

**IMERIS Y SU LABORATORIO DE ESTRUCTURAS. FACULTAD DE INGENIERÍA-  
UNC-MENDOZA: OBJETIVOS Y PROYECCIÓN HACIA LA DOCENCIA, LA  
INVESTIGACIÓN Y TODA LA SOCIEDAD.**

Carlos Ricardo Llopiz  
Académico Correspondiente

Keywords: Laboratorio, Ensayos Estructurales, Investigación, Docencia.

**RESUMEN.**

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo, UNC, Mendoza, Argentina, inició en 1999 la construcción de un laboratorio, LEFI, para la realización de ensayos estructurales a gran escala. El proyecto básico consistía de un sistema de Losa de Anclaje-Muro Reactivo. Posteriormente, se incorporaron alrededor del LEFI funciones que complementan a los ensayos estructurales. En el año 2003 se crea el IMERIS, Instituto de Mecánica Estructural y Riesgo Sísmico, del que comienza a formar parte el LEFI, y el edificio del Instituto se amplía hasta alcanzar tres niveles por encima del subsuelo y 3000 m<sup>2</sup> de superficie cubierta. Para acercar a los estudiantes y docentes al laboratorio se incluyó todo un piso dedicado a aulas para ingeniería civil. Para desarrollar investigación se asignaron dos pisos para oficinas que se destinarán a alumnos de posgrado, profesores locales y profesores visitantes.

**ABSTRACT.**

The Faculty of Engineering of the Cuyo National University, Mendoza, Argentina, started in 1999 the construction of a laboratory, LEFI, to carry out large scale experimental testings. Initially, the basic project just included an Anchorage Slab-Reacting Wall System. Later, additional functions were incorporated around the LEFI to complement structural testings. In the 2003 the IMERIS, Structural Mechanics and Seismic Risk Institute, is created, to which the LEFI is incorporated, and the institute building expands to reach three levels above the basement and 3000 m<sup>2</sup> of covered surface. To close up students and teachers to the lab the full first story was assigned as teaching rooms for advanced courses in civil engineering. For research development two stories were assigned to accommodate offices for postgraduate students as well as local and visiting professors.

## 1. INTRODUCCIÓN.

La creación del Instituto de Mecánica Estructural y Riesgo Sísmico, IMERIS, fue aprobada por Resolución N° 170/03 del Consejo Directivo de la FI-UNC, con fecha 27 de diciembre 2003. Para desarrollar las tareas de investigación se elaboró el proyecto de un edificio cuya construcción actual está en etapa de terminaciones y que se espera que esté en pleno funcionamiento para marzo 2006. Desde 1997 cuando se colocó la piedra fundamental del edificio, ver Fig.1, han transcurrido varias etapas para la concreción de este ansiado proyecto las cuales han estado relacionadas con las posibilidades económicas de cada momento.



**Fig. 1. Colocación de la piedra fundamental del LEFI, durante el 3-EIPAC-97, con la presencia de los Prof. Vitelmo. V. Bertero, Eduardo Manfredi, Rodolfo Danesi, Alejandro Giuliano, Francisco Sentinelli (f) y Carlos R. Llopiz.**

El edificio está ubicado en el Centro Universitario de Mendoza, donde se asientan casi todas las Facultades de la UNC que conforman una comunidad universitaria de unos 28.000 alumnos. Dentro del predio, que posee unas 70 Ha, se encuentra la Facultad de Ingeniería con un total de 1.500 alumnos, de los cuales 360 pertenecen a la carrera de Ingeniería Civil, 900 a la carrera de Ingeniería Industrial y 240 a la carrera de Ingeniería de Petróleos.

La Provincia de Mendoza, con un total de 1.600.000 habitantes, y en particular el Gran Mendoza, con una población de 1.020.000 habitantes, se encuentra ubicada en la zona de mayor riesgo sísmico de Argentina. El 20 de marzo de 1861, cuando apenas tenía unos 10.000 habitantes, y casi 300 años después de su fundación, la ciudad capital fue sacudida por un fuerte terremoto. El sismo, que ocurrió a las 20:36 hs, destruyó la ciudad casi en su totalidad y durante el mismo pereció el 50 % de su población. En nuestra provincia existen regulaciones de construcciones resistentes a sismos que se fueron actualizando a partir del año 1923 que es cuando aparecen las primeras disposiciones. Sin embargo, los daños provocados por terremotos en todo el mundo demuestran que el problema de la seguridad de las construcciones está aún lejos de resolverse. Por un lado está la gran incertidumbre con relación a las características del sismo de diseño y por otro falta aún comprender el comportamiento de las estructuras en el rango de deformaciones que el sismo induce, es decir bastante más allá del rango lineal y elástico. Una de las tareas que la sociedad mendocina espera de la Universidad, en particular de la Facultad de Ingeniería, es que se avance en el conocimiento de las técnicas de diseño, análisis y construcción

sismorresistente y que además dichos logros sean transferidos a las empresas y profesionales del medio, con el consecuente beneficio directo para toda la comunidad.

El grado de comprensión del comportamiento de las estructuras ante solicitaciones diversas aumenta considerablemente si existe la posibilidad de llevar a cabo programas de investigación que combinen fases analíticas y experimentales. Estas fases no son independientes sino que deberían retroalimentarse en forma mutua y repetirse varias veces hasta lograr una complementación para poder formular, por ejemplo, modelos de comportamiento simples y representativos. En particular, la respuesta estructural para grandes deformaciones, el estudio de mecanismos de resistencia y modos de falla ante acciones similares a las que podrían inducirse durante la ocurrencia de terremotos, se enriquece notablemente si se llevan a cabo ensayos físicos. El IMERIS se hace eco del postulado “análisis-experimentación-análisis” que nos enseñó el Profesor Vitelmo V. Bertero.

Para cualquier país, por muy avanzado o en vías desarrollo que esté, las consecuencias devastadoras de los fuertes sismos acarrearán situaciones de imprevisibles consecuencias, con lamentables pérdidas de vidas y altísimos daños económicos. Los terremotos de Northridge (1994), Kobe (1995), Taiwan (1999) y Turquía (1999), dan crédito a lo que la tecnología debe, sino evitar, al menos minimizar. Justamente estos grandes desastres naturales han demostrado lo vulnerables que son las edificaciones en cualquier lugar del planeta. Las técnicas de reparación, rehabilitación y/o refuerzo de construcciones existentes tendrán seguramente mayor eficacia, tanto desde el punto de vista de la seguridad como de la economía, cuando las soluciones planteadas estén basadas en estudios analíticos y experimentales.

Con relación al riesgo sísmico en Mendoza, es de destacar que Los niveles de requerimientos de resistencia para este área son similares a los exigidos para las zonas sísmicas más activas de otras regiones del mundo como lo son por ejemplo la mayor parte del territorio de Japón, California en Estados Unidos, la ciudad de México y la zona central de Chile. En particular estas regiones fueron duramente castigadas por los terremotos de Chile del 3 de Marzo de 1985, de México del 19 de Septiembre de 1985, de Northridge del 17 de Enero de 1994 y de Kobe, Japón del 17 de Enero de 1995. Durante la década 1985-1995 se produjeron grandes pérdidas económicas y de vidas a causa de una cantidad importante de movimientos sísmicos. Por ejemplo, las pérdidas en Kobe superaron los 200.000 millones de dólares y el sismo ocasionó más de 5.000 muertos, mientras que durante México-1985 colapsaron o fueron demolidos más de 1.000 edificios en altura, con más de 20.000 víctimas fatales. Esta década de desastres comenzó justamente en Mendoza con el fuerte temblor del 26 de Enero de 1985, ( $M_s = 5.7$ , escala de Richter), con epicentro dentro del Gran Mendoza. En aquella oportunidad fuimos afortunados de que el sismo no tuviera una magnitud similar a algunos de los previamente mencionados, ya que la energía liberada fue unas 180 veces menos que la del terremoto de Cauçete, San Juan, del 23 de Noviembre de 1977, o casi ¡4.000 veces! menos que la energía liberada durante México-1985. El sismo de diseño para Mendoza está calibrado en función del terremoto del 20 de Marzo de 1861 cuya magnitud, se estima, fue similar a la de Cauçete y a la de Kobe ( $M_s = 7.2$ ).

Los países en los que han ocurrido eventos de tal magnitud han comprendido que la implementación de planes de investigación y enseñanza **analítico-experimentales** son fundamentales para poder comprender y hacer frente a las demandas que el sismo impone sobre las construcciones.

Es necesario además el conocimiento geológico y de sismicidad potencial de la zona a los efectos de predecir con cierto nivel de confiabilidad la potencia de los terremotos que se puedan producir. El estudio de los suelos y la correspondiente interacción con la superestructura cuando ésta se ve sometida a cualquier tipo de

cargas también debe formar parte de un plan completo de investigación. Los estudios de vulnerabilidad y posibles refuerzos de construcciones existentes, a la luz de lecciones aprendidas por terremotos pasados, también son áreas que requieren de un fuerte impulso en nuestra región: el stock de construcciones que pueden sufrir daños muy grandes es una amenaza para el desarrollo de la región. Por último, ante las grandes pérdidas económicas que se han producido por los recientes terremotos, existe una tendencia muy marcada en países con alto nivel de desarrollo tecnológico de utilizar sistemas de aislación sísmica y de disipación de energía, por lo que el estudio y aplicación en nuestro medio de dichos sistemas debe incluirse en el corto plazo.

## 2. OBJETIVOS.

Uno de los objetivos principales del IMERIS y su Laboratorio de Estructuras es la realización de investigaciones analítico-experimentales en el campo de la ingeniería estructural, con particular énfasis en construcciones sometidas a terremotos. Estas tareas de investigación se complementan con el apoyo a la docencia, a través del dictado de cursos y la realización de demostraciones didácticas, y con la prestación de servicios al medio profesional. A tal efecto, el proyecto del edificio que contiene al laboratorio de estructuras incluye biblioteca, sala de conferencias y aulas, adicionalmente a las instalaciones necesarias para el diseño, construcción, ensayos.

A modo de resumen, para el IMERIS se plantearon como prioritarios los siguientes objetivos:

- (i) Ser apoyo de las carreras de grado de nuestra Facultad.
- (ii) Gestar, organizar e implementar la Maestría en Ingeniería Estructural (ya en desarrollo, y en etapa de tesis para los primeros alumnos).
- (iii) Elaborar y Desarrollar planes de investigación que den apoyo a la carrera de Doctorado de la Facultad de Ingeniería.
- (iv) Dictar cursos de Posgrado que aporten créditos para el Doctorado en Ingeniería.
- (v) Organizar y dictar cursos de Especialización.
- (vi) Organizar y dictar cursos de Actualización.
- (vii) Organizar Seminarios y Congresos de alcance Nacional e Internacional.
- (viii) Implementar planes de Investigación con Universidades e Institutos Nacionales y Extranjeros.
- (ix) Motivar el intercambio de alumnos, docentes e investigadores entre las Instituciones involucradas en los planes de investigación y docencia. Se incluye la posibilidad de pasantes, lo cual se materializó con dos alumnos de la Universidad de Canterbury, Nueva Zelanda, durante el año 2001, quienes desarrollaron tareas durante tres meses. Ver Fig. 2.
- (x) Prestar Servicios de trabajos Especiales a empresas privadas y estatales.
- (xi) Editar una Revista Técnica.
- (xii) Mantener una interacción continua con los centros de profesionales del medio.



**Fig. 2. Firma del convenio de Cooperación con la Universidad de Canterbury, Christchurch, Nueva Zelanda. Presentes el Jefe de Departamento de Ingeniería Civil, Profesor Andy Buchanan y el Profesor Emeritus Robert Park.**

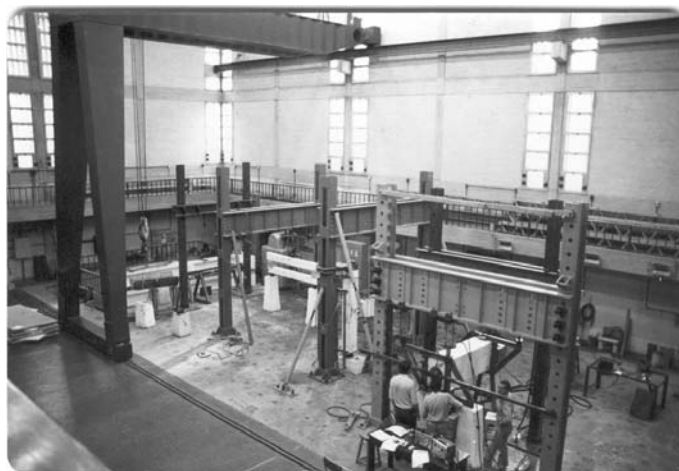
### **3. ESTRUCTURA DEL IMERIS**

En función de lo expresado en la introducción y los objetivos planteados, se determinó que, para sus comienzos, las **principales áreas** de desarrollo, investigación y aplicación del IMERIS serán las siguientes:

1. **Geología y Sismología:** con el estudio de las características sismo tectónicas de la región en cuestión, a través del uso de diferentes metodologías, con identificación de fallas y mapeo de las estructuras geológicas, con el objeto de estimar y clasificar las principales características de los movimientos del suelo pasados y futuros. La potencialidad y grado de destrucción de los terremotos, generalmente expresada a través de su magnitud e intensidad, es de fundamental importancia a los efectos de calibrar las exigencias de código que son de aplicación en las construcciones.
2. **Modelación, Métodos Numéricos y Análisis Estructural:** para formular modelos de comportamiento de las estructuras que puedan predecir su comportamiento a cualquier tipo de excitación, y que sean un fuerte soporte además para la experimentación. El uso de potentes programas computacionales ya existentes en el medio y el desarrollo de propios códigos computacionales dentro del instituto serán la base para el funcionamiento de esta área.
3. **Tecnología de los Materiales:** porque cualquier plan de investigación analítico y experimental debe comenzar con el estudio de los materiales básicos que permitan predecir luego el comportamiento a nivel de sección, de elemento, de componente y de estructura completa. Existe hoy en Mendoza (y es válido para todo el país) un vacío urgente de llenar con relación al estudio de los materiales utilizados ampliamente en el medio, en particular hormigón, acero, ladrillos y madera. Esta es una de las tareas prioritarias que deberá encarar el instituto. Deberán explorarse además nuevos materiales, que tiendan a nuevas propuestas, como el caso de las fibras de carbono. La interacción con la industria es crucial para estos desarrollos.
4. **Ensayos Estructurales:** que permitan la comprensión del fenómeno físico a través de la observación y evaluación de ensayos tanto en escala reducida como en escala natural. Esta área tendrá una fuerte interacción con Tecnología de los Materiales y con Modelación y Análisis. Ningún ensayo estructural por simple que sea debería planearse sin haberse explorado antes los materiales componentes y sin una predicción analítica que permita, por ejemplo, la selección adecuada de los elementos de aplicación de cargas y de medición de respuesta.
5. **Geotecnia:** para poder comprender en forma más racional el comportamiento de las estructuras sobre el suelo en que se apoyan. El estudio de la mecánica de suelos es fundamental pues el sismo introduce las vibraciones a las estructuras a través del suelo que las rodea y la respuesta, y por lo tanto vulnerabilidad de las construcciones, está íntimamente ligada a la interacción suelo-fundaciones y superestructura. Los ingenieros muchas veces hemos tendido a separar en nuestros estudios, sea por ignorancia o por las incertidumbres en la modelación, lo enterrado de lo que sale del suelo, arrastrando en consecuencia el error de la interacción entre los protagonistas involucrados: suelo y construcción.

#### 4. REFERENCIA DE OTROS LABORATORIOS Y CONSULTA A ESPECIALISTAS.

En la propuesta de objetivos y trabajos a desarrollar se han tenido en cuenta las estructuras de trabajo de institutos con reconocido prestigio. Entre los extranjeros podemos mencionar al Earthquake Engineering Research Institute, EERC, de Berkeley, EEUU, y al National Center for Earthquake Engineering Research, NCEER, New York, EEUU. Entre los institutos de mayor trayectoria en nuestro país, y con desarrollos similares a nuestra propuesta están el Instituto de Investigaciones Antisísmicas Aldo Bruschi, de la Universidad Nacional de San Juan, el laboratorio del INPRES y el Laboratorio de Estructuras de la Universidad Nacional de Tucumán, ver Fig. 3. Todas estas instituciones son reconocidas por su trabajo específico y especializado en las áreas de Diseño y Construcción Sismo Resistente.



**Fig. 3. Vista del Laboratorio de Estructuras de la Universidad Nacional de Tucumán. Fue el primer laboratorio visitado dentro del país, y se contó con el apoyo y asesoramiento de su director, el Profesor Rodolfo Danesi.**

Para la concepción del proyecto del laboratorio se hicieron consultas además con especialistas de centros de investigación de Universidades de gran prestigio mundial como lo son las Universidades de California, sedes Berkeley (UCB) y San Diego (UCSD), la Universidad de Canterbury en Nueva Zelanda (UCNZ), el BRI, Building Research Institute de Tsukuba, Japón, y las Universidades de Chile (UCH), la Federico Santa María de Valparaíso (UTFSM) y la Católica de Chile (UCCH).

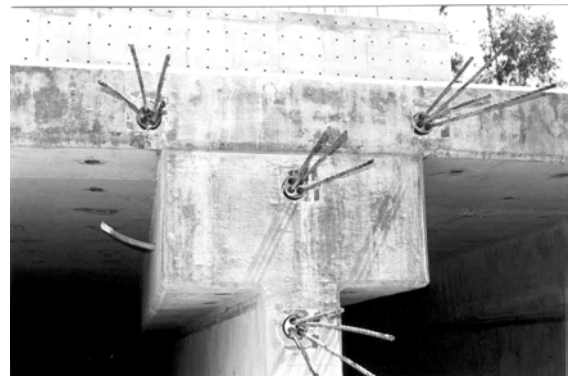
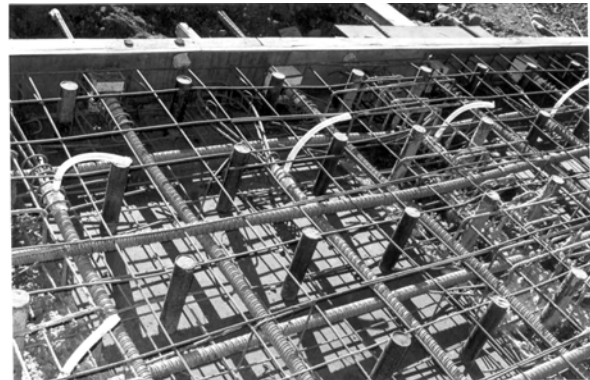
#### 5. EL LABORATORIO DE ESTRUCTURAS. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Para el diseño del laboratorio de estructuras, en cuanto a capacidad experimental, se fijaron los siguientes objetivos:

- (i) Estudio y ensayo de materiales de típica utilización regional, como ladrillo, bloques, hormigón, acero y madera.
- (ii) Análisis del comportamiento de elementos estructurales aislados, vigas, columnas y tabiques, y de sistemas estructurales simples y de sus conexiones, pórticos, tabiques acoplados, sistemas mixtos, sometidos a diversos estados de carga, que simulen en particular la acción sísmica.
- (iii) Construcción y ensayo de edificios de hasta 5 pisos en escala 1:2 (altura máxima 7.50 metros), y con dimensiones en planta de 7.50 m x

7.50 m. A partir de este objetivo, se pueden simular edificios de mayor altura disminuyendo la escala, o bien llegar a edificios en escala natural hasta un máximo de 3 pisos.

Para el sistema Losa-Muro, estructura soporte y reactiva, la condición que controla el diseño es la rigidez. Esta debe ser lo suficientemente grande como para considerar que las deformaciones del sistema muro-losta son por un lado prácticamente despreciables frente a las que se inducirán en los elementos a ensayar, y por otro suficientemente pequeñas como para considerar que responden dentro del rango de comportamiento elástico y sin degradación de rigidez, aun para carga cíclica. En el hormigón armado esta condición es difícil de satisfacer por las características inherentes del material, salvo que se recurra o bien a precompresión o a secciones de hormigón armado convencional muy robustas. La evaluación del costo indicó que era preferible utilizar la primera opción. La resistencia, salvo en zonas muy localizadas, no controlaba el diseño pues las tensiones resultantes estaban bastante por debajo de aquellas que pudieran provocar algún tipo de respuesta no lineal. Debido a los elevados esfuerzos de corte que resultan en los nudos, como el que corresponde a la unión losa-muro, se tuvo particular cuidado en el diseño de dicha región que además resultó confinada por los esfuerzos de precompresión. La Fig. 4 muestra etapas de construcción de la primer fase y detalles de armado.



**Figura 4 - Distintas etapas y detalles durante la construcción de la Losa de Anclaje y del Muro Reactivo. Se utilizó un hormigón H30 y el sistema fue precomprimido para lograr con una solución económica viable gran rigidez.**

La Fig. 5 muestra el sistema de Losa-Muro totalmente concluido, lo que se logró en el año 1999. La losa de anclaje tiene 16.0 m de largo por 13.5 m de ancho y el muro de reacción 8.0 m de altura. La grilla para anclajes de elementos a ensayar y de aplicación de cargas es de 50x50 cm tanto en el muro como en la losa.



**Figura 5 - Fin de construcción para Losa de Anclaje y del Muro Reactivo. Año 1999.**

La estructura Muro-Losa fue modelada en forma completa, tridimensional, con el código computacional SAP 2000, incluyendo elementos de cáscara (shells) para las placas, resortes (springs) para el suelo y de barras (frames) para los nervios de las losas intermedias de los muros. En total el modelo contó con 722 shells, 63 frames y 155 springs, con un total de 3758 grados de libertad. Este modelo es parte de la infraestructura del laboratorio, pues servirá de base para verificar la viabilidad de ensayos que puedan apartarse de ciertas configuraciones y valores de aplicación de cargas que ya fueron analizados y que sirvieron de base para el diseño final. En forma resumida, se puede indicar que las posibilidades de cargas máximas al presente analizadas son las siguientes:

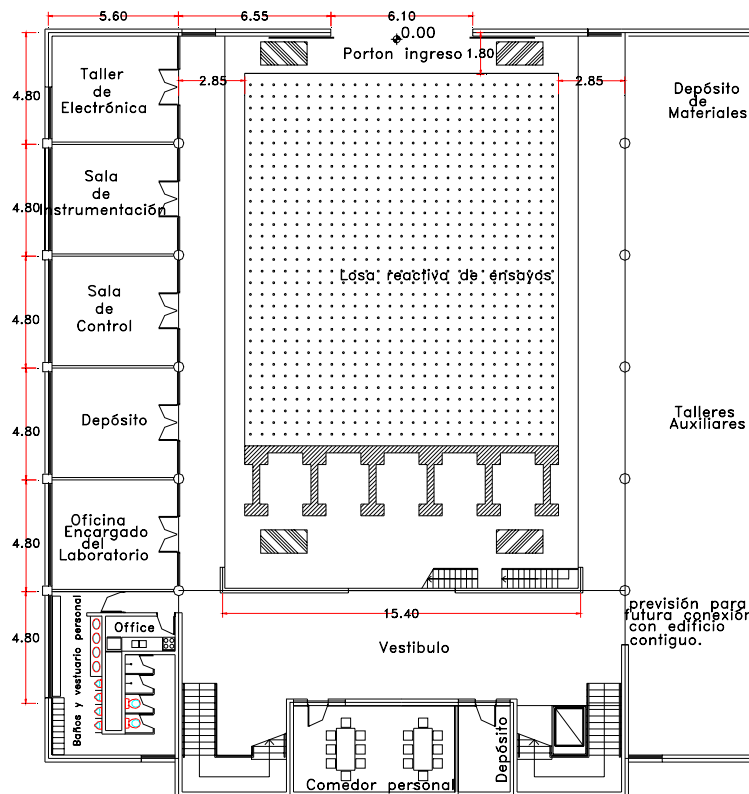
- (i) 2400 KN aplicados en el muro reactivo, dirección horizontal, en cualquier sentido y a una altura de 7.50 metros (última losa de repartición). Esta carga debe aplicarse repartida en 600 KN en correspondencia con cada uno de los cuatro nervios, o bien en los dos nervios centrales a razón de 1200 KN en cada uno.
- (ii) En correspondencia con estas acciones, se generan, por ejemplo, acciones perpendiculares a la plataforma y que pueden ser resistidas por una cupla con brazo de 3.75 metros, formada o bien por cuatro anclajes de 600 KN a cada lado, o bien por dos de 1200 KN, siempre en correspondencia con los cuatro nervios o dos nervios centrales respectivamente.
- (iii) Si por razones de disponibilidad de espacio hubiera que aplicar cargas excéntricas a la altura de 7.50 m, éstas estarían limitadas a 1200 KN y deberían aplicarse en correspondencia con los dos nervios extremos, o bien 600 KN si se utiliza el nervio extremo.

- (iv) Para cargas aisladas en los centros de las placas limitadas por nervios, sea en el muro o en la losa, se admiten 300 KN.
- (v) Cualquiera de estos valores podría aumentarse si se buscaran alternativas adicionales de distribución de los esfuerzos, por ejemplo, colocando vigas metálicas por debajo de las placas para que la región resistente movilizada se incremente.

Para los estados (i) a (iii) el máximo desplazamiento horizontal a la altura de 8.00 metros resultó ser de 2.40 mm, lo cual implica una rotación del orden de 0.0003 (0.03%). Este valor de rigidez resulta bastante satisfactorio, teniendo en cuenta que representa deformaciones para el estado de carga máxima.

## 6. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO DEL IMERIS.

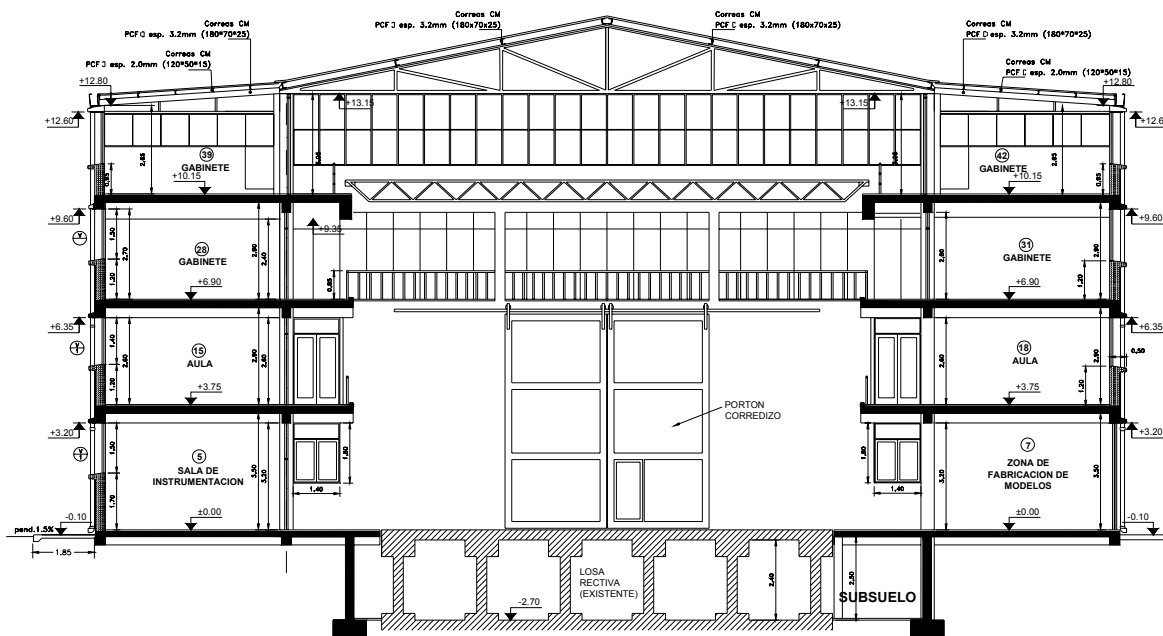
Para poder cumplimentar los objetivos planteados en el punto 2 de este trabajo, se proyectó un edificio, alrededor del sistema Losa-Muro, con una configuración en planta como la que se muestra en la Fig. 6, y con tres pisos por encima del subsuelo, tal cual se aprecia en la Fig. 7.



**Figura 6 - Planta Baja del Edificio del IMERIS.**

Como se aprecia en el corte, y con referencia a la Fig. 5, la losa de anclaje del sistema reactivo queda dentro del subsuelo. Los espesores mínimos de las alas de la viga cajón, piso y techo del subsuelo, poseen 30 cm, mientras que en las zonas anexas a los nervios se aumenta a 80 cm en la parte superior, para permitir sujetar los

elementos a ensayar con mayor rigidez. Los pasillos de acceso del subsuelo tienen altura mínima 2.40m, lo que permite la circulación con amplia comodidad.



**Figura 7 - Corte Transversal del Edificio del IMERIS.**

La Planta Baja del edificio, como muestra la Fig. 6, está dedicada una parte a la zona de fabricación de los elementos estructurales, la zona de ensayo propiamente dicha y otra zona para control y adquisición de datos. Posee además los sanitarios y zona de comedor. Hay una previsión para conexión hacia el Este con un edificio que estará dedicado exclusivamente a Laboratorio de Materiales y de Geotecnia.

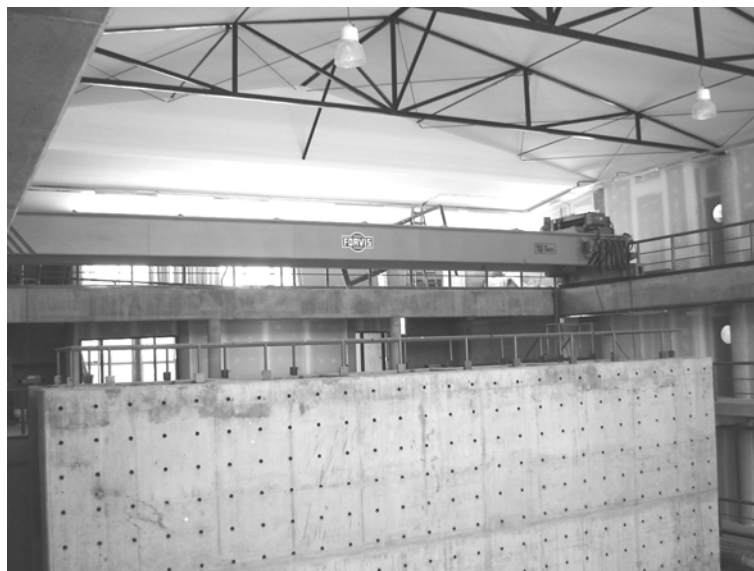
En el Primer piso se ubican aulas de diferentes capacidades para que puedan ser utilizadas en carreras de grado, posgrado, cursos y seminarios. Posee un pasillo alrededor del hall central del edificio para observación de los ensayos. Este nivel además contiene el acceso principal del edificio para el personal del laboratorio, operarios, docentes y alumnos, con la zona de control respectiva, por el lado Sur.

En el Segundo y Tercer pisos se encuentran oficinas para alumnos de posgrado, para profesores, y para cada una de las áreas del IMERIS. En la Fig. 8 se puede apreciar los tres niveles superiores del edificio, que en forma de "U" rodean el hall central. La cubierta del tercer piso es liviana, con chapa de acero sobre estructura metálica. La aislación térmica es con lana de vidrio, bajo la cual se ha colocado un cielloraso de paneles de yeso. Todos los servicios e instalaciones se han dejado a la vista, para dar la imagen de un edificio totalmente industrial, y a la vez que sirva de referencia para que los alumnos puedan apreciar el desarrollo y construcción de las mismas.



**Fig. 8. Vista desde el nivel 0.00 del hall Central.**

Sobre la losa del segundo piso, y como indica la Fig. 7, se ha dispuesto de un puente grúa de 19 metros de luz y 10 ton de capacidad. El mismo se encuentra ya instalado y funcionando, tal cual se muestra en la Fig. 9.



**Fig. 9. Muro de reacción y puente grúa.**

## **7. FUNDAMENTOS DE LA CREACIÓN DEL IMERIS.**

A continuación se dan lineamientos y alcances de actividades que permitan cumplir con los objetivos planteados.

(i) **Apoyo a Carreras de Grado:** El IMERIS debe brindar un soporte continuo y actualizado a las cátedras que conforman las carreras de grado de la Facultad. Es importante motivar la presencia y participación de los estudiantes en los proyectos de investigación. Por un lado se brindará la oportunidad al estudiante de que tome contacto directo con tareas que debe desarrollar en su futuro como profesional o investigador. Por otro lado, la participación organizada y sistemática de los estudiantes aportará parte del recurso humano que necesitará el IMERIS para su funcionamiento. Así se llevan a cabo planes de investigación a largo alcance en las Universidades

antes mencionadas. En la carrera de grado de Ingeniería Civil, por ejemplo, se podría coordinar con las siguientes materias un importante apoyo por parte del IMERIS: Introducción a la Ingeniería Civil, Estabilidades I y II, Materiales de Construcción, Tecnología del Hormigón, Hormigón I y II, Ingeniería Sismo Resistente, Construcciones Metálicas y de Madera y Diseño Estructural.

Un claro ejemplo del beneficio que recibirán los estudiantes está en la comprensión del comportamiento de los materiales básicos utilizados en las construcciones de nuestro medio: mampostería, hormigón, acero y madera. El alumno tendrá la oportunidad de, por ejemplo, dosificar un hormigón a partir de sus componentes básicos, elaborarlo con sus propias manos, verificar su calidad con ensayos sobre la mezcla, fabricar las probetas para ensayos de resistencia en función de la edad del hormigón, y evaluar las características del material resultante por él mismo diseñado, fabricado y ensayado. Hoy, en nuestro medio, el hormigón armado es el material más utilizado y sin embargo las incertidumbres sobre la calidad del mismo y su efecto sobre el comportamiento de las construcciones son muy grandes. En países como EEUU, Japón y Nueva Zelanda, el conocimiento del material hormigón y su combinación con el acero para conformar el hormigón armado confinado ha sido prioridad en los planes de investigación. Tanto para la investigación como para la docencia, el conocimiento de los materiales representa el punto de partida. Otros materiales que deberían ser motivo de estudios rigurosos, con proyección de resultados a las cátedras respectivas, son la madera, la mampostería y el acero.

Otro claro y necesario aporte del IMERIS está en brindar la posibilidad de que los estudiantes puedan participar en el diseño, análisis, construcción y ensayo de elementos y componentes estructurales simples. Tal es el caso de vigas, columnas, losas, uniones viga-losa-columna, tabiques aislados y acoplados, pórticos, etc. A partir de este trabajo, los alumnos en grupo, tendrían la oportunidad de evaluar sus propios diseños tanto desde el punto de vista constructivo como el de su respuesta hasta la rotura, y sugerir, por ejemplo, detalles para mejor comportamiento ante los diversos estados límites. Estos trabajos, que por sus características pueden tener su génesis en primeros años de la carrera, permiten observar en cierta escala un proceso completo que va desde el diseño, análisis (estructural, funcional y económico), ensayo, verificación y elaboración de conclusiones y recomendaciones.

En la Fig. 10 se ve un grupo de vigas de hormigón armado, de sección rectangular algunas y sección T otras, que fueron construidas y ensayadas por alumnos durante el año 2005. En escala 1:3 fueron construidas con aceros ADN-420, y ensayadas con cargas en los tercios. Los alumnos hicieron predicción de cargas y deformaciones desde el inicio de ensayo hasta la rotura.



**Fig. 10. Vigas construidas y ensayadas por alumnos en hormigón I.**

Otro apoyo importante del IME puede ser el de trabajar con las cátedras con programas computacionales que permitan una enseñanza más ágil y de acuerdo al estado del arte en otras partes del mundo. Los fenómenos de globalización e integración a nivel mundial exigen hoy estar en un continuo conocimiento del estado del arte para que la brecha entre éste y el estado de la práctica no se acreciente de forma tal que nuestros profesionales tengan problemas para insertarse en diversos ámbitos de trabajo.

Además, es importante que la Facultad de Ingeniería cuente con carreras de grado cuyo nivel de docencia e investigación pueda atraer a alumnos, docentes e investigadores de otras Universidades del país y extranjero con las cuales se puedan plantear convenios de diversos alcances, tal cual se expresará más adelante. La Facultad de Ingeniería de la UNC está dando pasos concretos para la interacción con otros centros de altos estudios.

(ii) **Maestría en Ingeniería Estructural:** otro de los objetivos inmediatos que cumplió el IMERIS fue el de elaborar y presentar a las autoridades de la Facultad de Ingeniería una propuesta para la implementación de la Maestría en Ingeniería Estructural.

Para la creación de la Maestría fue importante el trabajo que en conjunto se está desarrollando con el Laboratorio de Estructuras de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), a cargo del Doctor Rodolfo Danesi, quien es el Director del Magister en Ingeniería Estructural en dicha institución, la que está calificada con el máximo grado posible por la CONEAU (Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria). Es importante destacar que sin un fuerte apoyo económico es prácticamente imposible llevar a cabo carreras de posgrado, por lo que la calificación por parte de la CONEAU es de trascendental importancia para acceder a becas y subsidios que permitan la financiación de los postulantes a maestrías y doctorados.

Otra institución con la cual se está en estrecho contacto es la UCCH. En particular el Prof. Carl Lüders, docente e investigador de dicha universidad fue uno de nuestros asesores externos para el diseño del LEFI. Es importante destacar que en la mayoría de las universidades de prestigio antes mencionadas la implementación de las maestrías es la base para las carreras de Doctorado. En todos los casos (salvo raras excepciones que tiene que ver con los antecedentes del postulante) no es posible acceder al Doctorado sin previo paso por la Maestría.

(iii) **Planes de Investigación para Doctorado:** para poder llevar a cabo un doctorado se necesita desarrollar un plan de investigación completo que pueda ser concluido dentro de los 3 o 4 años con una tesis que contenga un aporte original al tema en estudio. Esto presupone contar con un importante soporte económico para que el doctorando pueda, en condición de dedicación completa, desarrollar con éxito su trabajo en el tiempo estipulado. Tanto los cursos de posgrado como el plan de investigación a desarrollar deben contar con lineamientos claros desde su comienzo para que el tiempo y el dinero invertido sean aprovechados al máximo.

Existe en la actualidad un amplio espectro de planes de investigación que nuestro medio requiere y que dentro del IMERIS se podrían implementar. Entre ellos se pueden mencionar los relacionados con los materiales básicos utilizados en nuestras construcciones y que como se expresó anteriormente, son estudios reclamados por numerosos profesionales y empresas del medio. Tal cual se han desarrollado en países de avanzada, es en el ámbito de la Universidad donde tales estudios se pueden desarrollar en forma sistemática y completa. No existen a la fecha trabajos profundos relacionados con las características mecánicas que, desde el punto de vista del diseño sismo resistente, poseen el hormigón, el acero, el hormigón armado, la madera y la mampostería en sus diversas formas: ladrillos huecos, ladrillos macizos y bloques de hormigón. Estas investigaciones podrían ser financiadas en su mayor parte por los mismo fabricantes de los productos (caso del cemento, aceros, bloques de hormigón, ladrillos cerámicos, etc.) y por las empresas interesadas en su aplicación en las óptimas condiciones, es decir las más favorables desde el punto de vista de la seguridad y la economía. Los sistemas constructivos no tradicionales son también una importante fuente de investigación y desarrollo que se puede utilizar para desarrollar tesis de doctorados. Si se les presenta un plan de investigación con alcances y aplicaciones bien definidas, las empresas interesadas estarían motivadas para aportar fondos para tales desarrollos. El hecho de que el sistema constructivo sea diseñado y/o ensayado dentro del ámbito de la Universidad crea un incentivo más para las empresas pues el sistema será conocido y su aplicación difundida dentro del ámbito donde se están formando los futuros profesionales. La difusión de los conocimientos adquiridos y desarrollos logrados es otra de las motivaciones que las empresas buscan, en particular que dicha difusión sea lo más amplia y de la mayor calidad posible.



**Fig. 11. Construcción de un Pórtico de hormigón armado para ensayo a cargas horizontales. Se observa la grilla de 50x50cm para anclaje de las bases de las columnas en la losa .**

Otro de los planes de investigación que contaría con un número importante de doctorandos interesados es el relacionado con los sistemas constructivos tradicionales: pórticos, ver Fig. 11, tabiques y estructuras mixtas de hormigón, acero y mampostería. Tampoco en este campo se han logrado avances importantes en nuestro medio. Generalmente, para la redacción de las normas antisísmicas, se toman como base las normas y los resultados de investigación desarrollados en EEUU, Japón, Europa y Nueva Zelanda (caso de las normas ACI, CEN, NZS, DIN, etc.). Creemos que nosotros debemos contar con tecnología para no seguir dependiendo de códigos y prácticas extranjeras, aunque las mismas puedan ser usadas de referencia.

(iv) **Cursos de posgrado para Doctorados:** además del desarrollo de la tesis, el doctorado necesita del apoyo de cursos especiales. El IMERIS debe colaborar con la Comisión Académica para el Doctorado en la implementación de cursos que estén asociados a las tareas específicas que desarrolla y que se puedan complementar con los cursos de doctorado que actualmente se dictan en la Facultad de Ingeniería. Algunos de los cursos que se pueden implementar en la actualidad son los asociados a diseño y construcción sísmo resistente de estructuras de hormigón armado, de acero y mampostería, y los de modelación y análisis lineal y no lineal de estructuras.

Las vinculaciones con las universidades nacionales y extranjeras antes mencionadas permitirán además incorporar cursos especiales a ser dictados por profesores de reconocida trayectoria.

(v) **Cursos de Especialización:** en muchos casos a los profesionales y recién egresados en particular, les interesa tomar un número limitado de cursos de posgrado, que al final de los mismos y con la correspondiente aprobación puedan contar con un título que los acredite como especialistas. Este tipo de cursos ya se están dictando en la Facultad de Ingeniería y han contado con una importante respuesta del medio la cual se incrementará si se posee el apoyo de los laboratorios de materiales y estructuras.

(vi) **Cursos de Actualización:** a un número importante de profesionales les interesa tomar cursos de relativa corta duración (3 a 6 semanas), que se llevan a cabo en horarios especiales que no afectan prácticamente sus actividades principales. Estos

cursos se refieren a temas puntuales, que en general no requieren aprobación y es suficiente con la extensión de certificados de asistencia. Pueden dictarse en forma aislada o ser un grupo de cursos que deben estar bien coordinados y permitir una gran flexibilidad para facilitar la concurrencia de los profesionales. Dentro de este grupo se pueden citar por ejemplo cursos relacionados con nuevas disposiciones reglamentarias, cursos de control de calidad, cursos de manejo de cierto software, cursos de conocimiento práctico de materiales, comportamiento de sistemas constructivos tradicionales y no tradicionales, nuevos métodos de diseño, nuevas normas, etc. En general, los contenidos y desarrollos de estos cursos debe ser tal que el profesional al término del mismo perciba que, sin la necesidad de una mayor dedicación, ha podido cumplir con los objetivos y que posee una aplicación inmediata en su práctica profesional. El cambio de normas tanto para estructuras metálicas como de hormigón armado, desde las DIN hacia el ASCI-LRFD y al ACI-318, respectivamente, demandarán hacia la comunidad profesional una serie de cursos que pueden ser desarrollados dentro del IMERIS, con el atractivo de ser del tipo teórico-práctico-experimental.

(vii) **Organización de Seminarios, Conferencias y Jornadas:** la Facultad de Ingeniería ya ha organizado y desarrollado en el área de Ingeniería Sismo Resistente varios seminarios internacionales con reconocido éxito en el medio. Los EIPAC (Encuentros de Investigadores y Profesionales Argentinos de la Construcción) en sus ediciones 1992, 1994, 1997, 1999, 2000 y 2003 han marcado una tendencia que es importante continuar y mejorar. Estos eventos han servido de marco adecuado para el encuentro de profesionales, docentes, investigadores y alumnos de nuestro medio, nacionales y extranjeros y un foro de discusión de alto nivel por la categoría de los disertantes. Importantes empresas e instituciones han estado presentes en estos seminarios. Entre las empresas se puede mencionar a CORCEMAR, MINETTI, GIRO S.A., IMPSA, ACINDAR, CIMALCO, HORMISUELO, etc., que no solamente han aportado dinero para su realización sino también se han mostrado interesados por las actividades de la Facultad. La Cámara Argentina de la Construcción, el Instituto del Cemento Portland, el Consejo Profesional y el Centro de Ingenieros se encuentran entre las instituciones que han visto con agrado y han cooperado en la realización del los EIPAC.

Es fundamental también aprovechar la presencia de tan distinguidos investigadores para que puedan aportar sus conocimientos y experiencias al IMERIS. En particular, la posible programación de ensayos estructurales durante el EIPAC daría otra motivación tanto para el disertante como para los que participan. Se podría en estos casos solicitar la permanencia del investigador y en ese caso se está en mejores condiciones para poder plantear programas de cooperación e investigación en conjunto. Es de hacer notar que los cinco disertantes principales de los EIPAC, Profesores Robert Park en 1992, Nigel Priestley en 1994 y 2003, Vitelmo V. Bertero en 1997, Tom Paulay en 1999 y Michele Calvi en el 2000, han sido consultados desde el inicio del desarrollo del proyecto del Laboratorio de Estructuras por lo que se dan condiciones ideales para formular proyectos en conjunto.

El último evento organizado por el IMERIS fueron las XXXI Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, que tuvieron lugar en la ciudad de Mendoza en mayo 2004. Concurrieron más de 400 personas de toda Latinoamérica, e incluso investigadores de EEUU y Londres. En este evento por su gran trayectoria y contribuciones en Ingeniería fue distinguido el Ingeniero Arturo J. Bignoli, actual presidente de la Academia Nacional de Ingeniería.

(viii) **Planes de Investigación Conjunto con otras Instituciones:** para lograr un desarrollo rápido y efectivo, de acuerdo a estos tiempos, es importante que el IMERIS

instrumente planes de investigación analíticos y experimentales con otras instituciones a los efectos de:

- aprovechar los desarrollos logrados ya en esas instituciones y utilizarlas para consulta y mejoramiento.
- contar con el aval y apoyo de las mismas para casos de investigaciones de cierta complejidad.
- lograr una rápida repercusión de los resultados de investigación tanto a nivel nacional como internacional.
- ahorrar recursos en planes de investigación complejos o que requieran gran cantidad de ensayos, coordinando los trabajos y complementándose en los resultados. Estos planes cooperativos de investigación están hoy muy difundidos, y además son muchas veces impuestos como condición para lograr el financiamiento.
- motivar el intercambio de investigadores, docentes y alumnos entre las instituciones involucradas.
- publicación de los resultados que se logren en nuestro laboratorio en las revistas especializadas de las otras instituciones.
- obtener por convenios con las otras instituciones que estén más avanzadas equipamiento de instrumental, de aplicación de cargas, de medición, software y bibliografía.
- dar la oportunidad para que docentes, investigadores, alumnos y profesionales puedan observar y participar en trabajos llevados a cabo con metodologías, tanto de investigación como de enseñanza, diferentes a las que utilizamos en nuestro medio.

(ix) **Intercambio de Alumnos, Docentes e Investigadores:** este es un punto que se ha mencionado en varias oportunidades anteriormente pero que consideramos que es oportuno nuevamente enfatizar. Vivimos en una época de cambios muy rápidos, donde las relaciones entre las Provincias, Regiones, Países y Continentes son cada vez más intensas. Nuestra Facultad no puede quedar ajena a este hecho más aún cuando existe una tendencia actual que es la de formar profesionales que se puedan adaptar rápidamente a los cambios que a diario se producen. De hecho la Facultad de Ingeniería ya ha dado pasos en concreto en tal sentido.

El trabajar en forma conjunta dentro de nuestro Instituto con expertos extranjeros y en otras instituciones extranjeras bajo condiciones de vida y desarrollo diferentes, será una gran enseñanza no solamente desde el punto de vista técnico y científico sino también abarcando otros aspectos del ser humano.

(x) **Prestar Servicios Especializados:** este punto es de trascendental importancia para el funcionamiento del IMERIS, pues debe representar una de las principales fuentes de autofinanciamiento del Instituto.

Existen numerosas actividades especiales que, por diversas razones, no pueden ser cubiertas por la profesión, por instituciones del gobierno o por empresas privadas. Entre los servicios que se podrían implementar se mencionan:

- elaborar e implementar planes de control de calidad de las construcciones, sea de los materiales como de la seguridad estructural en su conjunto.
- optimización de dosificaciones de hormigón
- verificación de la variación de las características mecánicas de los materiales en función de productos especiales que se le incorporan.
- estudios de actualización y verificación de las normas sismo resistentes de aplicación en nuestro medio.

- estudio y verificación de normas de aplicación en otras partes del país y del extranjero.
- estudio, verificación y desarrollo de sistemas constructivos no tradicionales.
- estudios de riesgo sísmico, niveles de diseño y verificación de estructuras especiales.
- verificación experimental de técnicas de refuerzo de estructuras y nuevas propuestas.
- Estudios de vulnerabilidad de las construcciones.
- Apoyo al manejo de la emergencia sísmica.

Para la construcción del laboratorio de estructuras en su primer fase se motivó y logró el apoyo de empresas como Corcemar y Acindar que contribuyeron a la materialización del proyecto a cambio de servicios por parte de la Facultad.

(xi) **Editar una Revista Técnica:** es importante contar con una publicación en castellano de prestigio internacional que permita la difusión de los trabajos de investigación realizados dentro del IMERIS. La publicación propuesta, dirigida tanto al medio científico como al profesional, podrían editarse en forma conjunta con otras universidades latinoamericanas de reconocido prestigio para aunar esfuerzos y lograr una mayor difusión internacional.

Se motivará a la publicación por parte de nuestros investigadores y ello redundará en un beneficio para la Facultad pues las publicaciones son una de las variables que se utilizan para la categorización de la institución. El IMERIS contará además con un apoyo de bibliografía y publicaciones en general, que atraiga a alumnos, docentes y profesionales. En relación a este punto es importante destacar que ya se cuenta con un importante número de libros, revistas y publicaciones que fueron cedidas por el EERC de Berkeley con el propósito mencionado.

## 8. CONCLUSIONES.

Se han presentado los fundamentos y objetivos que dieron lugar a la creación del IMERIS, a partir de la concreción de su laboratorio de estructuras. Se han presentado además las características y potencialidades de las instalaciones, como así también las etapas de construcción. La obra está ya muy avanzada y se espera que para principios del 2006 el Instituto y su laboratorio estén en funcionamiento. De hecho, algunos ensayos menores ya se han materializado. El rol que debe cumplir en docencia, investigación y transferencia de tecnología es un desafío y una responsabilidad que nos compete, en primer término, a quienes con mucho entusiasmo hemos participado de tan preciado y anhelado proyecto. Esperamos desde ya la participación y cooperación de todos a quienes estas instalaciones puedan beneficiar.

## 9. AGRADECIMIENTOS.

La concreción de un proyecto de tanta envergadura y trascendencia sólo es posible llevarla a cabo con el esfuerzo constante de un equipo de trabajo y el apoyo de las autoridades universitarias. Debo agradecer en primer término al Dr. Francisco Javier Crisafulli por su dedicación sin límites desde el mismo inicio del proyecto. Además, al Ingeniero Tomás Anibal Montes (f), quien era decano de la FI cuando se inició el proyecto y le dio un gran impulso a la idea. Al actual decano, Ingeniero Eduardo Manfredi por el constante apoyo que dio desde el comienzo de los trabajos de diseño y obra. A los investigadores nacionales, en particular al Dr. Rodolfo Danesi, y de otros países que dedicaron parte de su valioso tiempo a las numerosas consultas que les hicimos. A muchos docentes e investigadores de la FI que también

contribuyeron con tiempo e ideas en varias fases del proyecto. La motivación por parte de los profesionales y empresas del medio fueron y son también muy importantes. A las empresas Corcemar-Minetti y Acindar por donar una importante cantidad de materiales durante la primer fase. A los varios alumnos que en calidad de pasantes participaron también en forma entusiasta en la preparación de documentación y control de obra. Por último, y no menos importante, a todos quienes nos han apoyado y lo siguen haciendo pensando que este proyecto nos pertenece a todos y seguramente va a tener un gran impacto positivo en la docencia, investigación y transferencia para toda la comunidad.