

**EVOLUCIÓN ESTRUCTURAL  
DE LOS ELEMENTOS  
PREFABRICADOS  
PARTE II**

**M. en I. JORGE  
SILVA MIDENCES**



¿CÓMO HEMOS LLEGADO AQUÍ?  
¿HACIA DONDE VAMOS?

- A. Muros Arquitectónicos de Carga
- B. Columna Exterior
- C. Doble T o Losa Alveolar
- D. Columna Interior
- E. Viga T Invertida o Trabe Mixta
- F. Muro Diafragma
- G. Escaleras

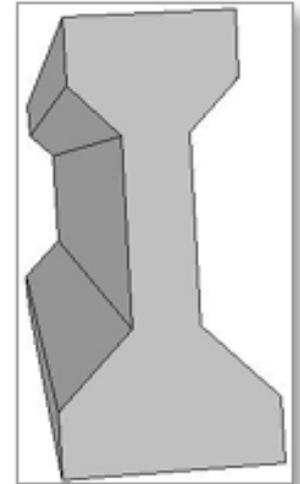


**1953 1954 -PUENTE ZARAGOZA  
SOBRE RÍO STA. CATARINA,  
ING. DOVALÌ JAIME Y V.  
GUERRERO Y GAMA**

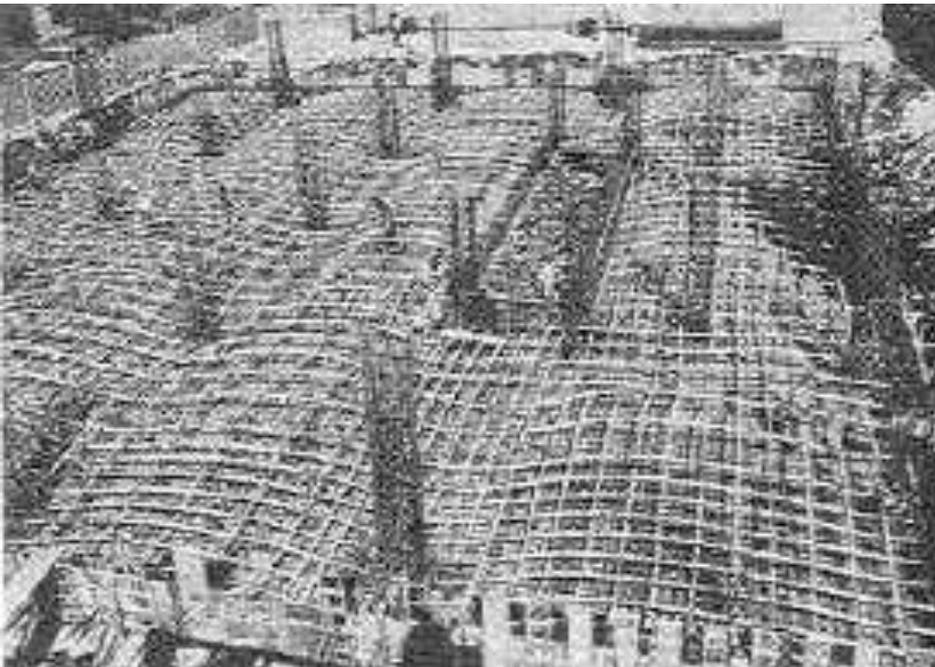
**PUENTE INTERNACIONAL RÍO  
BRAVO, NUEVO LAREDO, TX**

**1955 DESARROLLO DE VIGAS I Std.  
PRETENSADAS DE 7.6 a 18.3 m. (25 a 60 ft.)  
PRINCIPALES GENERADORES **BILL DEAN Y  
CHARLES ZOLLMAN****

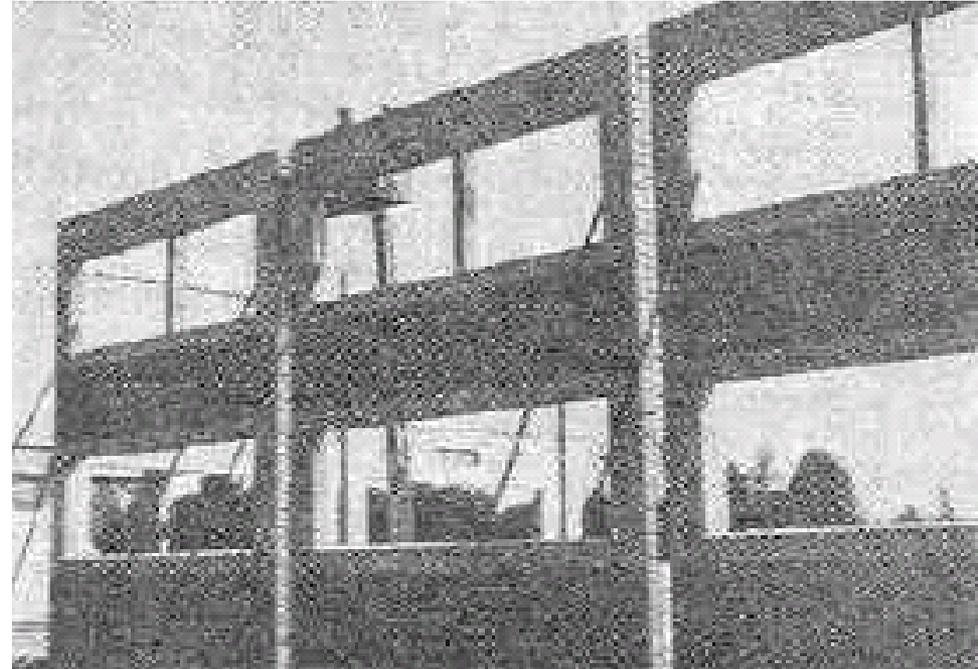
**PRIMER CURSO NACIONAL DE  
CONCRETO PRESFORZADO  
UNIV. DE FLORIDA Y PCI.**



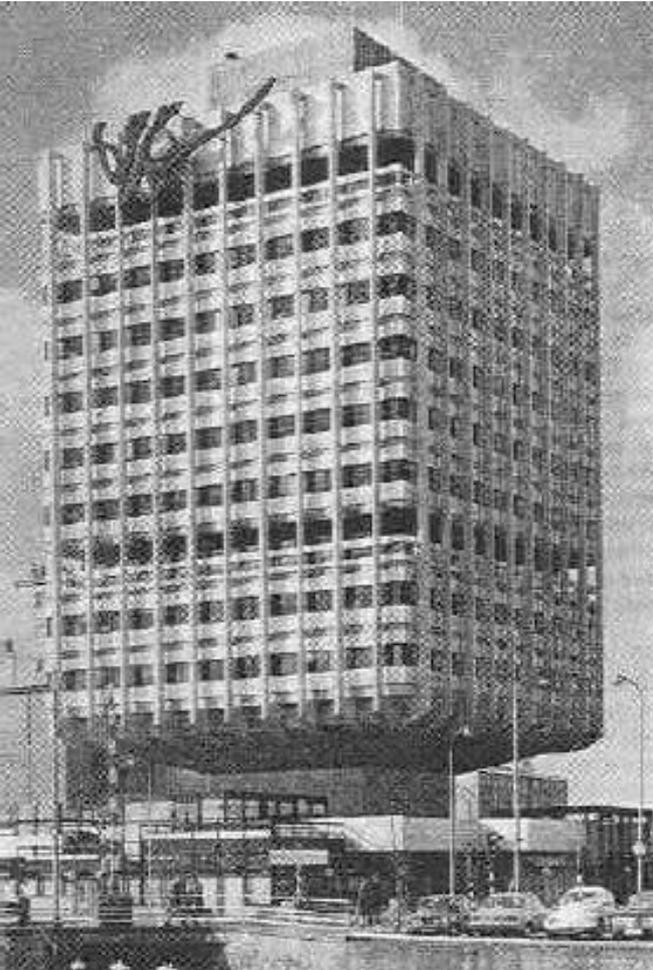
**AUNQUE YA SE HABÍAN CONSTRUIDO ANTES ALGUNAS EN EUROPA, EL DESARROLLO SE IMPLEMENTÒ EN USA 1955, Y AUSTRALIA**



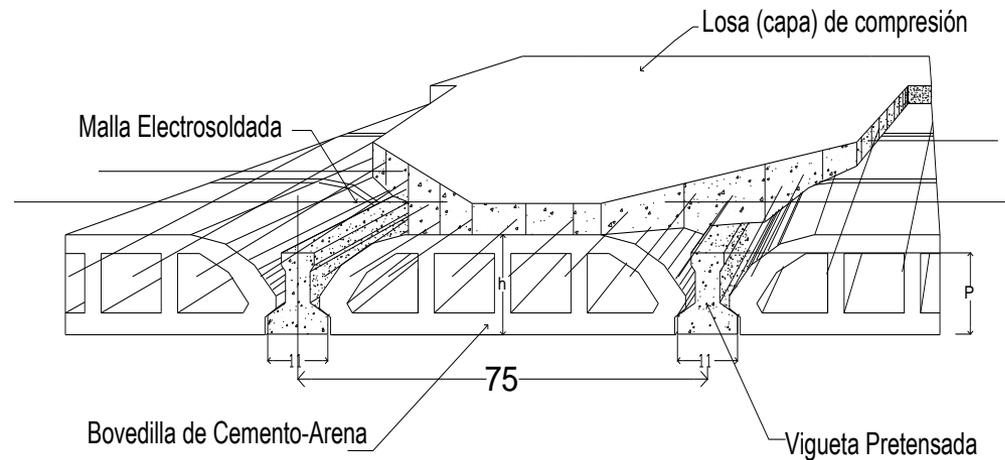
**LOSA DE CIMENTACIÓN POSTENSADA**



**ELEMENTOS DE FACHADA POSTENSADOS**



## 1955 LLEGA A MÉXICO EL SISTEMA DE PISO ALIGERADO:



**1a. Ed:** “**ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRESFORZADO**” **I.**  
**Y. LIN**



**EFFECTIVAMENTE, HOY EN DÍA LA VIGA BULB I  
ESTÁ REEMPLAZANDO GRADUALMENTE A LAS  
ANTIGUAS SECCIONES Std. I AASHTO-PCI**

**1957 PUENTE SOBRE EL RÍO TUXPAN,  
.....PUENTE SOBRE EL RÍO COATZACOALCOS, ETC.**

**1957 BEN C. GERWICK, Inc.  
PRODUCE UN DISPOSITIVO  
DEFLECTOR DE CABLES.**

**1958 EL COMITÉ CONJUNTO ACI-ASCE 323  
(posteriormente 423) PUBLICA  
RECOMENDACIONES TENTATIVAS PARA EL  
CONCRETO PRESFORZADO.**



**SMIE** 1958 EL **PCI** PUBLICA **ESPECIFICACIONES** PARA  
**PLANTAS DE PRESFORZADOS**



1a. PRUEBA C/**FUEGO** EN UNA VIGA DOBLE T POR U.L. Inc.

1959 DESARROLLO DE LA VIGA BULB-TEE POR ARTHUR  
ANDERSON DE CONCRETE TECHNOLOGY Corp, TACOMA,  
Wa.

**CÒDIGO STANDARD EN EDIFICACIÒN** CON CONCRETO  
PRESFORZADO (**TAC?**)

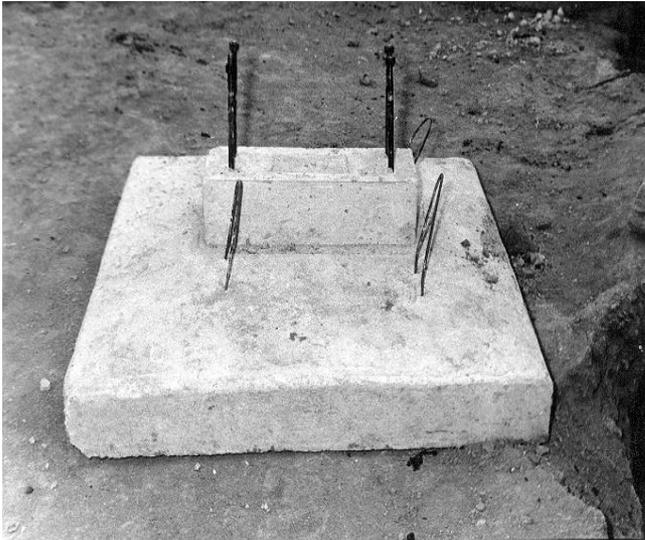
TAC "THE ARCHITECTS COLLABORATIVE" 1946

1a. EDICIÒN REGISTRADA DEL **UBC** ES DE 1967

THE INTERNATIONAL CODE COUNCIL (ICC) 1994

**NORMA MEXICANA NMX – C 406 - 1997 – ONNCCE.**

## 1960 CAFCE: **Arq. RAMÍREZ VÁZQUEZ**, ZAPATAS, COLUMNAS PREFABRICADAS Y SISTEMA DE LOSA CON CANALETAS (11)

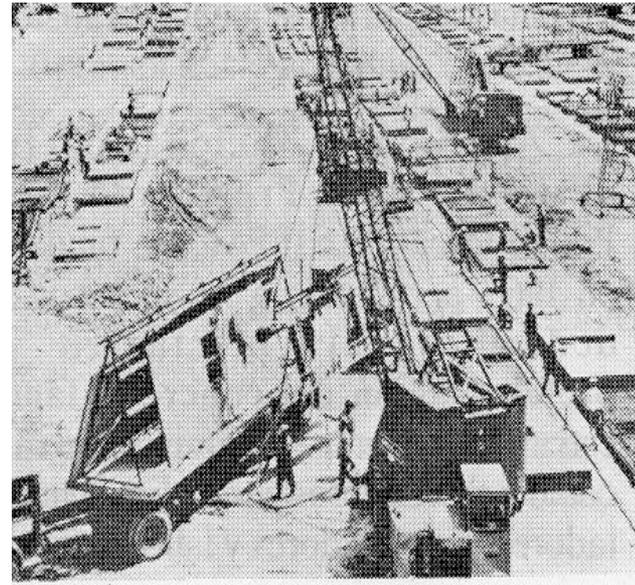


MONTAJE DE TRABES I  
**-SECCIÓN VARIABLE-**  
PARA AULAS





**SMIE 1962 LA EMPRESA ORDIC  
CONSTRUYÓ UN CONJUNTO  
HABITACIONAL EN SAN JUAN  
DE ARAGÓN, D.F.: 900 CASAS-  
HABITACIÓN, EMPLEANDO UNA  
PLANTA PREFABRICADORA IN  
SITU” (12)**



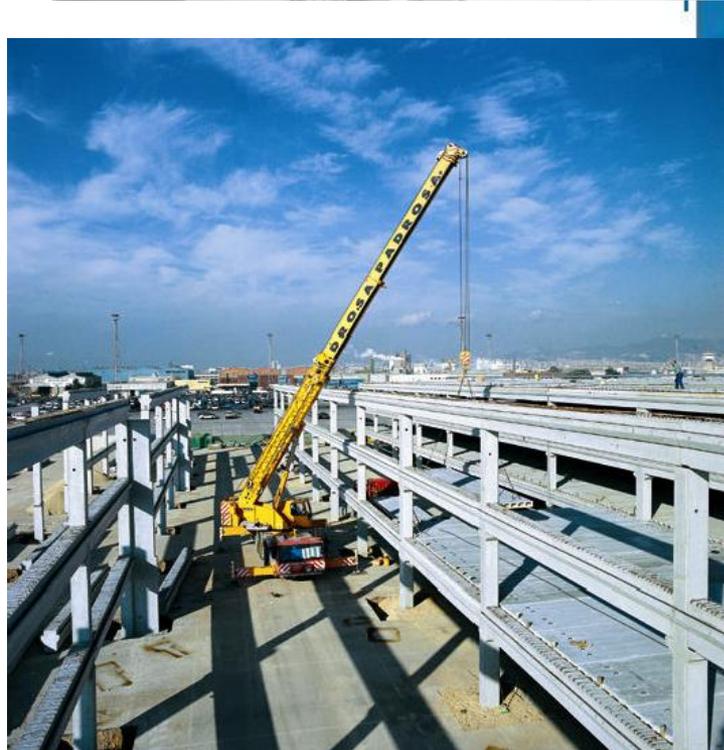
**1962 M. en C. HUMBERTO J. BENET, “MANUAL DE DISEÑO  
DE LOSAS PLANAS DE CONCRETO ARMADO ALIGERADAS  
CON TUBOS DE CARTÓN COMPRIMIDO” SONOVOID ®  
MÉXICO.**

**1963 ACI 318-63 BUILDING CODE ...RECONOCE  
EL CONCRETO PRESFORZADO**

# 1968 PCI PROMUEVE EL CONCEPTO DE SISTEMAS DE EDIFICACIÓN.

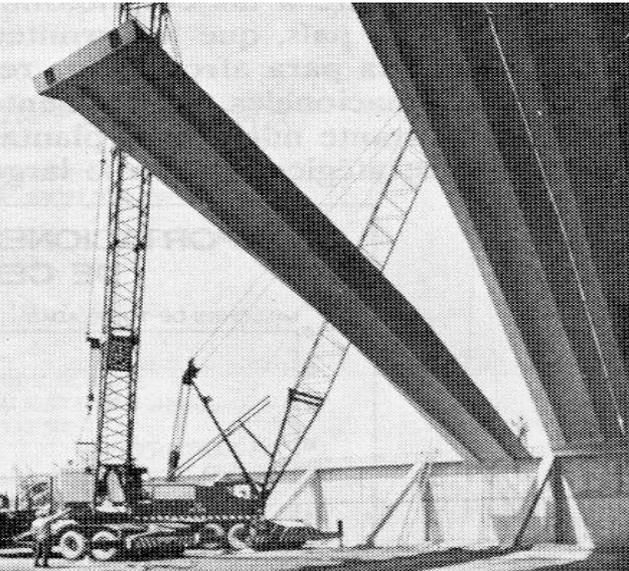


1968 EL PCI Y LA AASHTO REVISAN LAS VENTAJAS DE LA **BULB-TEE** Y DESARROLLAN LAS VIGAS I, TIPO V y VI ...PERO ERAN DEMASIADO PESADAS (17)



1969 1er. **SISTEMA DE EDIFICACIÓN PREFABRICADA** ES PRESENTADA POR PRECAST SYSTEMS, INC.

**1972 PRIMER ESTUDIO SOBRE **VIDA ÚTIL**, QUE SE LLEVÓ A CABO EN UN CONCRETO DESTINADO A DEPOSITO DE PETRÓLEO EN EL MAR.**



**SURGE LA EMPRESA PREMESA. PRESFORZADOS MEXICANOS S.A. COMIENZA LA CONSTRUCCIÓN DE BODEGAS CON TRABES -STT- (11)**

**1a. ESTRUCTURA EN CUAUTITLÁN, Edo. de Mex. JUGOS MUNDET**

**Diseño Arq. ADOLFO DEL CUETO**



**1975 SE CONSTRUYE LA FÁBRICA  
METEORO DEL ING. CARLOS  
GONZÁLEZ FLORES (11)  
PREMESA**



**MONTAJE DEL EDIFICIO CENTRAL  
DE ICA (11)  
PRIMERAS **DOBLES T** EN MÉXICO  
PREFABRICADOR PREMESA**





EN **MÈXICO** EL DESARROLLO HA SIDO  
FRÙCTIFERO EN EDIFICACIÓN Y VIVIENDA (16)



**HOTELES Y ESTACIONAMIENTOS,**

**DESARROLLOS HABITACIONALES,**

**INVESTIG. EXPERIMENTAL, CENAPRED, INST DE ING. UNAM**

**APLICACIÓN EXITOSA DE PATENTES**

Samuel Heyndemblit Pachter +

**¿EXPERIENCIAS EN USA? (13)**

**MATERIAL SERVICE Corp. EN CHICAGO,**

**VAN A LA ANTIGUA UNIÓN SOVIÈTICA**

**RUSOS EN PLENO PROGRAMA DE VIVIENDA ESTATAL Y LO**

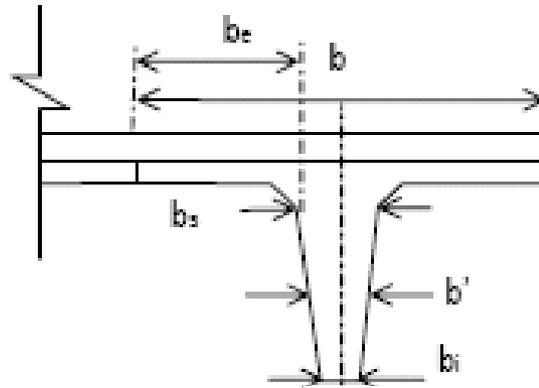
**QUE MÀS IMPRESIONÒ A LOS ESTADOUNIDENSES FUE**

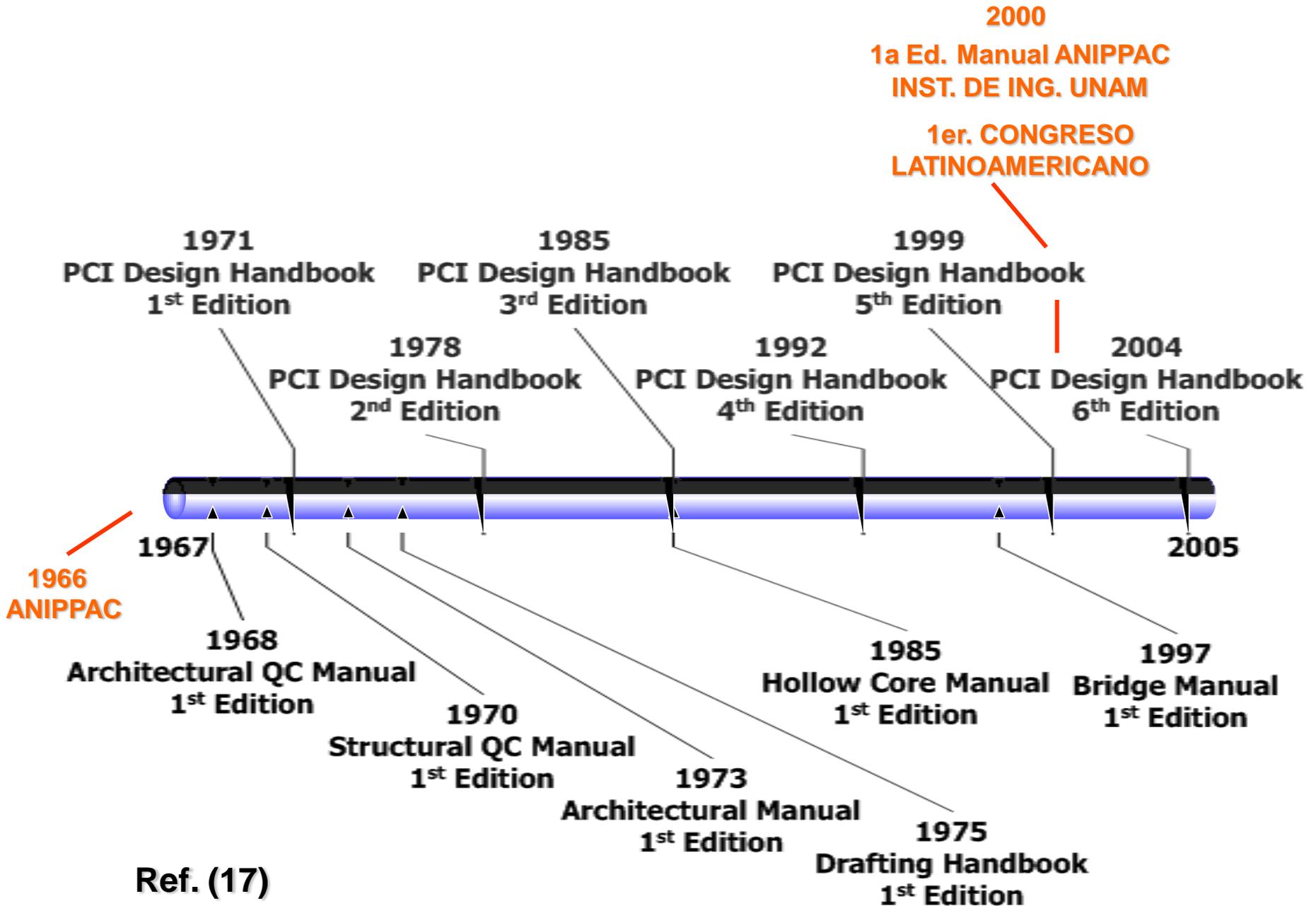
**UNA VIGA LIGERA, CAJÒN ANCHO.**

...DESARROLLARON UN **VIGA CAJÓN DE 4 CELDAS** DE 0.61 m DE PERALTE x 2.44 m DE ANCHO (24 in. x 8 ft.), ALAS DE SÓLO 3.81 cm. (1 ½”) IN. **“DYNACORE”...DEMASIADO CARA**

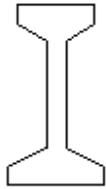
**T. Y. LIN & ASSOC.**, FIRMA CONSULTORA **VIGA T** DE 0.92 m PERALTE x 2.44 DE ANCHO ( 3 ft x 8 ft.) CONOCIDA POR **“LIN T”**

**NO SOBREVIVIÒ A LA PRUEBA DEL MERCADO DEBIDO AL INEFICIENTE USO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA.**

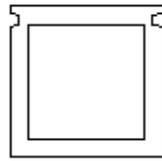




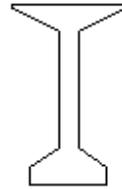
Ref. (17)



**I-Beam**



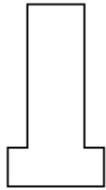
**Box Beam**



**Bulb Tee**



**Column**



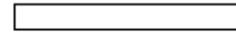
**Inverted Tee Beam**



**Ledger Beam**



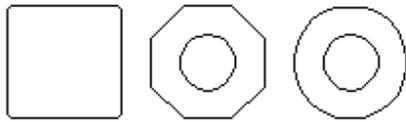
**Rectangular Beam**



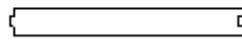
**Slab**



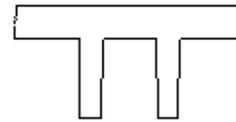
**Hollow-Core Slab**



**Pile Sections**



**Sheet Pile**

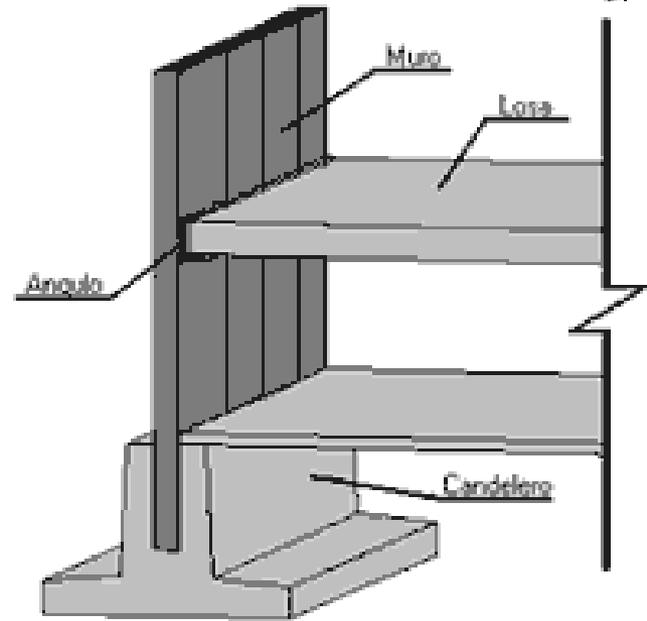
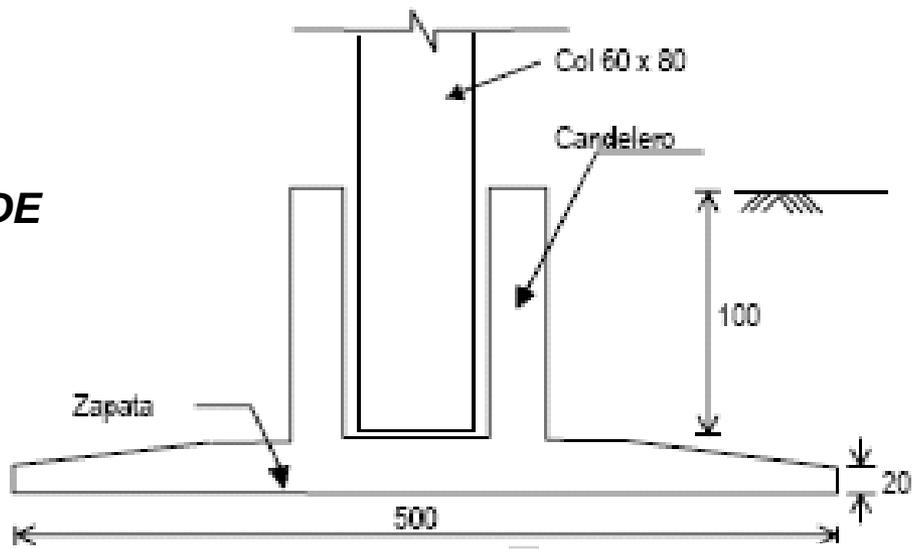


**Double Tee**



# PILOTES HINCADOS DE CONCRETO PRESFORZADO

## SISTEMA DE ENSAYOS DE PILOTES DE GRAN DIAMETRO





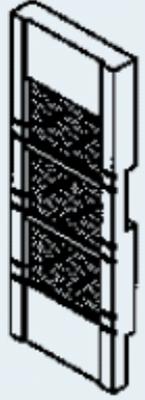
**VIGAS L: = 39.00 m., DOBLE PENDIENTE DEL 10% Y UN CANTO EN LA SECCIÓN CENTRAL DE 2.70 m. PRETENSADAS**



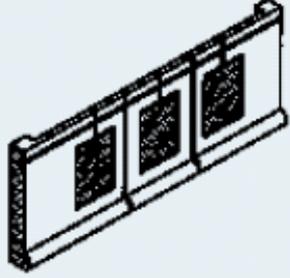
# PANELES DE CARGA ARQUITECTÓNICOS PREFABRICADOS



(a) Flat, hollow-core, or insulated panel.



(b) Vertical window or mullion panel.



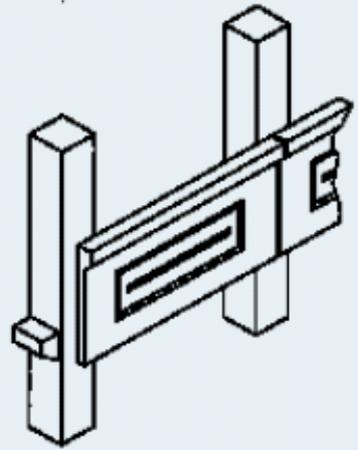
(c) Horizontal window or mullion panel.



(d) Ribbed panel.



(e) Double-tee panel.



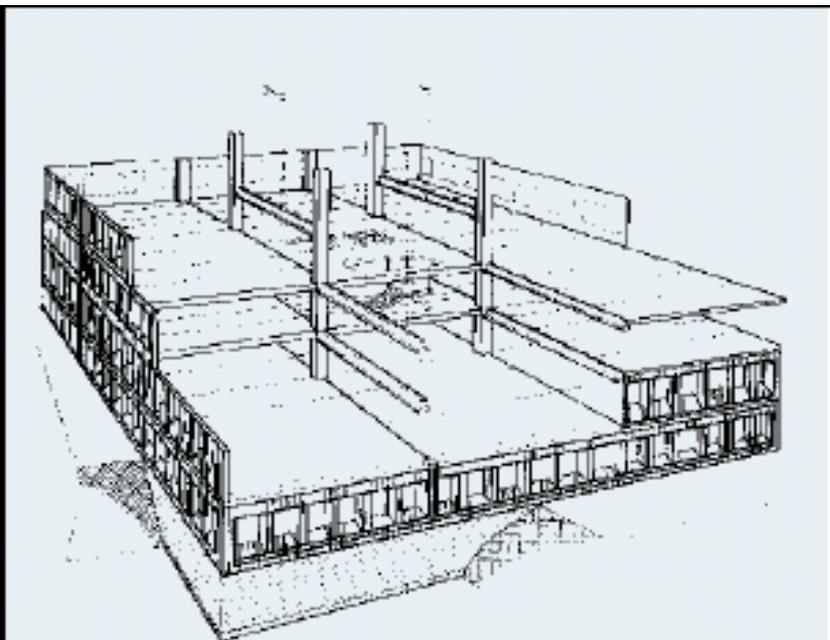
(f) Spandrel (same as "a").



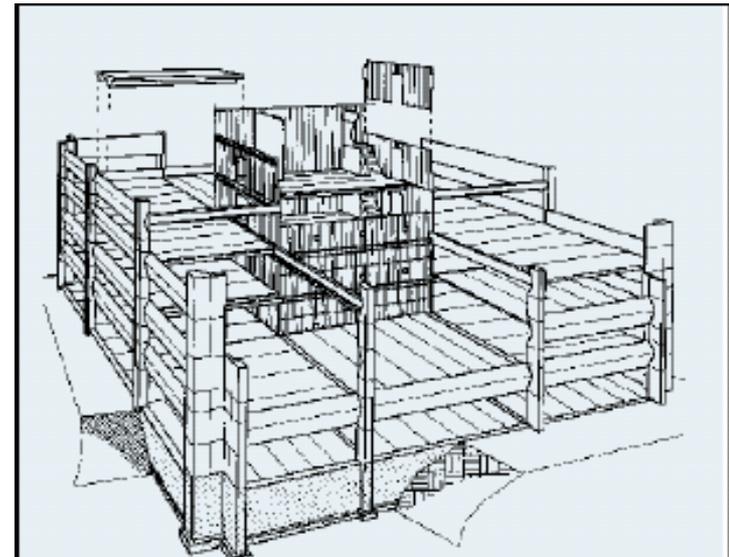
## MONTAJE PLACAS AUTOPORTANTES



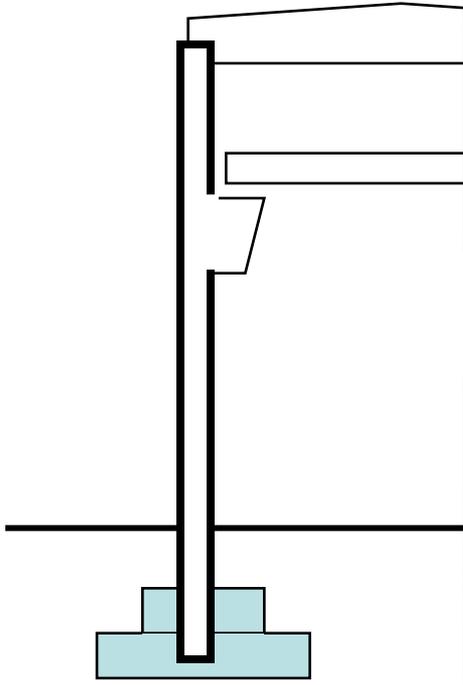
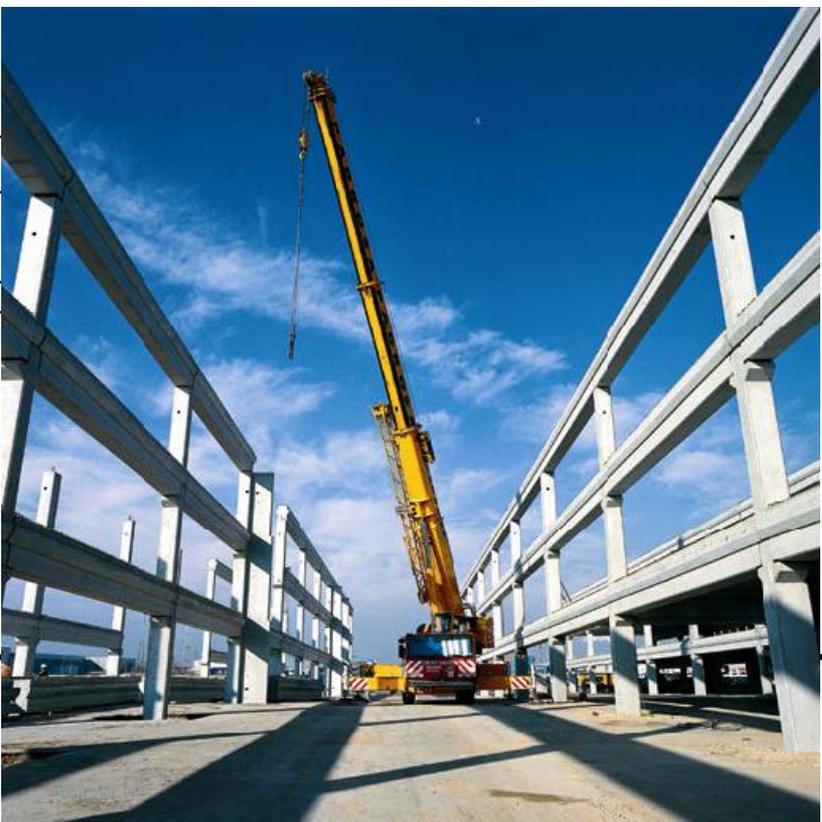
**SISTEMA TILT - UP**



**SISTEMA EXTERIOR SHEAR WALL**



**SISTEMA INTERIOR SHEAR WALL.**



3a. PARTE

2a. PARTE

1a. PARTE

# ELEMENTOS DE OBRAS SINGULARES

Fabiola Pierantoni Silva

José Penadés Martí



EN 1987 **PCI** LANZA LA BULB-TEE, LA CUAL EN MUCHO SE ASEMEJABA A LA PROPUESTA HECHA POR **ART ANDERSON**

EL MEJORAMIENTO EN LA PRODUCCION Y UN MEJOR CONTROL DE CALIDAD LO HICIERON POSIBLE (13)



1987 SE INTRODUCE EL “**ROOM TUNNEL**” Y EL SISTEMA DE FORMACIÓN DE CONCRETO “**FLEX-FORM**” PARA **PAREDES CURVAS.**

**1990`s REVOLUCIÓN COMPUTACIONAL:  
HERRAMIENTAS DE **DISEÑO INGENIERIL**  
ABOCADAS A ESTAS SOFISTICADAS  
ESTRUCTURAS.**

**1990 INICIO DEL PROGRAMA DE  
INVESTIGACIÓN **PRESSS** (PRECAST  
SEISMIC STRUCTURAL SYSTEMS) A 10  
AÑOS.**





**1997 SE FABRICA LA  
VIGA STANDARD  
PARA PUENTES  
NEW ENGLAND  
BULB-TEE**

**1998 ING. R. BETANCOURT RIBOTTA R.  
1er. Manual Técnico Losas  
Prefabricadas MÈXICO.**



**2002 SE IMPLEMENTA EL CONCRETO AUTOCOMPACTABLE  
EN PLANTAS DE PREFABRICADO U.S.A.**

# LA TORRE DE NAMUR, BÈLGICA LA ESTRUCTURA MÁS ALTA DE CONCRETO PREFABRICADO Y PRESFORZADO EN EL MUNDO (20)

ALTURA DE 171 m.

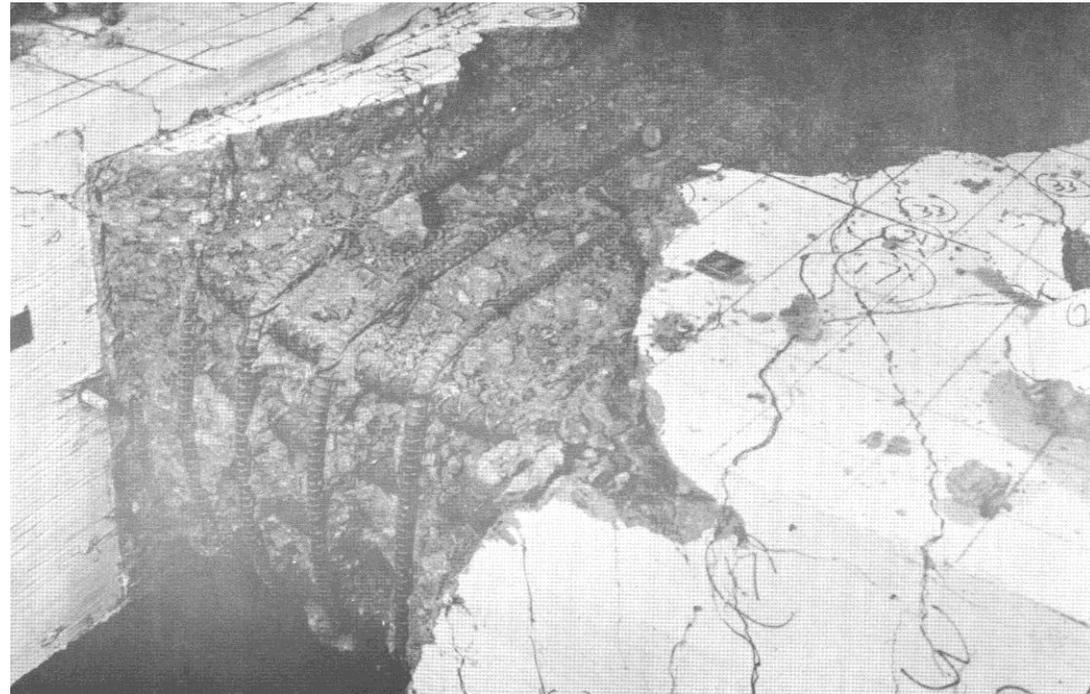
LA TORRE TIENE UNA  
ESTRUCTURA DE TRIPIÉ QUE  
LLEGA HASTA LOS 96 m., Y SE  
EXTIENDE COMO UN SOLO  
CILINDRO.



**POR AÑOS HABÌA ESTUDIADO EL COMPORTAMIENTO DE VIGAS **FABRICADAS IN SITU**, SUJETAS A DEFORMACIONES POSTSÌSMICAS**

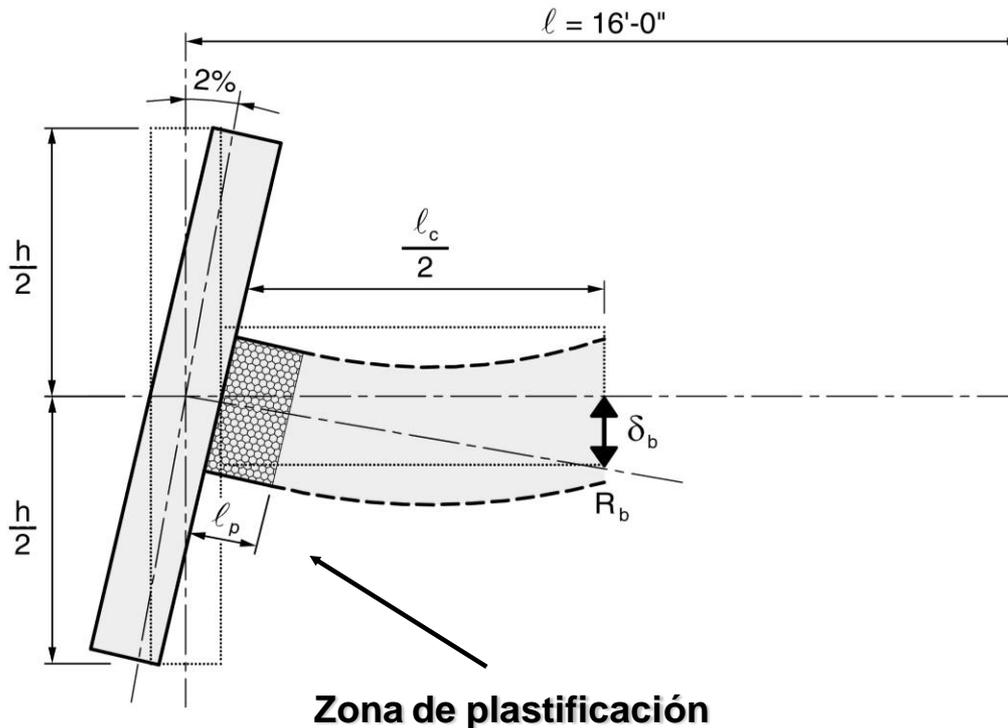
**VISUALIZÒ:**

**EVITAR LA **PRINCIPAL ACCIÓN CAUSAL** DEL DETERIORO DEL CONCRETO.**



**VIGAS DE CONCRETO PUESTO EN SITIO, SE FORMA UNA ZONA DE PLASTIFICACIÓN.**

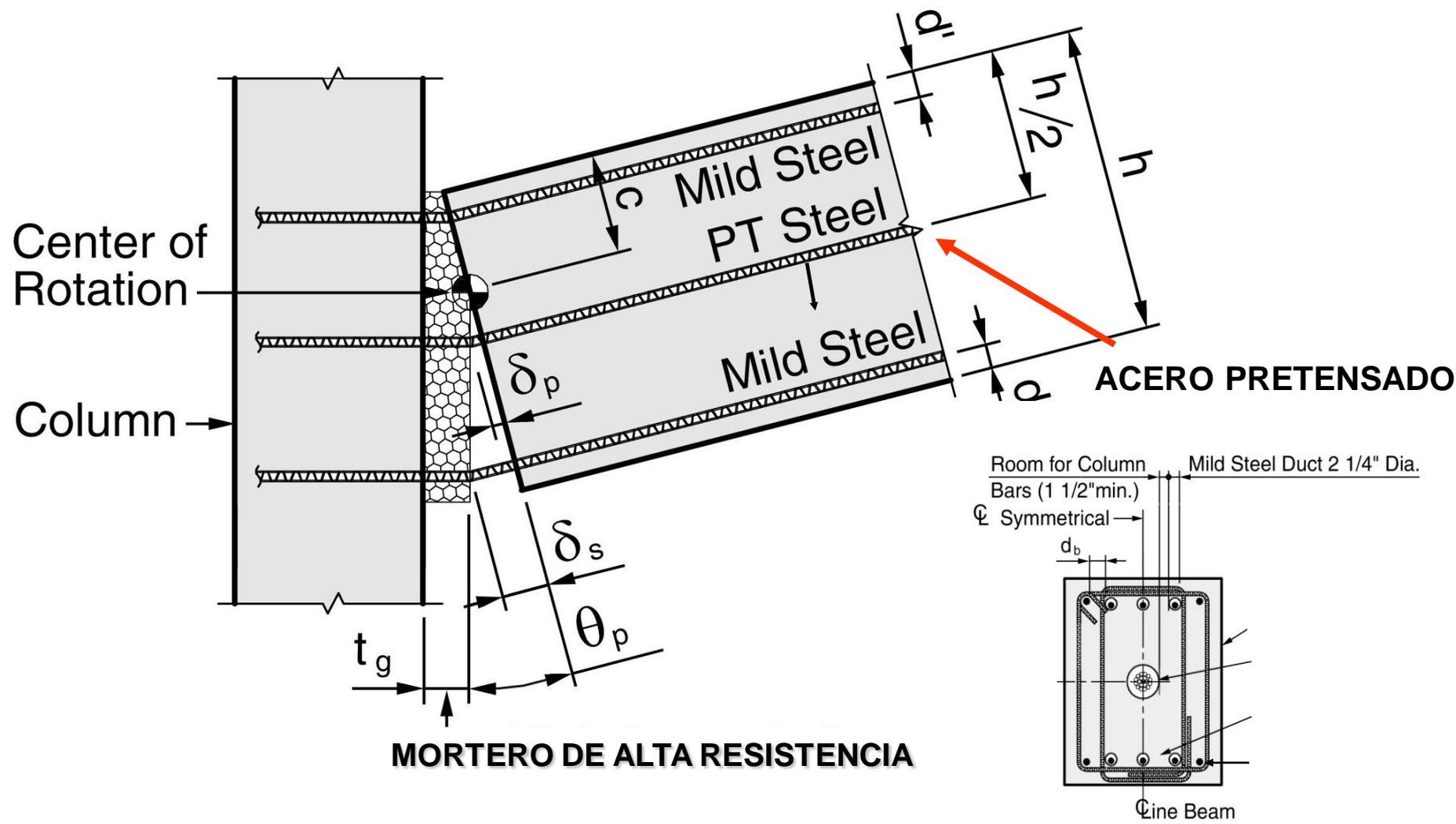
**¿ PORQUÈ NO...**



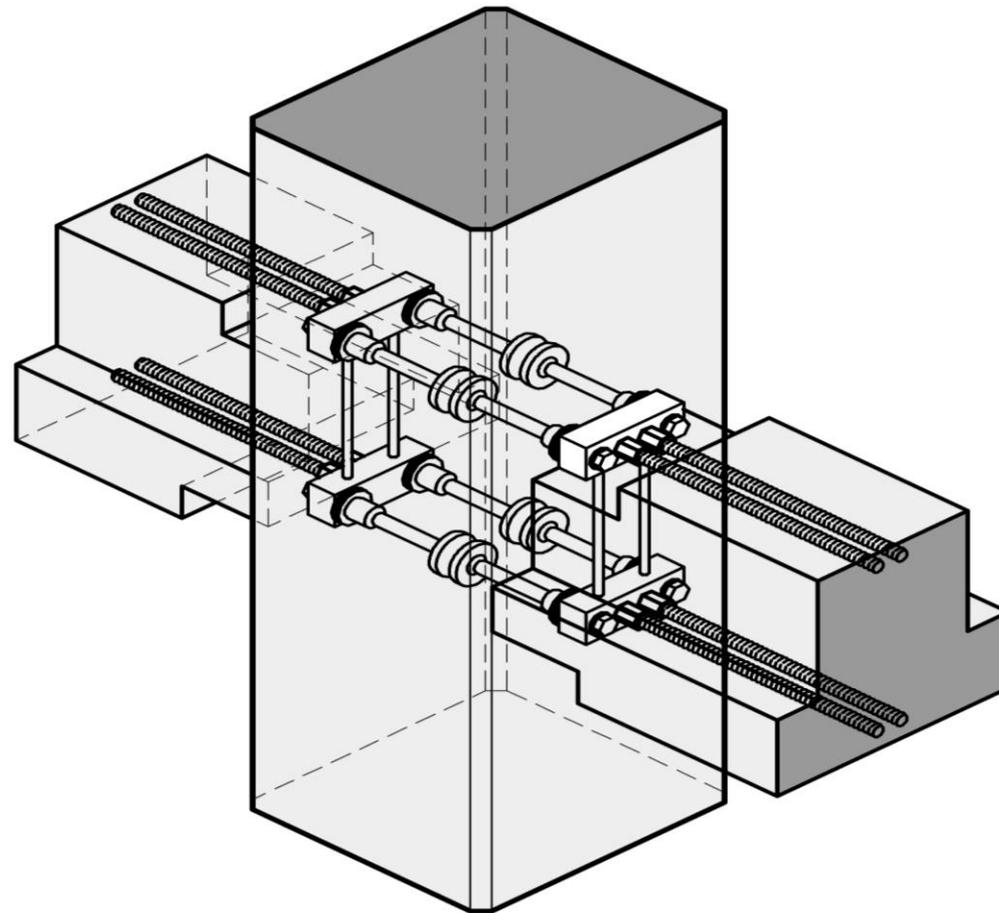
**SIMPLEMENTE  
“MOVER” EL  
SEGMENTO QUE CEDE  
DE LA VIGA.....**



# EN EL SISTEMA PREFABRICADO SE PRESENTARÍA UNA SEPARACIÓN ENTRE VIGA Y COLUMNA.



# Dywidag Ductile Connector System -DDC- (19)



**PRESS**

**PRECAST HYBRID MOMENT RESISTANCE FRAME SYSTEM**

**DDC Y SISTEMA HÍBRIDO COMBINADO**



**EDIFICIO DE ESTACIONAMIENTO  
"THE WILTERN" AÑO 1995**

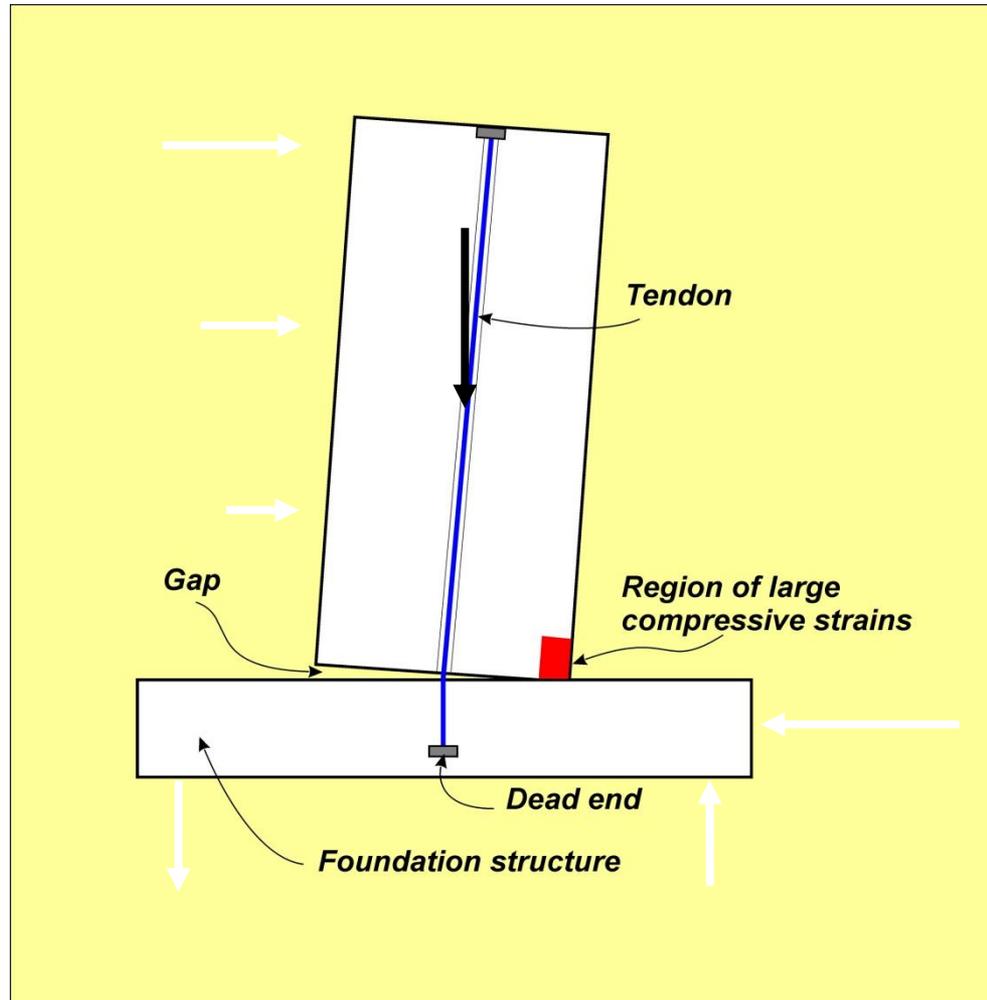


**THE PARAMOUNT**

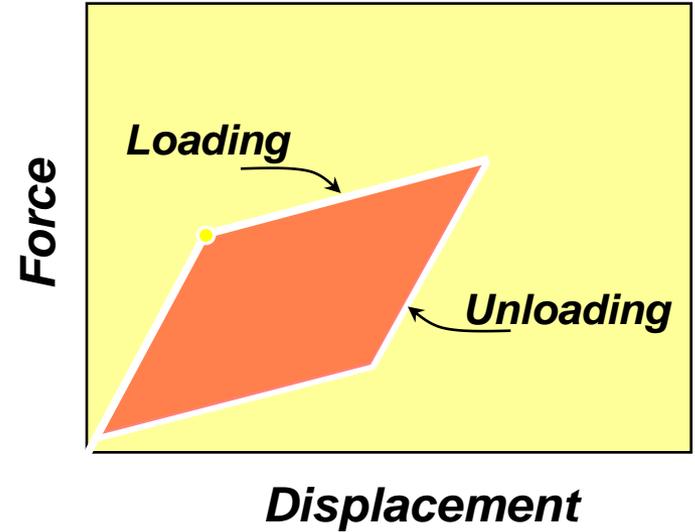
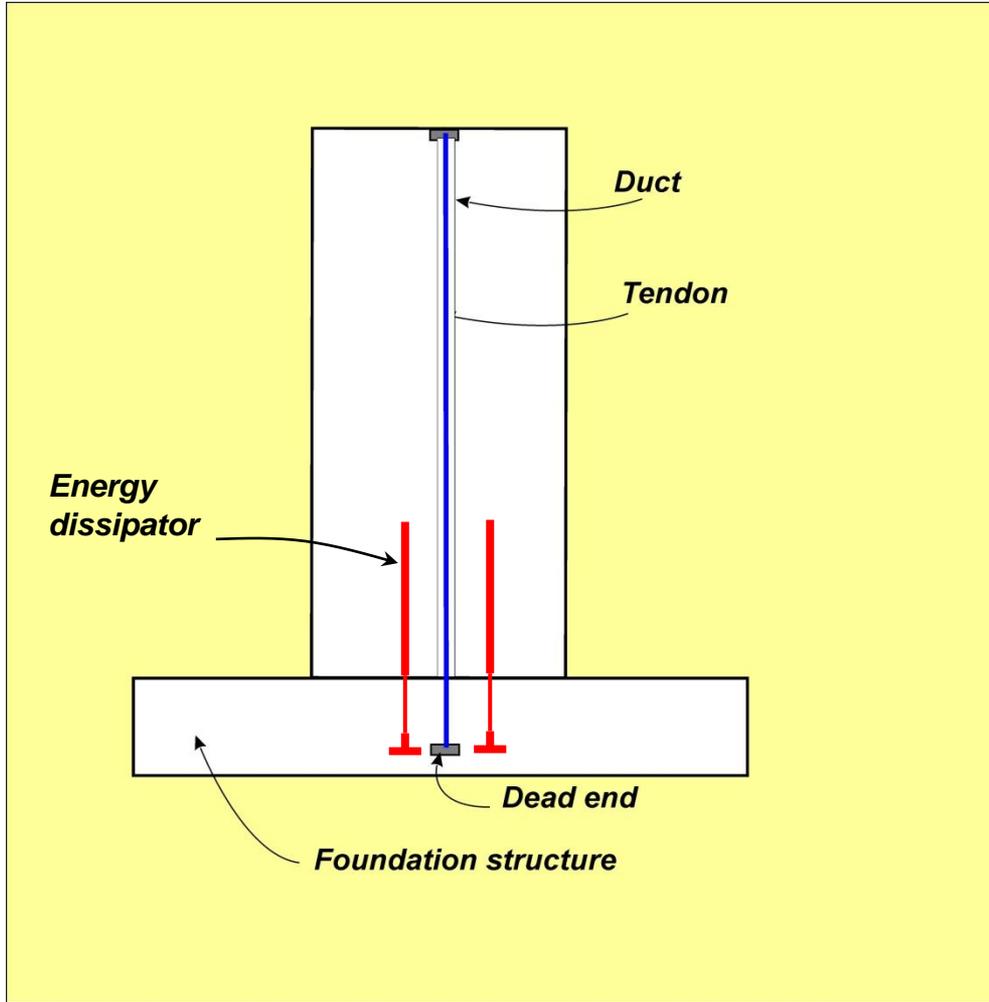
**PRIMERA ESTRUCTURA  
CONSTRUIDA UTILIZANDO UN  
SISTEMA ANTISÍSMICO EN  
CONCRETO PREFABRICADO**

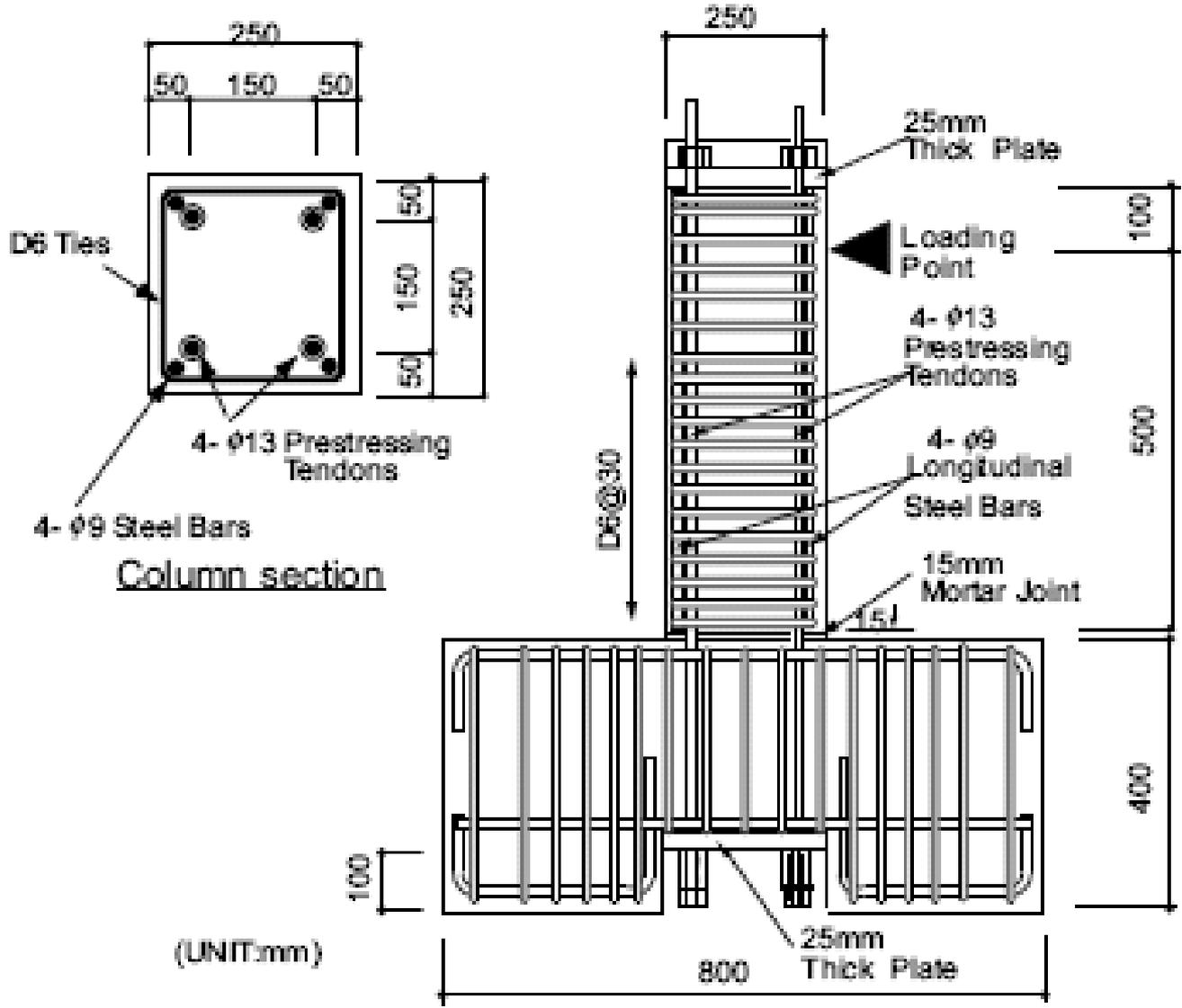


# MURO PRE-COMPRESIDO (22)



*José I Restrepo, Ph.D. Universidad de California, San Diego*

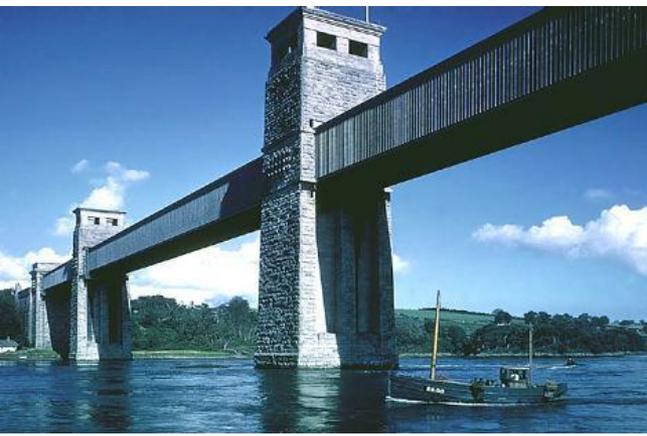




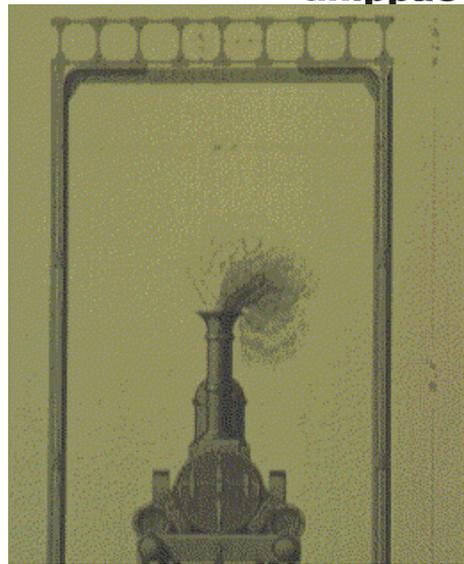
Nishiyama  
Watanabe +

# CONEXIÒN COLUMNA-CIMENTACIÒN PREFABRICADA ENSAMBLADA POR POSTENSIÒN (23)

**SMIE** **R. STEPHENSON: 2 CLAROS DE 142 m CENTRALES, CON 2 ELEMENTOS RECTANGULARES DE 4.4 m DE ANCHO Y 9 m. DE PERALTE (10)**

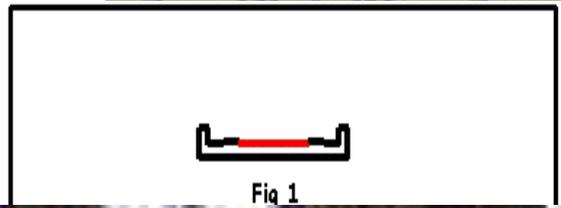


**BRITTANIA BRIDGE 1850**



**1951 A. LIPSKY, L. BAES, PREFLEX BEAM LONG. TÌPICA: 33.4 m.**

**STÈPHANIE STAQUET Ph.D**



**1986 FLEXSTRESS BEAM RONVEAUX Co. LONG. TÌPICA: 47 m. (154 ft.)**

**PLATAFORMAS SECCIÒN-U PARA VÍAS DEL TREN DE ALTA VELOCIDAD EN BRUSELAS, ESTACIÒN SUR, BÈLGICA**



# RECAPITULACIÓN

***“...ES IMPORTANTE CUANTO SABE UNO,***

***PERO TAMBIEN ES IMPORTANTE....***

***QUÉ HACE UNO CON LO QUE SABE”***

Silva Midences



# RECAPITULACIÓN MATERIALES?



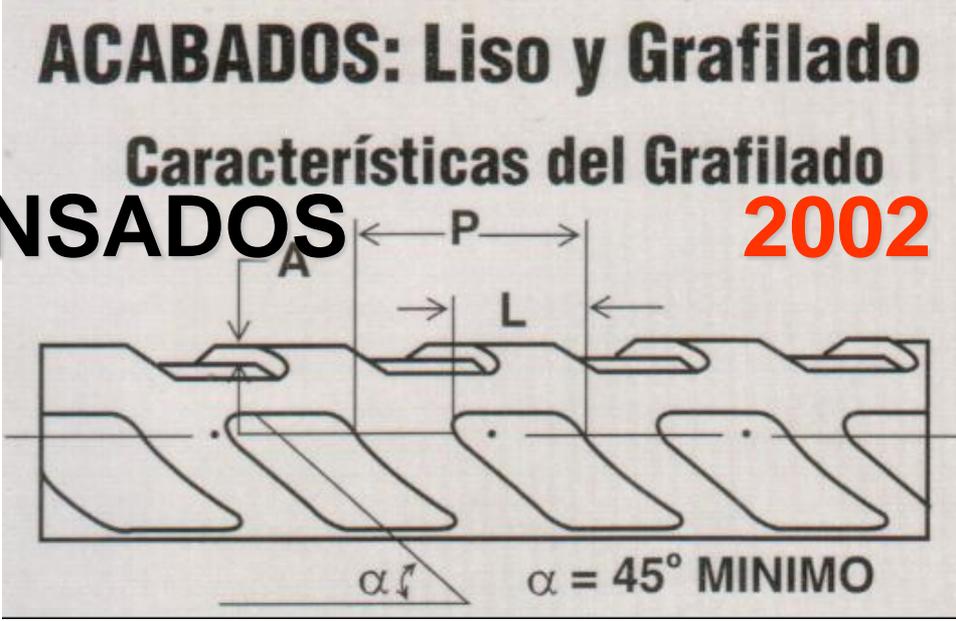
NEOLÍTICO VALLE DEL ÉUFRATES		
ADOBE	CRUDO MODELADO	7600 – 6000 A.C.
PUZZOLANA	GRECIA, ISLA DE SANTORINI	600 A.C.
CEMENTO	EL FARO DE SMEATON (EDDYSTONE)	1776
PAVIMENTOS	DR. FOX C/ARMADURAS DE HIERRO	1829
“HORMIGÓN ARMADO”	LAMBOT,	1848
LWC	STEPHEN J. HAYDEN	1918
GFRC	Dr. MAJARDAR	1960
FCP`s	IMPREGNACIÓN CON MONÓMEROS	1972
UHPC	CONCRETO DE ULTRA DESEMPEÑO	1995
		.....2050?

# BAJA RELAJACIÓN

<u>CARGA APLICADA</u> (% DE RESISTENCIA MÍNIMA ESPECIFICADA A LA TENSIÓN)	RELAJACIÓN DESPUES DE 1000 hrs.
70 %	$\leq 2.5 \%$
80 %	$\leq 3.5 \%$

Características del Grafilado:

## CFCC CABLES POSTENSADOS



DIAM mm	DIMENSIONES DE LA HUELLA mm.		
	A	L	P
5.0	0.13 (+0.02, -0.05)	3.5	5.5

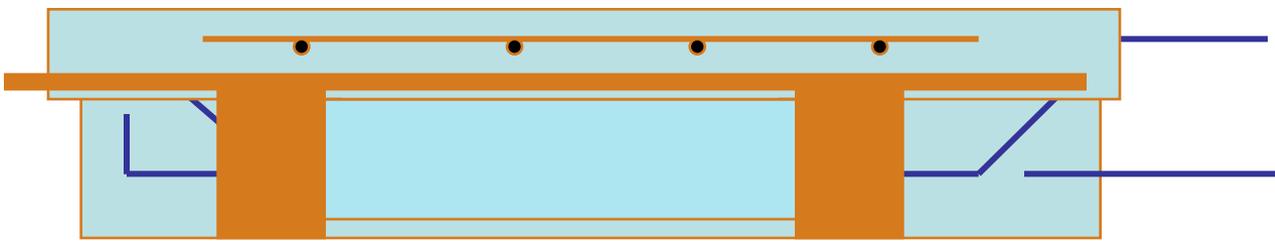
De acuerdo a la norma ASTM A 881-99

## ESTRUCTURACIÓN EN CASTILLOS Y PALACIOS:

TRAVESAÑOS DE MADERA EN UN SENTIDO, TABLAS EN EL OTRO SENTIDO Y...



***“...AUMENTAR LAS DISTANCIAS ENTRE LOS MUROS DE CARGA SIN SACRIFICAR LA CAPACIDAD DE RESISTENCIA DE LA CONTRUCCIÓN...” (R. Betancourt R.)***

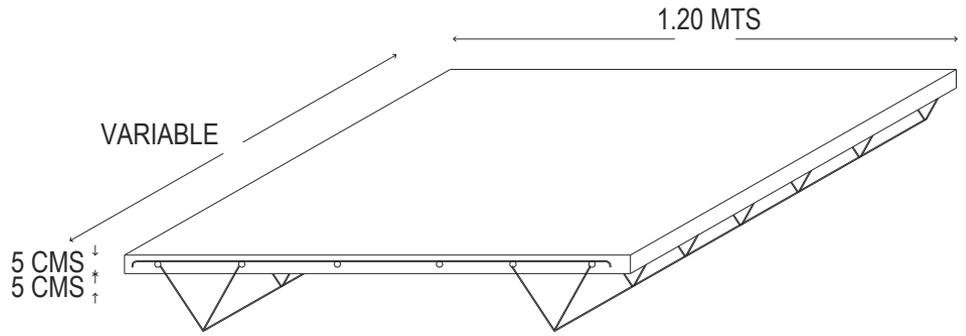


FUNCIÓN

**NERVADURAS, EN UN SENTIDO O EN AMBOS, AUMENTANDO EL CLARO A CUBRIR**

**ALIGERANDO? CASETONES, DIVERSOS MATERIALES**

**TECNOLOGÍA PRETENSADO  
NERVADURAS, NO CIMBRA  
DE CONTACTO, TÈRMICO,  
ACÙSTICO**

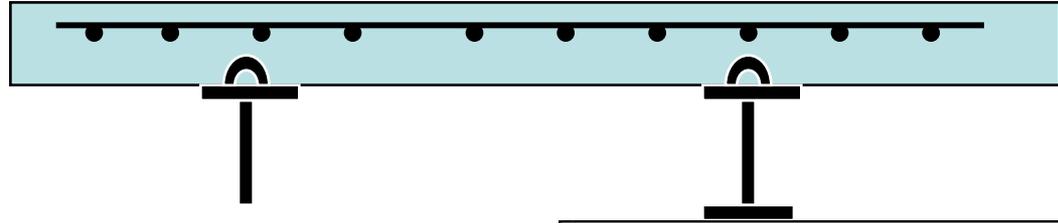


**INGENIO...  
TECNOLOGÍA**

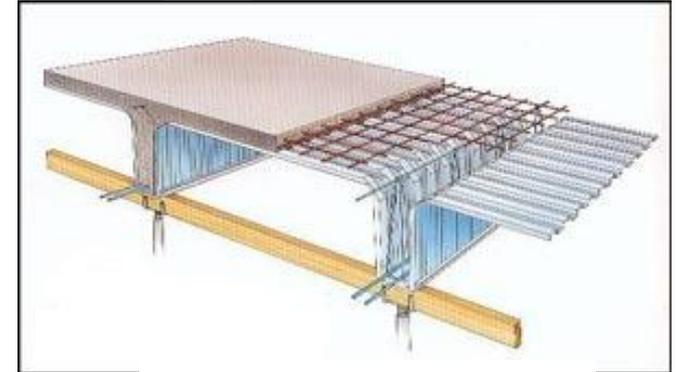
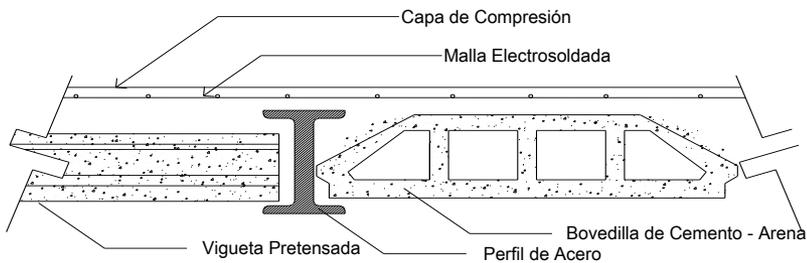
**MATERIALES  
TABLEROS  
COMPLETOS**

**Concepto de Nervadura, Pretensado, Mayores Claros, Mayor Capacidad de Carga**

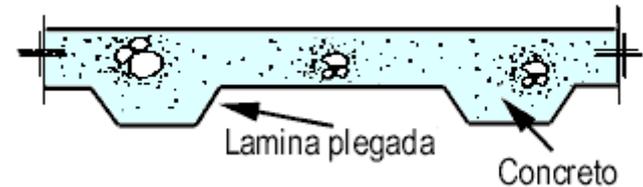
## - LÍNEA CLÁSICA:



Colocación de Vigueta y Bovedilla ahogada en Viga de Acero

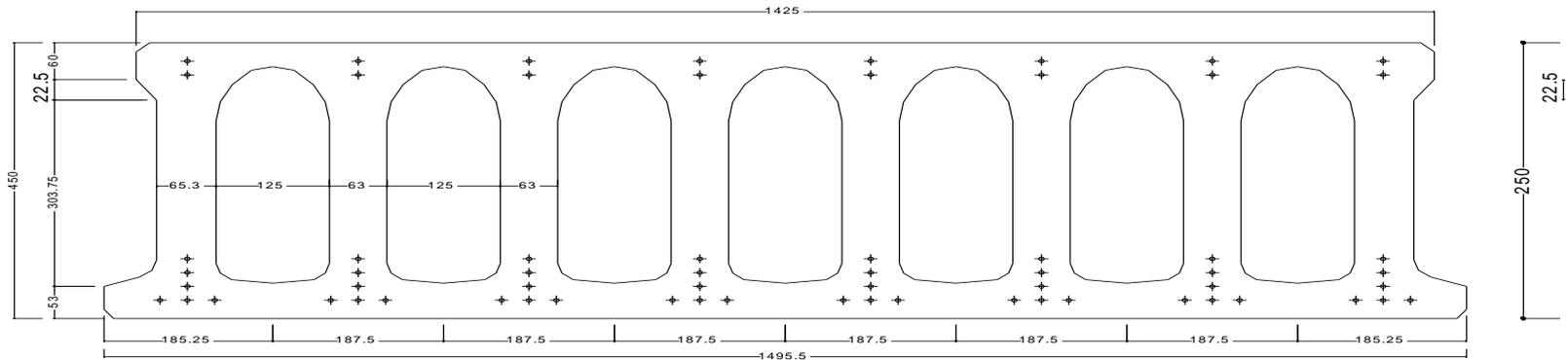


## CHAPA TROQUELADA Y CAPA DE COMPRESIÓN



**APORTACIÓN: HEBERTO CASTILLO: SIST. ESTRUCTURAL DE ENTREPISO TRIDIMENSIONAL MIXTO DE ACERO Y CONCRETO, "TRIDILOSA", VERSATILIDAD:**

**EDIFICIOS, PUENTES VEHICULARES Y PEATONALES, PRESAS HIDRÁULICAS, DOMOS Y COMO ASTILLERO FLOTANTE.**



SECCION DE PLACA HUECA  
ACOTACIONES EN mm

**“...el más internacional de los componentes prefabricados en el campo de la industrialización en la construcción mundial..”**

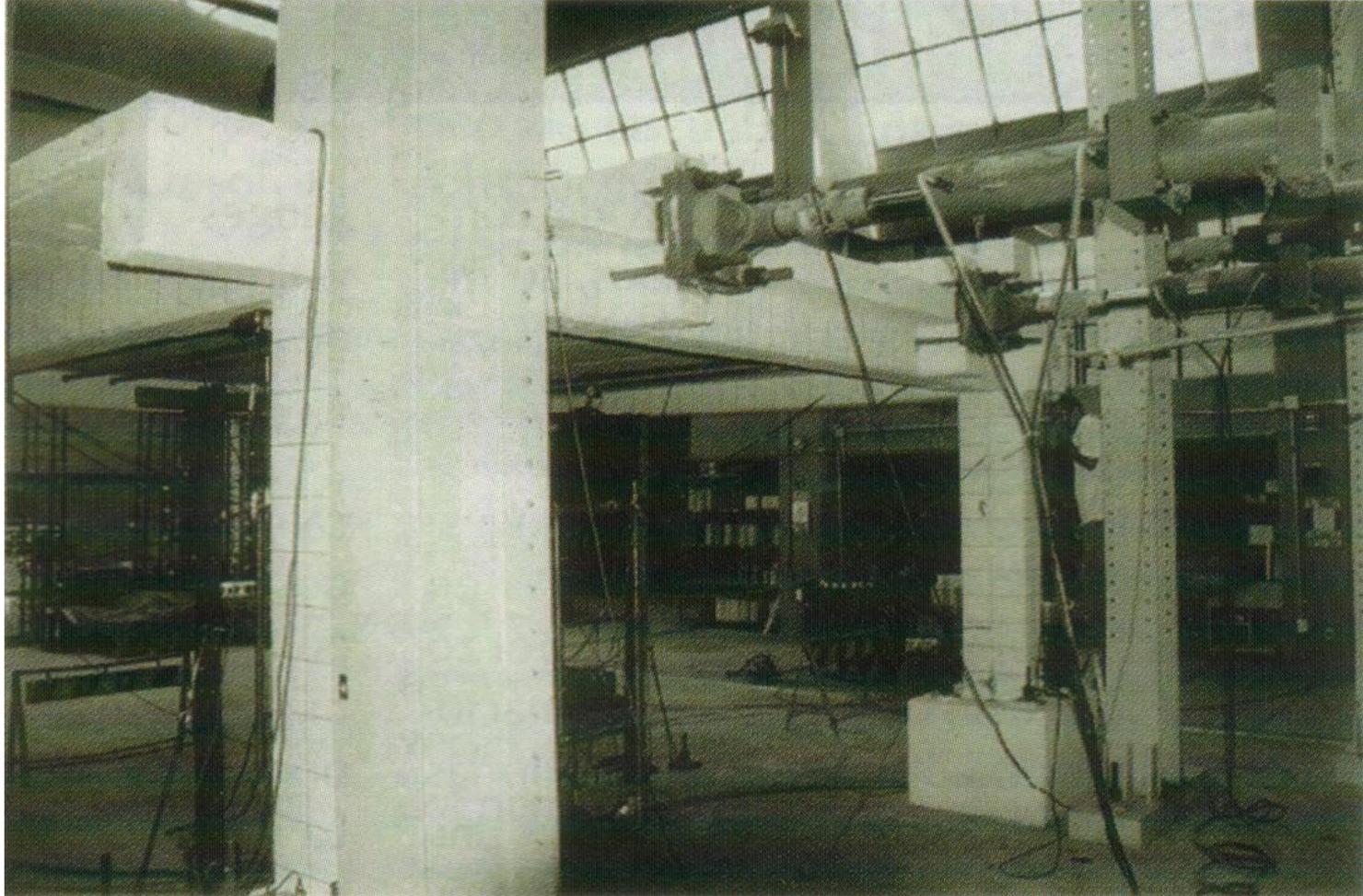
**Razones técnicas,... Económicas, ...Versatilidad...**

**“...elevado módulo elástico (26)**

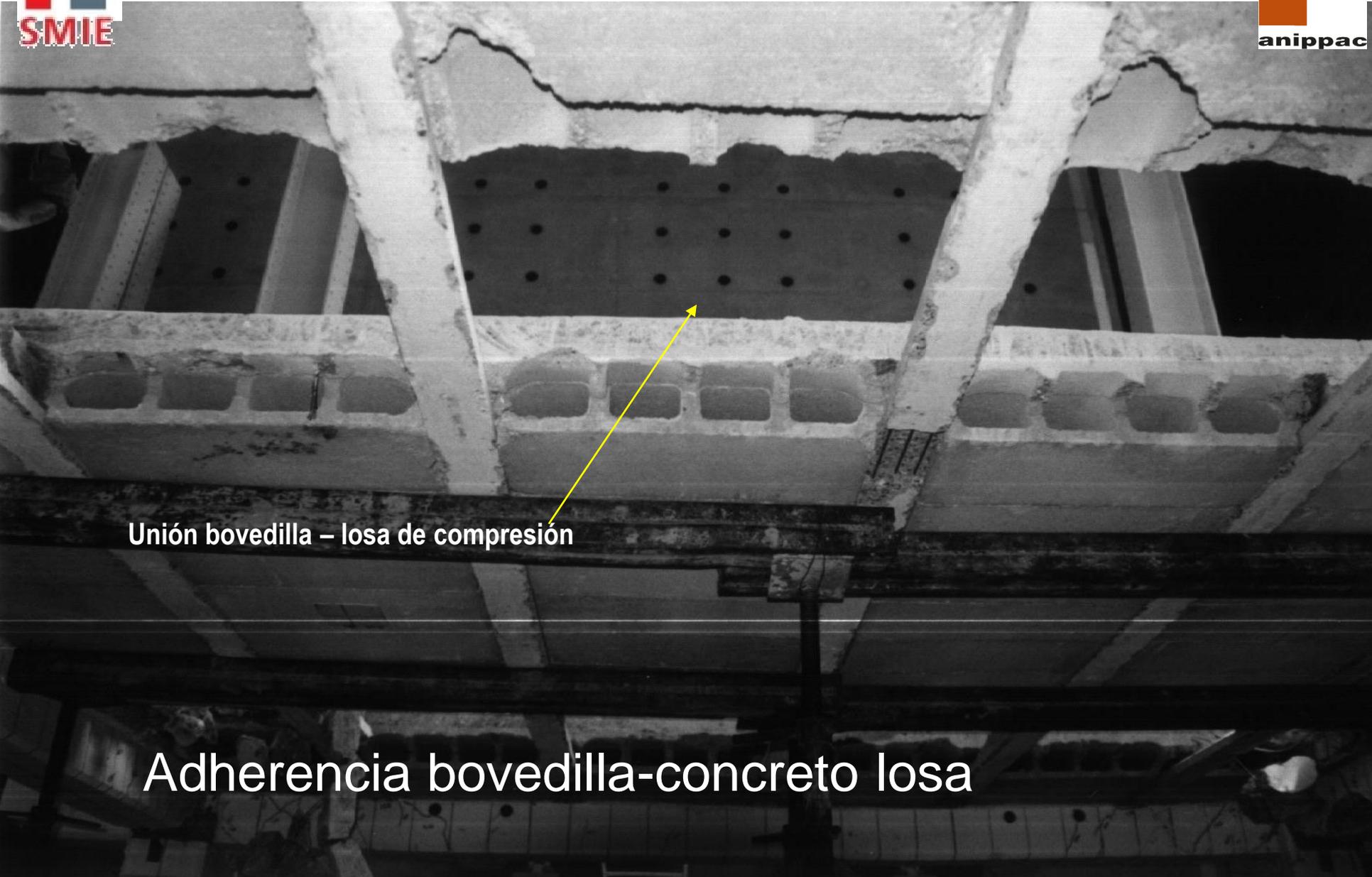
**“...resultan losas muy rígidas con flechas elásticas muy exiguas...”**

## APOYO A INVESTIGACIÓN: MODELOS EXPERIMENTALES

¿costos de  
oportunidad?



Dr. ÒSCAR LÒPEZ BÀTIZ Centro Nacional de Prevención de Desastres  
CENAPRED



Unión bovedilla - losa de compresión

Adherencia bovedilla-concreto losa

# Centro Nacional de Prevención de Desastres CENAPRED.

La Vigüeta y Bovedilla en conjunto forman un Sistema de Losa que sustituye al colado tradicional o “losa maciza”.

Las pruebas de laboratorio realizadas al sistema de vigüeta pretensada y bovedilla de cemento-arena, concluyen:

***“...No se observó inestabilidad ni desprendimiento de las bovedillas, ni deslizamiento de las vigüetas en la zona de apoyo de la viga portante, ante cargas laterales de tipo sísmico hasta un DRE del 3%, siendo el máximo permisible, según Reglamento, de 1.5 - 2.0%...”***

Dr. López Bátiz



# **DISEÑO SÍSMICO DE SISTEMAS DE PISO EN EDIFICIOS PREFABRICADOS DE CONCRETO REFORZADO**

**TESIS: GIULIO ANTONIO LEÓN FLORES 2006**

**Maestría en Estructuras Facultad de Ingeniería UNAM**

**En este estudio se evalúa el comportamiento y diseño sísmico de sistemas de piso en edificios prefabricados de concreto reforzado.**

**Se observa que el firme de concreto puede ser analizado como un panel de concreto sometido a fuerzas de membrana. Dicho procedimiento engloba la determinación de las fuerzas inerciales de piso, transformación de estas fuerzas en acciones internas en el diafragma y suministro del refuerzo requerido.**

El sistema de piso de este edificio se diseña de acuerdo con la práctica mexicana, en la que el refuerzo del sistema de piso consiste solamente en el requerido por temperatura.

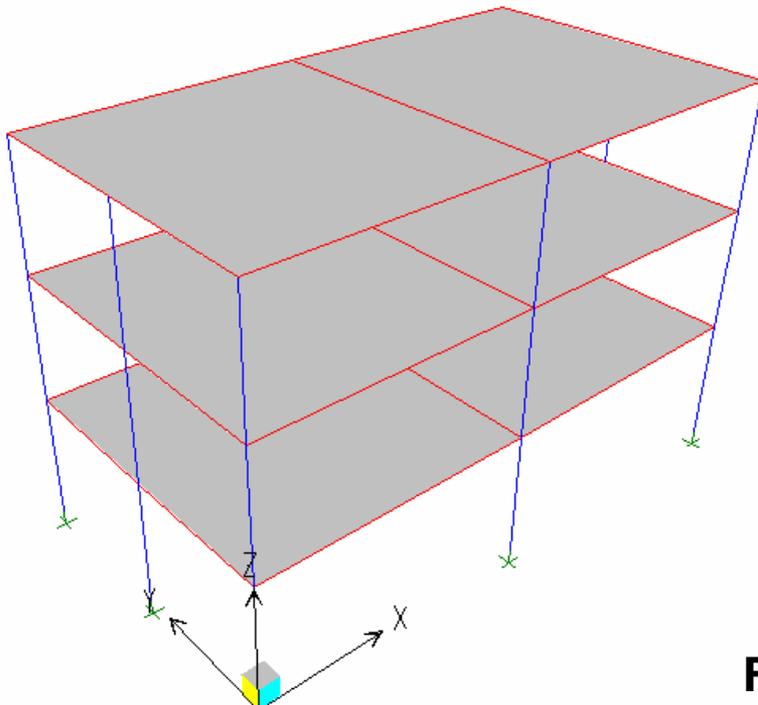


Fig. 5.5. Fuerzas sísmicas de diseño actuantes en el edificio.

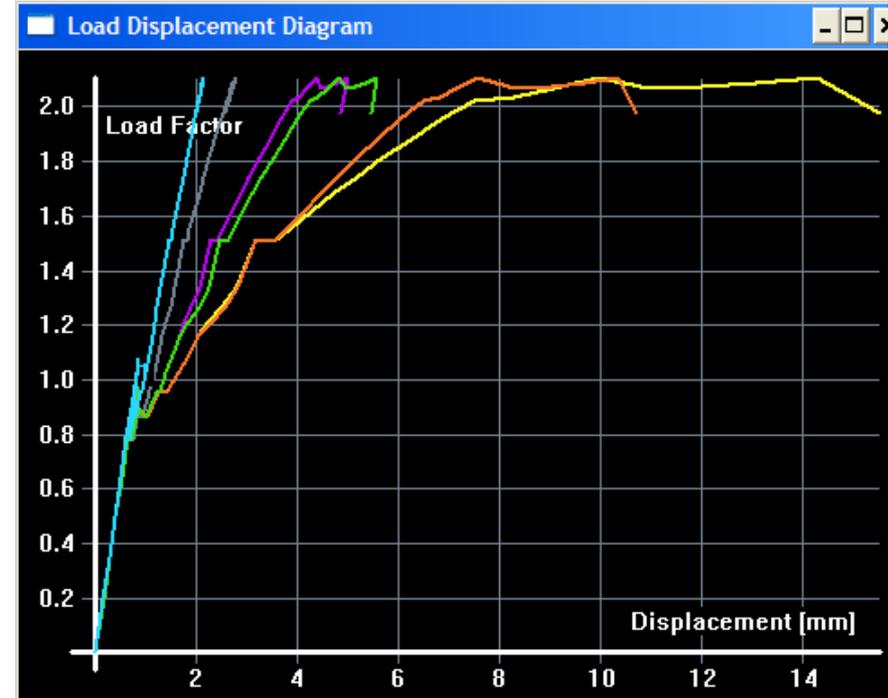
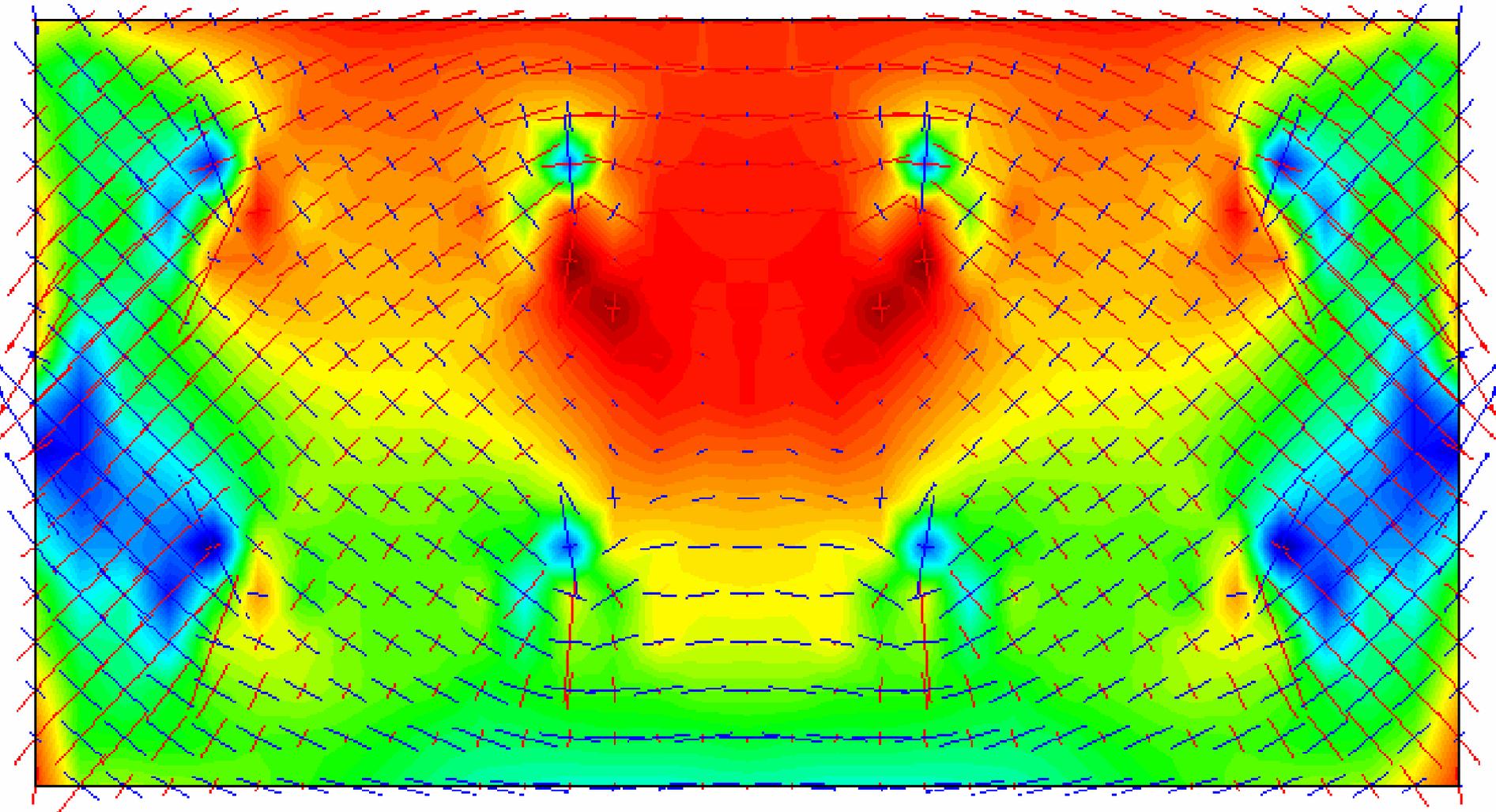


Fig. 4.9. Curva de carga vs. Desplazamientos de los nudos de una estructura modelada en el programa *SPanCAD*.



b) Trayectoria de esfuerzos principales sobre el contorno del esfuerzo principal mínimo,  $\sigma_{ii}$ , mayormente en compresión (negativo), valores en  $\text{kg/cm}^2$  ( $P = 1$ ).

***“Como resultado de este estudio se concluye que los reglamentos de diseño actuales no cuentan con un procedimiento específico, adecuado para el diseño de los sistemas de piso prefabricados.”***

***“Así mismo, la obtención de las fuerzas sísmicas de piso a partir de ellos, puede estar del lado de la inseguridad, como se encontró en la revisión sísmica del edificio estudiado.”***

M en I Giulio Antonio León Flores

**APOYO y DIFUSIÓN:**

**TECNOLOGÍA E INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL  
HECHA EN MÉXICO.**

## HORIZONTE OBLIGADO:

MAYOR EFICIENCIA INGENIERIL CONSIDERANDO  
LAS ESTRUCTURA CON UN ENFOQUE SISTÈMICO,

TEORÌA Y PRAXIS

EQUIPO INTERDISCIPLINARIO,

HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES,

INVESTIGACIÒN EXPERIMENTAL,

POSICIÒN ECLÈCTICA.

KARNAK

TEMPLO DE AMMÒN

SALA HIPÓSTILA 102 m DE ANCHO, Y SUS 134 COLUMNAS DE 23 m DE ALTURA.



VIADUCTO MILLAU



***“...entonces recurrieron a una tècnica semejante a la empleada por los egipcios en la construcción de sus monumentos 4,000 años antes.”***

EDITORIAL Revista SMIE, Num. 6 / 2006



CREATIVIDAD  
INGENIO...  
TECNOLOGÍA

M. en I. JORGE  
SILVA MIDENCES