÍTULO 6..... 46**

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LOSA PRETENSADA PPCC COMO SOLUCIÓN DE ENTREPISO Y CUBIERTA EN VIVIENDA SOCIAL**


Bolívar Hernán. Maza  
Daniela Stefanía. Maza Vivanco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203086>

**CAPÍTULO 7..... 65**

**METABOLISMO INDUSTRIAL DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO PAULO EMILIO MACÍAS, ECUADOR**


Ricardo Fabricio Muñoz Farfán  
Telly Yarita Macías Zambrano  
Eder Israel Chinga Muentes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203087>

**CAPÍTULO 8..... 77**

**PROPUESTA DE SISTEMA DE AHORRO INTELIGENTE MEDIANTE LA REUTILIZACIÓN DE AGUA LLUVIA PARA LOS BAÑOS EN EL CORREGIMIENTO DE LA RAYA DE SANTA MARÍA**

Edwin A. Rivera S.  
Eulices G. Castillo A.  
Luis A. Quintero  
Cristian Pinzón

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203088>

**CAPÍTULO 9..... 89**

**BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON PETRÓLEO CRUDO CON BACTERIAS Y LEVADURAS**

Ismael Acosta Rodríguez  
Daniela Paz Azuara  
Adriana Rodríguez Pérez  
Juan Fernando Cárdenas González  
Víctor Manuel Martínez Juárez  
Dalila del Socoro Contreras Briones  
Juana Tovar Oviedo


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203089>

**CAPÍTULO 10..... 97**

**MITIGACIÓN DE CO<sub>2</sub> POR EL APROVECHAMIENTO DE LA GEOTERMIA SOMERA EN LA CLIMATIZACIÓN DE EDIFICIOS EN COLOMBIA**

Brian Sneyder Aros Amaya  
Jhojan Stiven Zea Fernández  
Cristian Alan Maldonado Romero

David Morillón Gálvez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030810>


**CAPÍTULO 11..... 107**

LA INGENIERÍA INDUSTRIAL EN LOS PROCESOS DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE LA ZONA 4, ECUADOR

Telly Yarita Macías Zambrano

Teresa Viviana Moreira Vera


María Rodríguez Gámez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030811>

**CAPÍTULO 12..... 122**

LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS COMO HERRAMIENTA PARA FACILITAR EL TRANSITO DEL LENGUAJE ARITMÉTICO AL LENGUAJE ALGEBRAICO


Lenin Alfonso Montes Cabarcas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030812>

**CAPÍTULO 13..... 137**

OBSERVATION IN THE HIGHER-LEVEL CLASSROOMS OF THE IPN

Patricia Acevedo Nava

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030813>


**CAPÍTULO 14..... 150**

INFLUENCIA DE ACTIVIDADES EXTRACURRICULARES EN COMPETENCIAS DESARROLLADAS POR ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA DEL ITCH

Laura Isela Padilla Iracheta

Jaime Eduardo Trejo Aguirre

Esteban Rubio Ochoa


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030814>

**CAPÍTULO 15..... 165**

OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN UN PROCESO DE SECADO DE MADERA UTILIZANDO DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Ramón Ángel Pons Murguía

Eulalia María Villa González del Pino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030815>

**CAPÍTULO 16..... 178**

REDES NEURONALES ARTIFICIALES EN LA VIDA MODERNA: CONOCIENDO LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA

Franyelit María Suárez-Carreño


Alexander Castillo Perdomo

Eva Elizabeth Tejada Manrique

Nilo Walker Andrade Acosta

Luis Rosales-Romero

Flor Omar


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030816>

**CAPÍTULO 17..... 190**

USO DE LA SIMULACIÓN COMPUTACIONAL EN CIENCIA DE MATERIALES PARA LA PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO CINÉTICO Y MICROESTRUCTURAL DE ALEACIONES BINARIAS Y TERNARIAS

Susana Lezama Alvarez

Víctor Manuel López Hirata

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030817>

**CAPÍTULO 18..... 198**


LAS PATINETAS ELÉCTRICAS, ¿SIMPLE DIVERSIÓN O APOORTE A LA MOVILIDAD?

Carlos Augusto Kaffure Ruiz

Juan Guillermo Zuluaga Villermo

Claudia Uribe Kaffure

Andrés Ernesto Francel Delgado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030818>

**SOBRE O ORGANIZADOR ..... 211**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 212**

## EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LOSA PRETENSADA PPCC COMO SOLUCIÓN DE ENTREPISO Y CUBIERTA EN VIVIENDA SOCIAL

*Data de aceite: 04/07/2022*

### **Bolívar Hernán. Maza**

Ing. Civil, MSc, Prof., Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ingeniería Civil, Loja, Ecuador

### **Daniela Stefanía. Maza Vivanco**

Estudiante de Ingeniería Civil, Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ingeniería Civil, Loja, Ecuador

**RESUMEN:** La crisis actual que sufre la mayoría de los países del planeta ha agudizado la ya lastimada situación de la vivienda y en especial para las familias de menores recursos económicos, que no clasifican en la mayoría de estos países como sujetos de créditos. Sólo en América Latina, al momento, se reconoce que un 32% de su población urbana vive en asentamientos precarios. En Ecuador existe un déficit acumulado de un millón quinientas mil viviendas, mientras que, en la provincia de Loja, solamente, 26 959 hogares carecen de vivienda. Ante este cuadro los profesionales del sector de la construcción deben multiplicar su sensibilidad y poner sus conocimientos y empeño al servicio de soluciones que permitan acercar las tecnologías constructivas a las grandes masas, abaratar costos, incrementar la eficiencia y respetar los códigos de sustentabilidad. Si bien el preesfuerzo se ha reservado generalmente a obras de ingeniería de gran envergadura y escala, en las que tanto luces como cargas hacen inoperante el empleo del hormigón reforzado con armadura

pasiva, sus principios y fundamentos pueden ser aplicados con creatividad para desarrollar un elemento estructural en el que el preesfuerzo se introduzca mediante equipos sencillos que pueden ser construidos a estos efectos, procurar elementos cuyo peso no exija equipos de izaje para su colocación en obra, y que evite en tanto cuanto sea posible el empleo de la madera en encofrados para la construcción de entresijos y cubiertas dentro de los programas de viviendas de interés social. Respetando estos criterios este trabajo expone la concepción estructural de una prelosa preesforzada cuya sección resistente luego se completa "in situ" tras el vaciado de una carpeta de hormigón, dando al traste con una solución que no descuida los costos directos y que representa una alternativa más que puede ser incorporada a las soluciones de entresijo y cubierta en vivienda que tradicionalmente se vienen empleando.

**PALABRAS CLAVE:** Prelosa- Preesforzada.

### STRUCTURAL EVALUATION OF THE PRE-SLABS PPCC AS A STRUCTURAL SOLUTION BETWEEN SLABS AND COVER IN SOCIAL HOUSING

**ABSTRACT:** The current crisis that suffers most of the countries of the planet has exacerbated the already bruised housing situation and especially for families with fewer economic resources, that do not qualify in most of these countries as subjects of credit. Only in Latin America, at the moment, it is recognized that 32% of the urban population live in precarious settlements. In Ecuador, there is an accumulated deficit of one million five hundred thousand houses, while in

Loja province, just 26 959 homes lack of dwelling. At this situation the professionals from building sector must multiply its sensitivity and put their knowledge and commitment to the service of solutions that would allow bring the constructive technologies to the broad masses, reduce costs, increase efficiency and respect the codes of sustainability. Although the prestressing has been reserved generally to engineering works of big importance and scale in which, both lights as loads make inoperative the use of concrete reinforced with passive armor, its principles and foundations can be applied with creativity to develop a structural element in which the prestressing is entered using simple equipment that can be constructed to these effects, try elements which weight does not demand lifting equipment for placement in work, and avoid as soon as possible the employment of the wood in formworks for the construction of between-slabs and covered inside the programs of housings of social interest. Respecting these criteria, this work exposes the structural design of a precast-slab prestressed whose rugged section is then completed "in situ" after the casting a folder of concrete, giving to the fret with a solution that doesn't neglect the direct costs and represents an alternative that can incorporated to the solutions into between-slabs and cover in housing that have been employed traditionally.

**KEYWORDS:** Precast-slab-prestressed.

## 1 | INTRODUCCIÓN

En numerosos países industrializados la solución de entresijos y cubiertas mediante el empleo de losas huecas pretensadas continúa siendo una de las variantes más utilizadas (las losas involucran el mayor volumen de hormigón en una obra), tecnología que comenzó en la segunda mitad del siglo pasado a partir del desarrollo de las técnicas del pretensado en grandes bancos. Ya para los años sesenta toman tanto auge que datos oficiales ofrecidos por prestigiosas organizaciones internacionales aseguran una producción actual que supera los 150 millones de metros cuadrados anualmente. Sin embargo, más recientemente comienzan a darse soluciones estructurales que combinan las losas huecas pretensadas prefabricadas con carpetas de hormigón vaciadas in situ, definiendo así una sección compuesta de un hormigón prefabricado (constituido por la misma losa hueca prefabricada pretensada) y otro hormigón colocado en obra, asegurando mediante la adherencia un trabajo conjunto entre ambos hormigones de distinta edad, resistencia y tipo de refuerzo [1]. Con estas soluciones semi prefabricadas se alcanzan las ventajas propias de las losas huecas pretensadas, a saber:

- Alta productividad durante la ejecución de la losa.
- Variabilidad en la longitud de los elementos (a solicitud del proyecto).
- Buena calidad y uniformidad de fabricación con tolerancias mínimas en cuanto a las dimensiones de los elementos.
- Buen aislamiento térmico y acústico.
- Rapidez y facilidad durante la colocación de las instalaciones eléctricas y sani-

tarias.

- Rapidez en el montaje.
- Buena resistencia al fuego.
- Buena resistencia a la corrosión.
- Incremento general de la capacidad de carga en estructuras nuevas o existentes.
- Mayor rigidez del diafragma que se forma ante la acción de cargas horizontales
- Mejor distribución para el trabajo conjunto ante la acción simultánea de cargas no uniformes o concentradas.
- Facilidades para la colocación de aceros en voladizos, zonas de continuidad estructural y otras soluciones ejecutivas.
- Mayor impermeabilidad.
- Mayor aislamiento acústico y térmico.
- Mayor resistencia al fuego

Las losas alveolares tradicionales consiste en un elemento prefabricado que se fabrica en Plantas cuya adquisición demanda una fuerte inversión inicial, y en sus formatos más frecuentes posee dimensiones tales que su manipulación no puede hacerse sino es en base a costosos equipos de izaje, a más de que con ellas se aseguran capacidades resistentes generalmente sobradas para las luces y cargas que se manejan habitualmente en las viviendas de interés social, precisamente las que se atienden en este trabajo, enfocadas en lo fundamental a aquellos segmentos de menores ingresos económicos. En fin, se trata de una solución que no parece ser apropiada para los programas alternativos de viviendas a pesar de sus reconocidas bondades.

¿Qué hacer para salvar estos inconvenientes sin dejar de aprovechar las ventajas antes enunciadas? La Fig. 1 esquematiza la idea rectora que dio origen a la variante PPCC. [3].

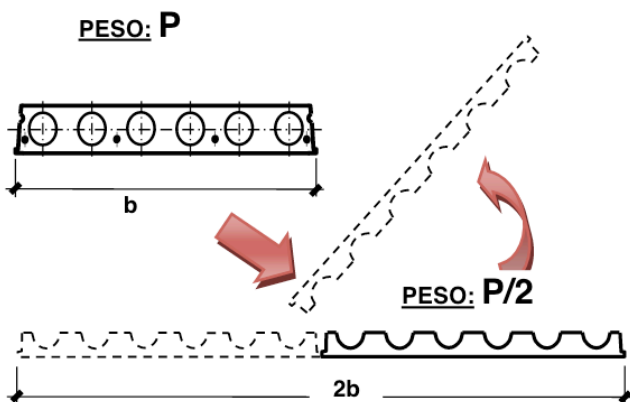


Figura 1. Idea que dio origen a la prelosa PPCC.

Si se tratase de la solución más recurrente en la actualidad, referida al vaciado de una carpeta de hormigón: sobre la losa ahuecada tradicional, y considerando los mismos espesores que se emplean usualmente en ellas ( 15cm, 20cm, 30cm,...), al dividirlas de la manera que se ha ilustrado en la Fig. 1 se estaría reduciendo a la mitad tanto el consumo de hormigón (a igualdad de la carpeta), como su peso, pero permitiendo ocupar el doble de superficie en una losa de entrepiso o cubierta. No obstante, a pesar de haber reducido a la mitad su peso, todavía puede resultar alto como para garantizar su manipulación sin recurrir a equipos de izaje. Por ejemplo, la losa alveolar Spiroll [2]. que se produce en Cuba de 1.20m de ancho y 20cm de espesor, alcanza un peso de , o lo que es lo mismo , significando que en una longitud de 3.50m, propia de las luces que se utilizan en viviendas de interés social, su peso total llega a ser de 1 155 kg, imposible de manipular por 3 o 4 obreros. Sin embargo, en el caso de viviendas dentro los programas emergentes, en las que las luces se manejan entre 3.50m y 4.50m aproximadamente, los espesores de la prelosa, desde un punto de vista estructural pueden reducirse más y con ello se aseguraría una manipulación que evada los costosos equipos de izaje.

En realidad, existen otras variantes estructurales y de ejecución que se fundamentan en el mismo principio, o mejor decir, en el principio de las secciones compuestas con incremento evolutivo de la capacidad resistente, baste señalar las siguientes: Viga de Madera o Metálicas ahogadas en hormigón, Sección compuesta hormigón – hormigón, Steel Deck con carpeta colaborante de hormigón, etc.

Esta última variante ha tomado auge en Ecuador en los últimos años mediante la lámina de acero galvanizado (NOVOLOSA), sin embargo, los elevados costos que posee la lámina en la actualidad, la inapropiada expresión formal del entrepiso o cubierta hacia el interior de los espacios en que se emplee cuando no se disponga de falso techo (cielo raso), la ineptitud como aislante térmico y sobre todo acústico, las vibraciones perceptuales



que señalan los usuarios, y algunas otras limitaciones que pueden apuntarse, llegan a limitar su uso en los programas de vivienda, en los que se emplean por demás puntales moderados, y justifican la búsqueda de nuevas alternativas que aprovechen los principios de las secciones compuestas. Una de ellas es la variante de losa PPCC (Prelosa Pretensada con Carpeta Colaborante) que se analiza en este trabajo.

## 2 | DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO PPCC

El hormigón continúa siendo el material más empleado dentro de los programas de viviendas para definir los sistemas estructurales horizontales para entresijos, y muy frecuentemente en la solución de la cubierta. Las soluciones habituales basadas en el vaciado in situ de hormigón han sido alternativas con probadas fortalezas estructurales, y en el Ecuador continúa siendo muy frecuente utilizar la losa alivianada con nervaduras unidireccionales o bidireccionales de incuestionable aptitud estructural, pues los nervios reducen la luz de los paños de la placa de compresión (carpeta) que ellos definen, y en consecuencia la carpeta de unidades en las luces que se emplean. Por ejemplo, una luz de 3 m entraría 6 unidades, en la de 3.50m, 7 unidades, etc. Por otro lado, el espesor total de la prelosa ( $H_{pl}$ ) ha de definirse básicamente a partir de las exigencias de resistencia y deformabilidad, especialmente durante la etapa de ejecución de la carpeta que luego se vacía sobre ella, procurando disminuir la cantidad de puntales que acorten la luz de trabajo dentro de esta etapa. Al fijarlo se debe observar demandará cuantías de refuerzo relativamente bajas, concentrando el refuerzo principalmente en dichos nervios.

Mientras que la mayoría de las soluciones tradicionales prefabricadas exigen equipos de izaje para su manipulación, una respuesta se puede dar mediante la introducción de elementos prefabricados que pueden ser colocados en obra en plazos muy breves. La variante PPCC es la propuesta fundamental de este trabajo. Este elemento se fabricaría en Planta y en su diseño conceptual han primado los siguientes criterios:

- Responder a una tipología de sección aligerada cuya superficie inferior sea plana y que a la vez la superior sea lo suficientemente irregular como para garantizar la adherencia con un hormigón de diferente edad, dispuesto para completar la sección resistente de la losa a partir de un trabajo conjunto de ambos hormigones.
- Garantizar un dimensionamiento que permita su intercambiabilidad entre proyectos de diferentes diseños, siempre que respeten una modulación previamente definida.
- Asegurar que las dimensiones de su sección transversal se traduzcan en un peso que pueda ser manipulada sin el concurso de equipos de izaje, al menos en las longitudes que se correspondan con las luces habituales en viviendas de interés social (3.00m, 3.50m, 4.00m).

- Recurrir al empleo del pretasado mediante la introducción de precompresiones que mejoren la aptitud de la losa dentro de los estados límites de servicio (menor deformación y fisuración), y sobre todo de capacidad resistente, incluso con menores espesores de la losa compuesta.
- Aprovechar las ventajas de la construcción evolutiva mediante la cual un elemento estructural pueda ir modificando su sección resistente en la medida en que se vaya introduciendo carga con el avance del proceso constructivo de la obra.
- Minimizar el empleo de encofrados.

La Fig. 2 ofrece un detalle de su sección transversal (PPCC), indicando la posición de su centroide. En cuanto al ancho se le ha fijado en  $b=500mm$ , múltiplo del micromódulo que se propone reconocer en Ecuador para el Programa VIS, y asegurar así que puedan ser colocadas una cantidad entera también que su peso sea del orden de los  $300kg$ , para que resulten manipulables a lo largo de todo el proceso de construcción.

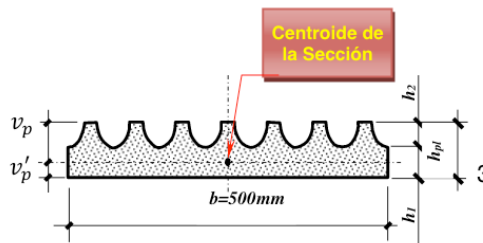


Figura 2. Sección Transversal de la Prelosa PPCC.

					PESO TOTAL $kg (kN)$			
					Luz (m)			
$h_1$ (cm)	$h_{pl}$ (cm)	$A_{pl}$ ( $cm^2$ )	$P_{pl}$ ( $kg/m$ )	$d_s=v'_p$ (cm) <sup>pl</sup>	3.00	3.50	4.00	4.50
3.0	6.0	201	48.2	2.15	144.7	168.8	193.0	217.1
3.5	6.5	226	54.2	2.38	162.7	189.8	217.0	244.1
4.0	7.0	251	60.2	2.62	180.7	210.8	241.0	271.1

Tabla 1. Ilustra las áreas de la Sección.

La deformación irregular que ha de practicarse a la superficie superior de la prelosa se puede alcanzar mediante un proceso de extrusado que garantice la inclusión de seis semicírculos de radio  $h_2$ , y dos cuartos de círculo. Con ello se aligera el peso.

### 3 | TIPOLOGÍAS ESTUDIADAS

La Tabla 1 ilustra el área bruta ( $A_{pl}$ ), el peso por metro lineal ( $P_{pl}$ ) y la posición del

centroide ( $v'_{pl}$ ) para los tres espesores totales de la sección de la prelosa que se estudiaron: ( $h_{pl}=6cm, 6.5cm$  y  $7cm$ ), mientras que la Tabla 2 define las tipologías de refuerzo analizadas, a partir de la combinación de dos o más alambres  $3mm$  y  $5mm$  de diámetro, siempre de alto límite elástico ( $f_{py} = 1600MPa$ ).

Cuando se trate de una losa construida a partir de la combinación de la prelosa PPCC y una carpeta de hormigón vaciada in situ, el descriptor de la tipología de la sección compuesta se forma indicando, además de la cantidad y diámetro del alambre que se emplee, el espesor ( $h_1$ ) de la prelosa y el espesor de la carpeta.

TIPOLOGÍAS DE REFUERZO EN LA PRELOSA PPCC												
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
	EMPLEAN UN SOLO DIÁMETRO				COMBINAN LOS DOS DIÁMETROS							
CANT. BARRAS	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5
	DIÁMETRO DEL REFUERZO											
1						X			X			
2					X		X		X	X		
3	X			X			X					X
5		X	X									
CANT/ ( $\phi$ )	3	5	5	3	2	1	3	2	1	2	2	3
CANT. TOTAL	3	5	5	3	3		5		3		5	
$A_{pl}(cm^2)$	0.212	0.982	0.353	0.589	0.338		0.605		0.463		0.730	

Tabla 2. Ilustra las tipologías de refuerzo en la Prelosa

Por ejemplo, si se trata de la tipología de sección compuesta PPCC-33-25/3:2, se está significando que se ha empleado en ella una prelosa reforzada con tres (3) alambres de  $3mm$ , y dos (2) alambres de  $5mm$ , cuyo espesor  $h_1=3cm$  sobre la que se vacía una carpeta de hormigón de  $2cm$  de espesor. Para asegurar que al transferir la fuerza de pretensado a la prelosa se origine un pretensado centrado, se sugiere que el refuerzo se disponga de manera que el centroide del tendón resultante coincida con el centroide de la sección bruta de la prelosa, es decir, que se satisfaga la condición  $v_{pl}^A=ds$ .

#### 4 | SECCIÓN HOMOGENEIZADA. TRANSFORMACIÓN AL HORMIGÓN DE LA PRELOSA

Consiste en transformar la sección compuesta prelosa-carpeta en otra virtual de un hormigón cuya resistencia sea única, e igual a la de la prelosa ( $f_c(\text{prelosa})^A$ ). La sección que resulta de esta transformación, se muestra en la Fig.4, de ancho  $b$  y peralte total  $h$ , será la que se considere en la verificación del estado límite de resistencia dentro de la

etapa de explotación de la losa. Mientras tanto, la Fig. 3 muestra un detalle de la sección transversal y del refuerzo de las ocho tipologías de refuerzo definidas en el Trabajo. [3].

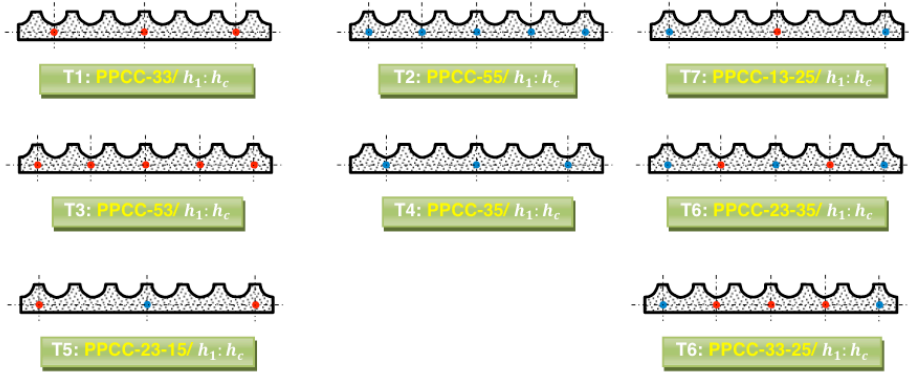


Figura 3. Tipologías de Refuerzo de la Prelosa PPCC

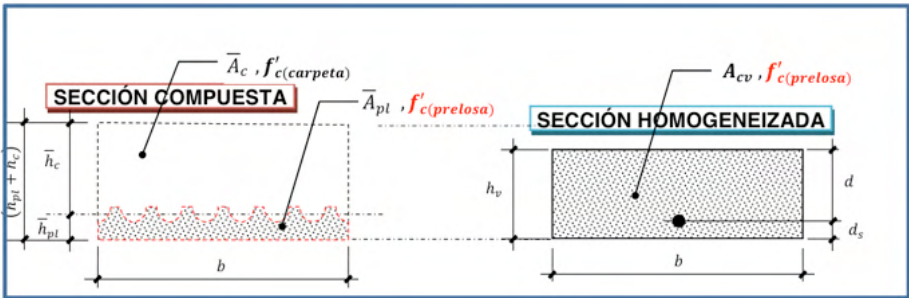


Figura 4. Transformación de la Sección Real en otra Equivalente Virtual.

$\bar{h}_{pl}$  Espesor de una prelosa virtual de sección rectangular cuya área coincide con el área bruta de la prelosa real.

$\bar{A}_{pl}$  Área de la prelosa virtual de sección rectangular cuya área coincide con el área bruta de la prelosa real.

$\bar{h}_c$  Espesor de una carpeta virtual de sección rectangular cuya área coincide con el área bruta de la carpeta real.

$\bar{A}_c$  Área de la carpeta virtual de sección rectangular cuya área coincide con el área bruta de la carpeta real

$h_v$  Espesor de la sección rectangular virtual que es análoga a la sección compuesta real prelosa-carpeta, considerando que la calidad del hormigón en ella coincide con el de la prelosa. [3].

$A_{cv}$  Área de la sección rectangular virtual de ancho  $b$  y espesor  $h_v$ .

Realizando las transformaciones que corresponden durante la homogeneización, se

demuestra que:

$$\bar{h}_{pl} = A_{pl}/b$$

$$\bar{h}_c = (h_{pl} + h_c) - \bar{h}_{pl}$$

CONDICIONES			<b>(b=50cm) y (r<sub>c</sub> = h<sub>2</sub> = 3cm)</b>			
			<b>f'<sub>c1</sub>=35MPa, f'<sub>c2</sub>=21MPa. n=0,77</b>			
			<b>SECCIÓN COMPUESTA</b>			
<b>h<sub>1</sub></b> <b>(cm)</b>	<b>h<sub>pl</sub></b> <b>(cm)</b>	<b>A<sub>pl</sub></b> <b>(cm<sup>2</sup>)</b>	<b>h<sub>c</sub></b> <b>(cm)</b>	<b>(h<sub>pl</sub>+h<sub>c</sub>)</b> <b>(cm)</b>	<b>h<sub>v</sub></b> <b>(cm)</b>	<b>A<sub>ch</sub></b> <b>(cm)</b>
			2.0	8.0	<b>7.08</b>	<b>353.8</b>
3.0	6.0	201	3.0	9.0	<b>8.08</b>	<b>403.8</b>
			4.0	10.0	<b>9.08</b>	<b>453.8</b>
			2.0	8.5	<b>7.46</b>	<b>373.0</b>
3.5	6.5	226	3.0	9.5	<b>8.46</b>	<b>423.0</b>
			4.0	10.5	<b>9.46</b>	<b>473.0</b>
			2.0	9.0	<b>7.85</b>	<b>392.3</b>
4.0	7.0	251	3.0	10.0	<b>8.85</b>	<b>442.3</b>
			4.0	11.0	<b>9.85</b>	<b>492.3</b>

Tabla 3. Resumen los resultados de la homogenización.

Siendo:

$$A_{pl} = b(h_1 + h_2) - 7 \left( \frac{\pi r_c^2}{2} \right)$$

$$h_v = n \cdot \bar{h}_{pl} + \bar{h}_c = \left( \sqrt{\frac{f'_c(\text{carpeta})}{f'_c(\text{prelosa})}} - 1 \right) \cdot \frac{A_{pl}}{b} + h_{pl} + h_c$$

$$A_{cv} = b \cdot h_v$$

La Tabla 3 resume los resultados de esta homogenización para los tres espesores de la carpeta que se han considerado:

(h<sub>c</sub> = 2cm, 3 cm y 4cm)

Explotación de la losa mediante el empleo de la sección homogeneizada que se describiera anteriormente

Se trata de comprobar que la losa satisface las siguientes condiciones de resistencia límite:

A.1) Tratamiento de (σ)

Área de la sección transversal de la prelosa.

## 5 | ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA LÍMITE DURANTE LA ETAPA DE EXPLOTACIÓN DE LA LOSA

El carácter evolutivo que sigue la ejecución de una losa con esta tecnología exige analizar las tres hipótesis de carga que se describen en la Tabla 4. Trabajos anteriores se centraron en el análisis de las dos primeras etapas, mientras en este se abordará la capacidad resistente durante la etapa de

FLEXIÓN:  $M_u \leq \phi M_n$

CORTANTE:  $V_u \leq \phi V_n$

A) Análisis del estado límite de resistencia a flexión.

$$\begin{cases} 0.90 & \text{Si } c \leq 0.375d & \text{TRACCIÓN CONTROLADA} \\ 0.21 + \frac{0.259d}{c} & & \text{ZONA DE TRANSICIÓN} \\ 0.65 & \text{Si } c \leq 0.60d & \text{COMPRESIÓN CONTROLADA} \end{cases}$$

El ACI considera que en el caso del acero pretensado

ETAPA	HIPÓTESIS DE CARGA	ESTADO LÍMITE	¿Análisis?
A	TRANSFERENCIA DEL PRETENSADO (PRELOSA)	RESISTENCIA	<b>Si</b>
		SERVICIO	<b>No</b>
B	VACIADO DE LA CARPETA DE HORMIGÓN	RESISTENCIA	<b>Si</b>
		RESISTENCIA	<b>Si</b>
C	EXPLOTACIÓN DE LA LOSA	SERVICIO	<b>Si</b>
		RESISTENCIA	<b>Si</b>

Tabla 4. Describe las Hipótesis de carga.

Aun cuando la deformación de fluencia es siempre mayor

Que  $\varepsilon_{py} \gg (\varepsilon_{po} + 0.002)$ , se define la frontera para la compresión controlada, a partir del valor  $\varepsilon_{p2y} = 0.002$ , osea considera que:  $c_b = \frac{0.003}{0.003 + \varepsilon_{p2y}} = \frac{0.003}{0.003 + 0.002} = 0.60d$

La Fig. 5 muestra los esfuerzos por fluencia.

A.2) Resistencia Nominal de la Sección ( $M_n$ ) [4].

Equilibrio:

$$\begin{aligned} \sum F = 0 & \Rightarrow N'_c = N_p \Rightarrow 0.85f'_c\beta_1 = \eta A_p f_{py} \\ & \Rightarrow c = \frac{\eta}{0.85\beta_1} \left( \frac{A_p}{b} \right) \left( \frac{f_{py}}{f'_c} \right) \quad (1) \end{aligned}$$

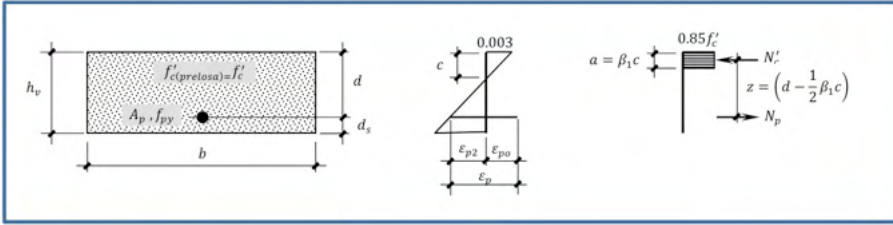


Figura 5. Ilustración de los esfuerzos de Fluencia.

$$\sum M = 0 \Rightarrow M_n = N_p \cdot z \Rightarrow M_n = A_p f_{ps} \left( d - \frac{1}{2} \beta_1 c \right) \quad (2)$$

Compatibilidad de las deformaciones:

$$\frac{\epsilon_{p2}}{d - c} = \frac{0.003}{c} \Rightarrow \begin{cases} \epsilon_{p2} = 0.003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) \\ c = \left( \frac{0.003}{0.003 + \epsilon_{p2}} \right) d \end{cases} \quad (3)$$

$$(4)$$

$$\epsilon_p = \epsilon_{p0} + \epsilon_{p2} \Rightarrow \epsilon_{p2y} = \epsilon_{py} - \epsilon_{p0} \quad (5)$$

$$\text{Siendo } \epsilon_{py} = \frac{f_{py}}{E_p} = \frac{1600 \text{ MPa}}{2 \cdot 10^5 \text{ MPa}} = 0.008 \quad (6)$$

$$\epsilon_{p0} = \frac{f_{p0}}{E_p} = \frac{\psi f_{py}}{E_p} = \frac{0.55(1600 \text{ MPa})}{2 \cdot 10^5 \text{ MPa}} = 0.0044 \quad (7)$$

De manera que:

$$c_b = \left( \frac{0.003}{0.003 + \epsilon_{p2y}} \right) d = \left[ \frac{0.003}{0.003 + (\epsilon_{py} - \epsilon_{p0})} \right] d = 0.454d \quad (8)$$

Ecuación Constitutiva del acero:

$$f_{ps}: \begin{cases} E_p \epsilon_p = E_p (\epsilon_{p0} + \epsilon_{p2}) & \text{Si } \epsilon_{p2} < \epsilon_{p2y} \\ f_{py} & \text{Si } \epsilon_{p2} \geq \epsilon_{p2y} \end{cases} \quad (9)$$

Considerando la condición (8) para los valores de  $\epsilon_{py}$  y  $\epsilon_{p0}$  que ofrecen los resultados (6) y (7) según las condiciones que se han impuesto ( $f_{py}=1600 \text{ MPa}$  y  $\psi=0.55$ ), se demuestra que si la profundidad de la línea neutra calculada por la expresión (1) para  $\eta=1$  conduce a un valor de  $c$  tal que  $c \leq 0.454d$ , entonces se cumple que el acero fluye y el fallo es dúctil,

o sea:  $f_{ps} = f_{py}$ .

Si el valor de  $c$  así calculado no cumpliera la condición indicada, lo que significa que el acero no alcanza la fluencia, se requiere calcular nuevamente el valor de  $c$  mediante la ecuación:

$$\lambda_1(c)^2 + \lambda_2(c) + \lambda_3 = 0$$

Siendo:

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= 0.85f'_c\beta_1b & \lambda_2 &= A_pE_p(0.003 - \varepsilon_{po}) \\ \lambda_3 &= -0.003A_pE_pd\end{aligned}$$

Bastaría en cualquier caso determinar el momento resistente (nominal) de la sección mediante la ecuación (2), siendo  $f_{ps} = f_{py}$  si se confirma que la armadura fluye, o por  $f_{ps} = E_p(\varepsilon_{po} + \varepsilon_{pe})$  si no fluyera.

### A.3) Luz máxima a flexión ( $l_{flex}$ )

En lugar de la capacidad de diseño a flexión ( $\phi M_n$ ), puede resultar más interesante conocer la luz que puede vencerse con las ocho tipologías de refuerzo que se han fijado para la prelosa, y para cada uno de los tres espesores tanto de la misma prelosa como de la carpeta. Como las condiciones de trabajo de losa en su conjunto es simplemente apoyada (no se dispone armadura negativa sobre los apoyos en la carpeta), se tiene:

$$M_u = \frac{1}{8}q_u l_{flex}^2 \Rightarrow l_{flex} \leq \sqrt{\frac{8(\phi M_n)}{q_u}}$$

## B) Análisis del estado límite de resistencia a cortante.

### B.1) Tratamiento de ( $\phi$ )

$$\phi = 0.75$$

### B.2) Resistencia Nominal de la sección ( $0$ )

Como se trata de un elemento que no posee refuerzo transversal, entonces  $V_s = 0$  y  $V_n = V_c$ , siendo:

$$V_c \geq \begin{cases} \left(0.05\sqrt{f'_c} + 5\frac{V_u d_p}{M_u}\right) bd \\ \left(0.16\sqrt{f'_c}\right) bd \end{cases}$$

### A.3) Luz máxima a flexión ( $l_{flex}$ )

En realidad, la condición de resistencia para esta solicitación debe verificarse en la sección crítica a cortante, situada a una distancia de  $l_{flex}$  medida desde la cara del apoyo de la prelosa. Sin embargo, para evaluar la máxima luz que puede alcanzarse garantizando esta condición se adoptaran las siguientes simplificaciones conservadoras:



- Adoptar el cortante  $V_u$  a cara del apoyo de la prelosa, donde su magnitud es mayor que en la sección crítica.
- Despreciar la favorable contribución de la compresión introducida por el pretensado y suponer que de forma simplificada  $V_c = (0.16\sqrt{f'_c})bd$

Para estas dos simplificaciones se tendrá:

$$V_u = \frac{1}{2} q_u l_{cort} \Rightarrow l_{cort} \leq \frac{0.24\sqrt{f'_c}(bd)}{q_u}$$

C) Tratamiento de la carga factorizada:

$$q_u = 1.2D + 1.6 \\ = \{1.2[w_{c(\text{prelosa})} \cdot \bar{h}_{pl} + w_{c(\text{carpeta})} \cdot \bar{h}_c + D_1] + 1.6L\} \cdot b$$

ENTREPISO:  $D_1 = D_{\text{terminación}} + D_{\text{tabique}}$

CUBIERTA:  $D_1 = D_{\text{terminación}}$

Las Tablas 5, 6 y 7 indican las luces máximas que pueden alcanzarse en un entrepiso en el que  $D_1 = 2 \text{ kN/m}^2$  (que puede incluir  $1 \text{ kN/m}^2$  de tabiquería ligera y el resto de terminación de piso), cuando la prelosa es de 6 cm de espesor total ( $h_1=3\text{cm}$ ), para las ocho tipologías de refuerzo y considerando los tres espesores de carpeta analizados: 2cm, 3cm y 4cm, respectivamente.

## 6 I ANÁLISIS DE UNA LOSA MACIZA DE ENTREPISO

Para establecer una comparación económica con la losa maciza de hormigón armado, tan extendida en algunos países como solución de entrepiso, se ofrece su diseño para las siguientes condiciones de proyecto:

$l=4.30\text{m}$ ,  $f'_c=21\text{MPa}$ , Acero G60 ( $f_y=420\text{MPa}$ ), Barra No.3 ( $d_b=10\text{mm}$ ,  $a_s=71\text{mm}^2$ ), recubrimiento neto ( $r_n=20\text{mm}$ ),  $D_{\text{terminación}}=1\text{kN/m}^2$ ,  $D_{\text{tabique}}=1\text{kN/m}^2$ ,  $L=1.5\text{kN/m}^2$ .

Se supondrá que la losa presenta apoyos simples, o sea, que no posee refuerzo negativo sobre los apoyos, de manera que valga la comparación con una losa análoga resuelta a partir del empleo de la solución compuesta PPCC-33/3:2.

SOLUCIÓN

$$h_o = \frac{l}{20} = \frac{430\text{cm}}{20} = 0.215$$

(Con este espesor dado en el Art. 9.5.2.1 del ACI 318:05, se evade comprobar el estado límite de deformación).

No obstante, se fijará  $h_o=12\text{cm}$ , lo que obliga a verificar el estado límite de deformación.

ARMADURA PRINCIPAL

$$q_u = 1.2(pp + D_{terminación} + D_{tabique}) + 1.6L$$

$$= 8.3 \text{ kN/m}$$

$$M_u = 0.125q_u l^2 = 19.2 \text{ kN.m}$$

$$A_s = 5.74 \text{ cm}^2, A_{smin} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$esp. = 12 \text{ cm (No. 3)}$$

ARMADURA SECUNDARIA (RETRACCIÓN Y TEMPERATURA)

$$esp. = 22 \text{ cm (No. 3)}$$

$h_{pl}$			
$h_c$			
Tipología	$A_p$ (mm <sup>2</sup> )	$I_{flex}$ (m)	$I_{cort}$ (m)
T1	212	4.37	9.88
T5	338	4.58	
T3	353	4.61	
T7	463	4.82	
T4	589	4.98	
T6	605	5.00	
T8	730	5.09	
T2	982	5.16	

Tabla. 5 longitudes alcanzadas.

$h_{pl}$			
$h_c$			
Tipología	$A_p$ (mm <sup>2</sup> )	$I_{flex}$ (m)	$I_{cort}$ (m)
T1	212	5.14	11.42
T5	338	5.21	
T3	353	5.26	
T7	463	5.52	
T4	589	5.73	
T6	605	5.75	
T8	730	5.90	
T2	982	6.05	

Tabla. 6 Longitudes alcanzadas.

$h_{pl}$			
$h_c$			
Tipología	$A_p$ (mm <sup>2</sup> )	$I_{flex}$ (m)	$I_{cort}$ (m)
T1	212	5.87	12.84
T5	338	5.55	
T3	353	5.51	
T7	463	5.51	
T4	589	5.57	
T6	605	5.58	
T8	730	5.63	
T2	982	5.69	

Tabla. 7 longitudes alcanzadas.

## 71 EVALUACIÓN DE LOS COSTOS DIRECTOS DE MATERIALES PARA 1M2 DE LOSA

La Tabla 8 muestra valores referenciales de materiales.

Rubro	Unidad	Costo Directo
Materiales para encofrado de losa de 15cm de espesor (dos usos)	$m^2$	5.05
Hormigón simple de $f'_c=21MPa$	$m^3$	73.95
Hormigón simple de $f'_c=35MPa$	$m^3$	101.4
Acero natural (hormigón armado)	$kg$	2.38
Acero ALE (hormigón pretensado)	$kg$	2.85
Malla ARMEX (4.5mmx30cmx30cm)	$m^2$	1.73
Bloque de alivianamiento	$u$	0.45
Plancha de acero colaborante (steel deck) 1x6/0.7	$m^2$	3.34
Perfiles de refuerzo 5cmx10cm (Sistema NOVALOSA)	$m$	5.06

Tabla 8 muestra costos directos referenciales de materiales.

Volumen de hormigón (en 1m<sup>2</sup> de losa entran dos prelosas)

$$V_{prelosa} = (2A_{pl}) \cdot 1m = 2(201cm^2 \cdot 10^{-4}) \cdot 1m = 0.0402m^3 \quad (f'_c = 35MPa)$$

$$V_{carpeta} = [(h_{pl} + h_c) \cdot 1m - (2A_{pl})] \cdot 1m = [(0.06 + 0.02) \cdot 1m - 2(201cm^2 \cdot 10^{-4})] \cdot 1m = 0.0398m^3 \quad (f'_c = 21MPa)$$

Acero principal en la prelosa (ALE) (en 1m<sup>2</sup> de losa entran dos prelosas)  
 Cada prelosa de esta tipología presenta tres alambres de 3mm

$$\therefore l_{total} = 2prelosas \left( 3 \frac{u}{prelosa} \right) \cdot 1m = 6m$$

VARIANTE 1: PPCC-33/3:2

Aceptando que la densidad del acero es  $\gamma_{acero} = 7800 \text{ kg/m}^3$

$$\begin{aligned} \text{Peso} &= \gamma_{acero} \cdot a_p \cdot l_{total} \\ &= (7800 \text{ kg/m}^3)(70.7 \\ &\quad \cdot 10^{-6} \text{ m}^2)(6m) = 3.31 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{costo}_{(PPCC)} &= 0 + [(0.0402 \text{ m}^3)(101.4 \text{ usd/m}^3) \\ &\quad + (0.0398 \text{ m}^3)(73.95 \text{ usd/m}^3)] \\ &+ [(3.31 \text{ kg})(2.85 \text{ usd/kg}) + (1 \text{ m}^2)(1.73 \text{ usd/m}^2)] \\ &= 0 + 7.02 \text{ usd} + 11.16 \text{ usd} \\ \text{Costo}_{(PPCC)} &= 18.18 \text{ usd/m}^2 \end{aligned}$$

VARIANTE 2: LOSA MACIZA

Volumen de hormigón

$$\begin{aligned} V_{hormigón} &= (h_o) 1m \cdot 1m = (0.12) \cdot 1m \cdot 1m \\ &= 0.12 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Longitud de acero principal

$$l_{total} = \left( \frac{1m}{esp.} \right) \cdot 1m = \left( \frac{1m}{0.12m} \right) \cdot 1m = 8.3m$$

$$\text{Peso} = (0,56 \text{ kg/m})(8.3m) = 4.65 \text{ kg}$$

Acero secundario

Longitud de acero principal: 6.00m, Diámetro No.4 (12mm), Peso: 6.04kg

Acero secundario: Malla ARMEX (4.5mmx30cmx30cm): 1m<sup>2</sup>

Costo Directo:

$$\begin{aligned} \text{Costo}_{(LA)} &= \text{Costo Encofrado} + \text{Costo Hormigón} \\ &\quad + \text{Costo Bloques} + \text{Costo acero} \end{aligned}$$

1m<sup>2</sup> de Malla ARMEX (4.5mmx30cmx30cm)

Encofrado: Se requiere 1m<sup>2</sup>

Costo Directo:

$$\text{Costo}_{(LM)} = \text{Costo Encofrado} + \text{Costo Hormigón} + \text{Costo acero}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo}_{(LM)} &= [(1m^2)(5.05 \text{ usd}/m^2)] \\ &+ [(0.12m)(1m)(1m)(73.95 \text{ usd}/m^3)] \\ &+ [(4.65kg)(2.85 \text{ usd}/kg) + (1m^2)(1.73 \text{ usd}/m^2)] \\ &= 5.05\text{usd} + 8.87\text{usd} + 15\text{usd} \\ \text{Costo}_{(LM)} &= 28.92 \text{ usd}/m^2 \end{aligned}$$

La Tabla 9 muestra en resumen los costos de las losas analizadas.

VARIANTE	COSTOS DIRECTOS				
	ENCOFRADO	HORMIGÓN	ACERO	TOTAL	RELATIVO
PPCC-33/3:2	0	7.02	11.16	18.18	1.00
LOSA MACIZA	5.05	8.87	15	28.92	1.59
LOSA ALIVIANADA DE 15cm	5.05	10.53	19.94	34.52	1.90
NOVALOSA DE 15cm	0	11.09	20.25	31.34	1.72

Tabla. 9 Muestra los costos económicos de las variantes de losas analizadas.

### VARIANTE 3: LOSA ALIVIANADA DE 15cm

Para  $1m^2$  de losa se requiere:

Longitud de acero principal: 6.00m, Diámetro No.4 (12mm), Peso: 6.04kg

Acero secundario: Malla ARMEX (4.5mmx30cmx30cm):  $1m^2$

$$\text{Costo}_{(LA)} = \text{Costo Encofrado} + \text{Costo Hormigón} + \text{Costo Bloques} + \text{Costo acero}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo}_{(LM)} &= [(1m^2)(5.05 \text{ usd}/m^2)] \\ &+ [(0.118m^3)(73.95 \text{ usd}/m^3)] \\ &+ [(4u)(0.45 \text{ usd}/u)] \\ &+ [(6.04kg)(2.85 \text{ usd}/kg) \\ &+ (1m^2)(1.73 \text{ usd}/m^2)] \\ &= 5.05\text{usd} + 8.73\text{usd} + 1,8\text{usd} \\ &+ 19.94 \end{aligned}$$

$$\text{Costo}_{(LM)} = 34. \text{Usd}/m^2$$

### VARIANTE 4: NOVALOSA DE 15cm

Para  $1m^2$  de losa se requiere:

Volumen de hormigón:  $0.15m^3$  de  $f'c=21MPa$

Plancha de Acero Colaborante (Stell Deck):  $1m^2$

Perfiles de refuerzo 5cmx10cm: 3.0m

Acero secundario: Malla ARMEX (4.5mmx30cmx30cm):  $1m^2$

Costo Directo en Ecuador:

$$\begin{aligned} \text{Costo}_{(NL)} &= \text{Costo Hormigón} + \text{Costo acero} \\ \text{Costo}_{(NL)} &= [(0.15\text{m}^3)(73.95 \text{ usd}/\text{m}^3)] \\ &\quad + [(1\text{m}^2)(3.34 \text{ usd}/\text{m}^2)] \\ &\quad + (3.0\text{m})(5.06 \text{ usd}/\text{m}) \\ &\quad + (1\text{m}^2)(1.73 \text{ usd}/\text{m}^2)] \\ &= 11.09\text{usd} + 20.25\text{usd} \\ \text{Costo}_{(NL)} &= 31.34 \text{ usd}/\text{m}^2 \end{aligned}$$

## 8 I CONCLUSIONES

1) Aun con la prelosa de menor espesor ( $h_1=3\text{cm}$  ó  $h_p=6\text{m}$ ), con la menor cantidad de acero (sólo 3 alambres de 3mm), y con una carpeta de sólo 2cm de espesor (PPCC-33/3:2), es posible alcanzar una luz de más de 4.00m en soluciones de entresijos, para una carga muerta impuesta de  $D_1=2\text{kN}/\text{m}^2$ , y una carga viva  $L=1.5\text{kN}/\text{m}^2$ .

2) Estas condiciones, bastante frecuentes en entresijos de viviendas de interés social hacen competitiva la solución si se le compara con una losa tradicional vaciada in situ, de 15cm de espesor (para una luz de 4.30m), y con refuerzo (No. 3 esp. 150mm), con la que puede llegar a reducirse en un 50% el costo total.

$$\begin{aligned} \frac{\text{Costo PPCC} - 33/3:2}{\text{Costo Losa Maciza}} &= \frac{15.63 \text{ usd}/\text{m}^2}{31.89 \text{ usd}/\text{m}^2} \\ &\approx 0.50 \end{aligned}$$

3) Para luces inferiores a 5.00m es innecesario recurrir a carpetas de 3cm y 4cm. Ello no sólo optimiza hormigón, sino que alivia la carga muerta sobre la prelosa durante la etapa de vaciado de la carpeta y tiende a disminuir la cantidad de puntales a utilizar en ella, etapa dentro de la cual toda la carga muerta y de ejecución tiene que ser resistida únicamente por la sección de la prelosa.

4) En el caso de la carpeta de 4cm, un incremento de la cantidad de acero no conlleva a un incremento de la luz a vencer. Ello se a que para la tipología de menor cantidad de acero (T1) el diseño es dúctil y con un coeficiente reductor de la capacidad nominal ( $\phi=0.84$ ). Para la cuantía de refuerzo inmediata superior

5) (T5) ya el diseño pasa a ser frágil y disminuye “bruscamente” el valor de  $\phi$ , pasando a ser ( $\phi=0.65$ ). Pero, además, en la medida en que sigue aumentando la cuantía, lo hace la profundidad de la línea neutra y en consecuencia disminuye la tensión de la armadura y el brazo del par reactivo, lo que provoca una disminución de la capacidad nominal de la sección ( $M_n$ ). En definitiva, no se justifica una carpeta de este espesor.

6) En todos los casos la luz máxima viene dada por las exigencias de flexión y no de cortante, a pesar de que esta última se determinara para dos condiciones

conservadoras.

7) La solución que se propone para resolver el sistema estructural de entrepiso o cubierta para los programas de desarrollo de la vivienda, resulta viable técnica y económicamente, confirmando la posibilidad de aplicar el preesfuerzo sin requerir de las elevadas erogaciones que caracterizan la inversión inicial que exige esta técnica.

## REFERENCIAS

[1]. AIDEPLA-2004. "Proyecto y Ejecución de elementos resistentes con alveoplaca". España.-2004.

[2]. Lorenzo, Pedro "Introducción al Sistema del Techo. Panorama de Soluciones de Techo y Entrepiso en América Latina" CYTED. Barcelona. España. 2000. Iraola V., N. y Larrúa Q. R. "Entrepisos compuestos con losas huecas pretensadas y losa in situ"

[3]. Hernández Caneiro, J.A. "Diseño Avanzado de Hormigón Pretensado". Monografía para la Maestría en Estructuras y Materiales. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ingeniería. La Paz. Bolivia. 2002.

[4].ACI Committee 318, "**Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-05) and Commentary (ACI 318R-05)**". American Concrete Institute, 2005.

[5]. Mc, C. J., & Brown, R. (2011). Diseño de concreto reforzado (8a. ed.). México: Alfaomega Grupo Editor. Retrieved from <http://www.ebrary.com>

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Actividades extracurriculares 150, 151, 156, 158, 159, 160, 161, 162

Agentes inteligentes 77

Aprovechamiento 65, 77, 78, 79, 97, 99, 100, 103, 198

### B

Biorremediación 89, 90, 91

### C

Calentamiento global 17

Cambio climático 97, 98, 99, 105

Classroom 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 147, 148, 149

Competencias profesionales 107, 111, 112, 117, 118, 121, 150, 151, 152, 163, 164

Concrete 1, 6, 47, 64

Consumo de recursos 65

Corriente Directa CD 17

### D

Diseño de experimentos 165, 168, 177

### E

Educación superior 65, 66, 67, 74, 76, 107, 110, 111, 112, 114, 116, 118, 119, 120, 121, 162

Electroválvulas 77, 81, 83, 84, 85, 87

Emisiones de Co2 102, 103

Estado del arte 198, 199

### F

Fiber 1, 6

Flujo de materiales 65

Formación tecnológica 66, 67, 72, 107, 115

### G

GEI 97, 99, 101, 105

Geotermia somera 97, 98, 100, 101, 103, 104, 105

### H

Hongos 89, 90, 91, 96



Humedad relativa 3, 165, 166, 168, 170, 171, 173, 176

## I

Índice de consumo 165, 167, 169, 170, 171, 174, 175, 176, 177

Ingeniería industrial 8, 33, 44, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 157, 178

## L

Lógica difusa 80, 84

## M

Motor jaula de ardilla 26

Motor síncrono 26, 27, 28, 29, 30, 31

Motor trifásico 26

Movilidad 92, 191, 194, 198, 199, 200, 204, 206

Movilidad eléctrica 198, 199

## O

Observation 137, 138, 139, 140, 148

## P

Patinetas eléctricas 198, 199, 200, 202, 210

Pensamiento numérico 122, 135

Pensamiento variacional 122, 123, 135, 136

Petróleo 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95

Plan por competencias 150, 151, 156, 159

Polypropylene 1, 6

Prelosa- preesforzada 46

Proceso de secado 165, 166, 167, 170

## Q

Qualitative research 137, 149

## R

Radiación 17, 20, 23, 24

Reciclaje 65, 73

Reinforced 1, 6, 7, 47

Resolución de problemas 122, 123, 124, 132, 133, 134, 135

Reutilización 65, 73, 74, 77, 79, 83, 84, 85, 86, 204

## S


Sensores de nivel 77, 81, 82, 85


Solar 17, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 75

Students 122, 123, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 150




Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA  
3

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 



Entre

# CIENCIA

e

# INGENIERIA

# 3

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 