

CIVILES Y MECÁNICAS
AGOSTO #1
UNNOBA 2016
ISSN 2469-1771

MATERIALES &
CONSTRUCCIONES

MC

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO DEL EDIFICIO FERROMED

GOBIERNO LOCAL DE JUNÍN. POLÍTICAS PARA EL DESARROLLO URBANO E INTEGRACIÓN BARRIAL

EL PANDEO DE BARRAS COMPRIMIDAS DE EJE RECTO. SOLUCIÓN SIMPLIFICADA PARA CIERTOS CASOS PRÁCTICOS

El área editorial y de diseño de la Unnoba, tiene como objetivo: contribuir por un lado al mejoramiento de la comunicación interna de la Universidad, y por otro al aporte de las estrategias de vinculación con la comunidad local/regional/nacional e internacional, desde una propuesta de identificación integradora y regional. En estos últimos años ha desarrollado su actividad en el área editorial conformando dos colecciones. La primera, dirigida principalmente al lector académico y/o especializado que abarca 3 áreas: “Docencia”, “Separata”, “Investigación”; y una segunda colección más abarcativa, orientada al público en general denominada: “Testimonios”. Este Centro completa su catálogo con dos publicaciones periódicas, la Revista Núcleos de divulgación científica, dirigida por el Dr. Angel Plastino y la Revista M&C orientada al análisis de los materiales y construcción, dirigida por el Ing. Luis Lima.

Colección **Docencia | Separata**



Colección **Investigación**



Colección **Testimonios**



Revista **Núcleos**



Revista **M&C**



AUTORIDADES ACADÉMICAS

Rector: *Dr. Guillermo R. Tamarit*

Vicerrectora: *Mg. Danya V. Tavela*

Secretaria Académica: *Abog. Ma. Florencia Castro*

Secretaria de Investigación, Desarrollo y Transferencia: *Mg. Silvina Sansarricq*

Secretario de Extensión Universitaria: *Lic. Juan P. Itoiz*

Secretario General: *Abog. Diego J. Batalla*

Secretaria de Asuntos Económico-Financieros: *Cdora. Mariela E. García*

Secretaria de Cultura: *Lic. Laura Durán*

Directora Centro de Edición y Diseño: *Mg. Ma. de las Mercedes Filpe*

Guardasellos: *Ing. Luis J. Lima*

DIRECTOR DE LA REVISTA

Ing. Luis J. Lima

SUMARIO

Análisis de la estructura de hormigón armado del edificio Ferromed	7
Análisis macrográfico de diferentes pruebas de soldaduras realizadas a tubos conformados para usos estructurales (Etapa I)	11
CPC3 Preparación y curado de probetas de hormigón	15
BM1 Terminología de ligantes hidrocarbonados	17
INTI-CIRSOC	19
Gobierno local de Junín. Políticas para el desarrollo urbano e integración barrial	22
Proyecto Interinstitucional: caracterización tecnológica de la madera de <i>populus deltoides</i> "australiano 129/60" cultivado en el Delta del Río Paraná	29
Línea de investigación en el área de la ingeniería mecánica. Programa de investigación: "Desarrollo de materiales para implantes quirúrgicos"	34
El pandeo de barras comprimidas de eje recto. Solución simplificada para ciertos casos prácticos	36
Denominación de la tarea de PPS: diseño industrial de la nueva planta Perkusic Hnos.	42
Denominación de la tarea de PPS: diseño y armado de un auto de competición	46
Atlas de detalles constructivos. Rehabilitación	48

EDITA

 CEDI Centro de Edición y Diseño. UNNOBA

Callao 289 - 3.º piso, CP. 1022
Tel. 54 11 53531520
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Argentina

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

CEDI Centro de Edición y Diseño
Directora : DCV Ma. de las Mercedes Filpe
Coordinador: DCV Cristian Rava
DCV Claudia Di Paola, DCV Bernabé Díaz
Correctora de estilo: Mariángel Mauri

IMPRESIÓN

Imaginaria S.A. | Presspoint
Año 1 N.º 1
Agosto de 2016
Tirada 500 ejemplares
ISSN 2469-1771
Queda hecho el depósito
que marca la ley 11723

www.unnoba.edu.ar

EDITORIAL

Esta publicación oficial del Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras de la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, organismo con sede en Junín (LEMEJ), dependiente del Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Sostenible (IIDS) y destinado a prestar sus servicios preferentemente en el noroeste de la provincia de Buenos Aires (NOBA), comprende diversas áreas temáticas de ingeniería, ciencia y tecnología. Esta revista será de edición cuatrimestral y se ocupará de analizar y difundir aspectos de interés acerca de un amplio espectro de actividades de la ingeniería y sus actividades complementarias: el ejercicio profesional, la investigación científica y tecnológica, la docencia, el aprendizaje y la gestión y realización de obras públicas, en áreas diversas relacionadas con materiales, estructuras, construcciones y productos industriales.

Como puede verse, *Materiales y Construcciones* está dirigida, y esperamos que sea de utilidad, a un amplio sector de integrantes del mundo ingenieril y su entorno: empresas constructoras, municipios, proyectistas y directores de obra, docentes, investigadores, alumnos y público en general interesado en tales actividades.

La revista *Materiales y Construcciones* será, en primer término, un claro reflejo del amplio espectro de actividades de servicio e investigación desarrolladas por el LEMEJ y brindará, además, un panorama amplio y completo de todas las actividades relacionadas de una u otra forma con el ejercicio de la ingeniería, tanto a nivel local como regional y mundial y, fundamentalmente, con todos aquellos componentes del bienestar general vinculados a los proyectos y las obras.

En principio, los sucesivos números de *Materiales y Construcciones* contendrán las siguientes secciones:

1. *Resúmenes de los trabajos realizados en el LEMEJ en sus diferentes áreas.* En la primera sección de la revista se incluirán artículos con el propósito de brindar información general sobre las tareas realizadas en el Laboratorio que puedan también servir como muestra, para eventuales usuarios, de los temas que normalmente se encaran en el LEMEJ.
2. *Información sobre las normas y reglamentos a aplicar en diferentes situaciones.* Será una sección de importancia esencial para el mejoramiento de la calidad de las obras, existentes o por construirse. Contendrá la traducción al castellano de la más actualizada información respecto de esta temática a nivel internacional. Servirá, así mismo, como fuente de actualización permanente para quienes, después de algunos años, ejercen la profesión de ingeniero/a o actividades afines, lo que constituye un objetivo académico de importancia.

3. *Información de interés regional.* Aquí se hará mención de las obras públicas que se realicen en la región y sus licitaciones y actividades conexas. Será también un espacio de difusión de la normativa nacional y/o regional que regla todas las actividades relacionadas con ellas: concepción, proyecto, licitación, construcción, uso, mantenimiento, eventuales reparaciones y demolición o desmantelamiento.
4. *Información sobre la región.* Abarcará todo lo referido a las obras que se realicen en el noroeste bonaerense, públicas y privadas. Incluirá información sobre los municipios, novedades y ofertas de fabricantes y proveedores, etc.
5. *Información sobre las líneas de investigación que se desarrollan en la UNNOBA.* En este espacio nos referiremos no solo a las ejecutadas en el LEMEJ y en el Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Sostenible, sino también a las llevadas a cabo en otras áreas de la Universidad.
6. *Temas teóricos de ingeniería.* En esta sección nos ocuparemos del desarrollo y profundización de temas correspondientes a los programas de las carreras que se cursan en la UNNOBA. La sección está destinada, en primer término, a estudiantes y graduados universitarios para facilitar de algún modo, respecto de estos últimos, su ejercicio de formación permanente, pero también será de utilidad, sin duda, para el público en general interesado en estos temas.
7. *Descripción de obras y trabajos de ingeniería realizados en la región.* Se incluirán temas que seguramente serán de interés tanto para entendidos en la materia como para quienes conviven con dichas obras, las utilizan y desean obtener información y familiarizarse con ellas, sus características y sus propiedades y cualidades.
8. *Información bibliográfica.* Este espacio estará dedicado al comentario y la difusión de publicaciones de carácter técnico, de utilidad para los profesionales del ramo, docentes, estudiantes, empresas y público en general.

Este primer número de *Materiales y Construcciones* contiene, en el marco de las secciones que terminamos de señalar, los siguientes artículos:

1. Resúmenes de trabajos realizados por el LEMEJ en dos campos temáticos distintos: el de la construcción y el de la industria siderometalúrgica.
2. Con el fin señalado de garantizar que todo lo que se libre al uso público tenga un margen de seguridad acorde, lo que —como vimos— implica trabajar respetando lo estatuido por determinada normativa, unas veces de cumplimiento formalmente obligatorio y otras, las más, de cumplimiento como criterio de buena práctica, se presentan las traducciones de dos Recomendaciones de la RILEM (Réunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux, systèmes de construction et ouvrages, Reunión Internacional de Investigadores y Laboratorios de Estructuras, Materiales y Sistemas), organización internacional de muy amplia representatividad que la UNNOBA integra. Estas son la CPC3: “Preparación y curado de probetas de hormigón”, y la BM1: “Terminología de ligantes hidrocarbonados”.

3. En la tercera sección se incluye un listado de los Reglamentos CIRSOC (Centro de Investigación de los Reglamentos de Seguridad de la Obras Civiles) vigentes y, por consiguiente, de aplicación en Argentina, obligatorios en el ámbito nacional, pero también de cumplimiento aconsejable en los restantes (provincial, municipal, etc.).
4. Dado que el LEMEJ se encuentra emplazado en un lugar estratégico de la República Argentina, el noroeste bonaerense, lo que constituye para este un área geográfica natural de servicios, responsabilidad y competitividad, en este número se presentan, como información de interés regional, datos provenientes de la Municipalidad de Junín y de empresas y comercios locales.
5. En esta sección se incluye información sobre dos líneas de investigación que se desarrollan en el IIDS: una de ellas, actualmente en pleno desarrollo, se relaciona con la caracterización tecnológica de maderas de producción regional para uso en la construcción; y la otra, en parte ya realizada, se refiere al empleo de aceros especiales para el desarrollo de implantes quirúrgicos.
6. En el área destinada al desarrollo teórico de temas de aplicación práctica generalizada, se incluye en este número el análisis de un caso particular de pandeo de columnas, de aparición frecuente en estructuras metálicas, como es el caso de los elementos comprimidos que reciben cargas puntuales distribuidas en toda su longitud, por ejemplo, las estanterías.
7. En lo referente a obras realizadas en la región, se incluyen dos trabajos de alumnos que cursan el último año. En uno de ellos se explica cómo se ejecutó el traslado de una nave industrial; en el otro, se describe el armado de un chasis para un auto de Turismo de Carretera.
8. Por último, dada la enorme cantidad de bibliografía disponible y los innumerables medios por los que ella circula, muchas veces se les hace difícil a los profesionales en actividad elegir y seleccionar qué leer frente a cada problema particular que se les presenta. A fin de orientar en este cometido a un muy amplio campo de profesionales en actividad, en este número se presenta información bibliográfica relevante sobre los "detalles constructivos" de las construcciones.

Confiamos en que *Materiales y Construcciones* será un instrumento de utilidad para todos quienes, de una u otra forma, incursionan en las diversas áreas de las ingenierías o simplemente los motiva el deseo de aprender. Por otra parte, esperamos que los lectores nos hagan llegar sus críticas, comentarios y aportes, sin los cuales será mucho más difícil cumplir con los objetivos que nos hemos impuesto.

MARÍA JOSÉ CASTILLO
Directora Ejecutiva del LEMEJ

LUIS J. LIMA
Director del IIDS

SECCIÓN 1

Resúmenes de los trabajos realizados en el LEMEJ-NOBA

La intención de publicar estos resúmenes en *Materiales y Construcciones* apunta, por una parte, a brindar información al público en general sobre las actividades realizadas en el Laboratorio que no tengan cláusula de confidencialidad. Por otra, pretende ser una demostración para eventuales usuarios de la calidad de los estudios y las investigaciones aplicadas a casos concretos y los tipos de análisis que normalmente se encaran en el seno del LEMEJ. Por supuesto, solo se publicarán datos que no afecten de ninguna manera a los usuarios de estos servicios y se lo hará con su previo consentimiento.

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO DEL EDIFICIO FERROMED

El edificio Ferromed fue inicialmente construido y utilizado como hospital. Tras ser adquirido por la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA), se piensa destinarlo a la enseñanza. Se trata de un edificio con cerramientos de mampostería y estructura portante de hormigón armado. Se puede estimar su antigüedad en alrededor de cincuenta años. Como no se contaba con ningún tipo de documentación sobre el proyecto y construcción de la obra, debieron realizarse los siguientes trabajos y estudios como base para la presente evaluación.

Al inicio de las actividades, hubo que realizar un relevamiento de la estructura debido a que no se disponía de los planos originales. Esta tarea fue llevada a cabo por el equipo de trabajo, con la ayuda de croquis realizados por un arquitecto.

De la misma manera, se efectuó un cateo de la estructura en el que se verificaron las disposiciones, condiciones y tipología de la armadura utilizada en los diferentes elementos componentes.

Como tercera tarea, se analizó el hormigón existente, a través de un estudio de esclerometría, seguido de la extracción de testigos para su posterior ensayo a la compresión. El objetivo del trabajo consistió en evaluar la seguridad actual y futura de la estructura de hormigón armado del edificio.

Para el desarrollo del trabajo se tuvieron en cuenta diferentes aspectos de la estructura:

Dado que se desconocían las cargas utilizadas para el proyecto original del hospital, se utilizaron como base para la verificación de la estructura existente las indicadas en el reglamento argentino vigente a la fecha. Esto resulta aceptable, pues se pretendió hacer una comparación que permitiera evaluar los efectos estructurales del cambio de destino. Además, desde la época de su construcción hasta el presente, estos valores prácticamente no se han modificado.

Tabla 1

	Hospitales	Escuelas
Corredores	4000	4000
Baños	3000	3000
Cocinas	4000	4000
Comedores	5000	5000
Laboratorios	3000	3000
Habitaciones	2000	
Salas Generales	2000	
Aulas		3000
Salones de Actos		5000
Bibliotecas (depósitos)		7000
Bibliotecas (Salas de Lectura)		3000
Archivos		7000

Tabla 1 Carga de utilización a prever en hospitales y edificios educativos (N/m²).

De estos valores se desprende un incremento no despreciable de las cargas de proyecto.

Por otra parte, al proceder a la evaluación de la seguridad en edificios universitarios con largas vidas útiles, debe tenerse en cuenta que, usualmente, las distintas áreas se utilizarán para diferentes fines en diversos períodos.

Ello nos llevó a adoptar cargas genéricas que tuvieran en cuenta esta variabilidad sin originar por su parte costos estructurales excesivos.

Se debieron considerar los diferentes pesos propios existentes. A partir del cateo realizado se identificaron distintos tipos de losas, los cuales se presentan en la Figura 1.

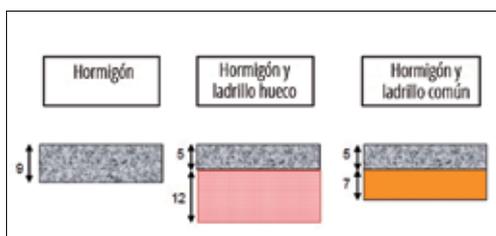


Fig. 1

Se consideró una carga por peso propio adicional en entresijos de 4900 N/m^2 . Para ello, se tomaron en cuenta los diferentes elementos componentes: cielorrasos, pisos y promedio de muros.

Como cargas totales fueron utilizadas, para azoteas inaccesibles, 6000 N/m^2 y, para el resto del edificio, 11200 N/m^2 . Recurriendo nuevamente al reglamento vigente, específicamente al apartado 9.2.1, se adoptó un coeficiente de mayoración de cargas de 1,40.

También se estudiaron los diferentes materiales que componen la estructura:

Las armaduras están compuestas por barras de acero liso y perfiles “doble T”, ambos con límite de fluencia real $F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$.

En general, las armaduras debieron ser descubiertas en un gran número de puntos. Esto se debió a la inexistencia de planos de ningún tipo y a la necesidad de conocer las cuantías en que se encuentran presentes en las diferentes piezas y su ubicación. No se observaron significativas áreas corroídas. De todas las áreas investigadas durante el cateo, solo en una se observó una barra con picaduras de corrosión y unas pocas con procesos más generalizados, pero aparentemente locales.

Dado el tiempo bajo carga transcurrido desde su construcción y teniendo en cuenta la mala calidad general



Fig. 2

del hormigón utilizado, se cree que se encuentran presentes deformaciones diferidas considerables. Se puede estimar, a fin de calcular márgenes de seguridad, que antes de la falla de las columnas las armaduras estarán trabajando en fluencia (si es que algunas de ellas no lo están en la actualidad).

En líneas generales, el hormigón utilizado es de baja calidad y presenta, además, en lo referente a su resistencia a rotura, una variabilidad en los resultados excesivamente amplia. En los diecinueve testigos extraídos se encontraron resistencias que van desde $4,7$ a $32,0 \text{ MPa}$ (47 a 320 kg/cm^2).

En las probetas extraídas se observa una granulometría de agregados totalmente inadecuada debida a motivos diversos que muchas veces se superponen: agregados gruesos de gran tamaño, cantidad excesiva de agregados gruesos y muy poca cantidad de agregados finos. Su contenido de cemento, si bien variable, es en general excesivamente bajo. Otro de los defectos que presenta el hormigón empleado es su falta de compactación. Esta falta de compactación se puede originar fundamentalmente por las siguientes causas, que no son excluyentes entre sí: la inadecuada granulometría de los agregados, con exceso de agregados gruesos, la falta de una cantidad suficiente de mortero que los ligue adecuadamente y un defectuoso llenado de los encofrados, lo que evidentemente ocurrió.

Por tales motivos, se tomó como coeficiente de minoración de resistencias un valor igual a 0,80.

Los márgenes de seguridad fueron adoptados según el reglamento argentino vigente.

De la inspección visual realizada en la totalidad del edificio, surgen las siguientes observaciones:

En cuanto a las columnas, estos elementos, que en una estructura de barras como la presente son los

Fig. 1 Tipos de losas existentes en el edificio.

Fig. 2 Foto de testigo en la que se observan los defectos mencionados.

preocupantes, muestran gruesos defectos de llenado, armaduras longitudinales que no son rectas, lo que favorece su pandeo y consecuente desaparición como elemento portante, y estribos excesivamente separados, los cuales no pueden impedir el pandeo de la armadura longitudinal que “atan”, con las consecuencias señaladas en el punto precedente.

A partir de los datos obtenidos en el cateo realizado, las cuantías de armadura no siempre respetan los mínimos establecidos por el reglamento vigente al momento de la construcción, tanto en las armaduras principales cuanto en las secundarias; al respecto se puede constatar lo siguiente: se relevaron cuarenta y siete columnas, entre ellas hay seis circulares armadas con cuatro barras. Las cuantías de armadura longitudinal de las columnas —mínimo reglamentario 0,8%— se indican en la Tabla 2.

Tabla 2

Cantidad de columnas	Porcentaje
1	2
1	1,5
4	1,3
1	1,2
2	1,1
5	1
3	0,9
8	0,8
16	0,7
5	0,6
1	0,4

Considerando una cuantía mínima de armadura longitudinal del 0,8%, puede constatarse que el 47% de las piezas no la cumplen por defecto. De todos modos, existe el criterio, bastante generalizado, de fijar la cuantía mínima no en función del área real de hormigón, sino en función de la necesaria. Ello tiene la desventaja de que, si por alguna razón no prevista se llega a alcanzar su verdadera resistencia, la pieza se transforma en subarmada, con la consiguiente pérdida de ductilidad.

Se observó que los recubrimientos de las armaduras son, en general, correctos. En la Figura 3 se puede observar el estado de una de las columnas analizadas.

Las losas, alivianadas con ladrillos huecos, tienen en muchos casos sus nervios de hormigón demasiado angostos para los diámetros de armadura utilizados. Por ello, no pudieron evitar su corrosión.



Fig. 3

Estos elementos no demuestran signo alguno de mal comportamiento estructural, pese a tener las armaduras excesivamente separadas y corroídas en algunas zonas. Además, en el caso en el que se extrajeron testigos su resistencia superó los 30 MPa.

Con respecto a las vigas, no se observaron en ellas daños dignos de hacer constar, pero pueden tener mal resueltos ciertos detalles de armadura, pues, en una de ellas, se observa una barra levantada a 75° o más, en lugar de serlo a 45°. Este tipo de defecto en general solo ocasiona daños locales. Aparte de eso, no muestran signos apreciables de mal comportamiento.

De acuerdo al análisis realizado, pueden obtenerse las siguientes conclusiones, en relación con los materiales, los elementos de la estructura y las actividades de inspección y mantenimiento:

Con respecto al acero, más allá de las bajas cuantías y excesivas separaciones entre barras, las armaduras de acero no presentan signos significativos de deterioro. En cuanto al hormigón, material principalmente utilizado en columnas, presenta algunas falencias significativas, ya señaladas, en las distintas piezas. Respecto a la dosificación del hormigón, todo indica que se trató de una “dosificación empírica”, sin ningún tipo de apoyo de la tecnología del hormigón.

El reglamento de aplicación al momento de la construcción dice al respecto que, con tales hormigones, no se puede considerar una resistencia característica del hormigón (f_{ck}) superior a 8 MPa, pero con estos hormigones no se admite construir hospitales ni edificios de tipo educativo, como ocurre en el presente caso (apartado III.A.4.1). Por su parte, el apartado IV.B.8.1.c indica que para la fabricación de columnas solo se pueden utilizar hormigones con valores de $f_{ck} \geq 13$ MPa. Finalmente, si no se ejecuta un control

Tabla 2 Cantidad y porcentaje de armadura en las columnas estudiadas.

Fig. 3 Una de las columnas en su estado original.

sistemático de resistencia en base a la rotura de probetas a compresión —apartado III.A.4.2.1.c—, se debe adoptar un valor medio $f_{cm} \geq 1,85 \times f_{ck}$, lo cual, para una resistencia característica mínima de 13 MPa, conduce a un valor medio de 24 MPa.

Por su parte, el reglamento actualmente vigente indica que las estructuras de hormigón armado deben construirse, en todos los casos, con hormigones de resistencia característica mínima de 20 MPa (apartado 2.3.2), lo que conduce a resistencias medias del orden de $f_{ck} + 5$ MPa, lo que en este caso lleva a $f_{cm} \geq 25$ MPa.

Según lo que acabamos de exponer y de acuerdo con los análisis expuestos más arriba, *ninguna columna del edificio bajo análisis se encuentra en condiciones reglamentarias de seguridad*, ni según lo estipulado por el reglamento actual ni según el vigente al momento de su construcción. Además, la falta de compacidad, a la que deben agregarse los defectos de armado que se observaron en muchas probetas, ambos totalmente aleatorios, hacen que los resultados de los testigos solo tengan una representatividad local y difícilmente pueda extrapolarse su resultado a la totalidad de la pieza de la que se los extrajo. Esto conduce a que, aun en los casos en que la seguridad es mayor que la adecuada, estos resultados sean dudosos, pues pueden no ser extrapolables a toda la pieza.

En consecuencia, se recomienda lo siguiente: a) *reforzar todas las columnas interiores*, principalmente las del pasillo central, en toda su altura; b) en principio, *no tocar las columnas incluidas en las paredes exteriores*, pues estas paredes seguramente están colaborando en la resistencia, por lo que cualquier intervención, lejos de mejorar las condiciones resistentes, es muy posible que las deterioren, además de afectar seriamente la estética del edificio. En la Figura 4 puede observarse la solución adoptada.

En el caso de las losas, se pueden aceptar hormigones de $f_{cm} \geq (8+5)$ MPa. Por esto, se recomienda *utilizar las losas tal cual están* y solo tomar medidas correctivas si, durante los trabajos de remodelación, se observasen en algún caso síntomas que así lo aconsejen. En cuanto a las vigas, con argumentos similares a los empleados en el caso de las losas, se puede concluir que resulta aconsejable *utilizarlas como están* y solo tomar medidas correctivas si, durante los trabajos de remodelación, se observasen síntomas que así lo aconsejen.



Fig. 4

No se tienen datos sobre las bases ni sobre la capacidad portante del terreno. Sin embargo, han funcionado bien durante mucho tiempo con cargas del mismo tipo y orden de las que lo harán en el futuro, por lo que *no es aconsejable tocarlas*. Además, la inspección de bases es engorrosa y, sobre todo, riesgosa, pues se puede afectar su capacidad portante.

Durante los trabajos de remodelación, es aconsejable que se realicen inspecciones periódicas frecuentes cuya secuencia será fijada en función del ritmo de obra, pero que serán, como mínimo, semanales. Al finalizar los trabajos en la estructura del edificio, se elaborará un “Informe de puesta en uso” que contendrá todos los datos del proceso, así como las observaciones que se hayan hecho y toda otra información que pueda ser de interés para futuras evaluaciones de la seguridad estructural (las que se efectúan después de cada visita periódica); incluirá, además, un listado de las observaciones a realizar y de las tareas de mantenimiento que deben ejecutarse en la primera visita periódica.

Durante el período de utilización del edificio, deben realizarse visitas periódicas de inspección y mantenimiento que permitan detectar tempranamente cualquier proceso de deterioro, con el consiguiente beneficio económico de haber podido detectarlo a tiempo. Asimismo, se deberán efectuar visitas de inspección cada vez que se presente algún signo de anomalía en el funcionamiento de la construcción.

Fig. 4 Columnas después de realizado el refuerzo.

ANÁLISIS MACROGRÁFICO DE DIFERENTES PRUEBAS DE SOLDADURAS REALIZADAS A TUBOS CONFORMADOS PARA USOS ESTRUCTURALES (ETAPA I)

En la actualidad, uno de los métodos más importantes para la unión de piezas y conjuntos metálicos en las industrias es la soldadura y sus tecnologías. Sin embargo, existen antecedentes que demuestran cierto desconocimiento y poca evaluación e investigación de las tecnologías de la soldadura en las empresas del sector metalmeccánico afines a ella. En este sentido, es responsabilidad de las instituciones de nivel tecnológico y superior, en las áreas de ingeniería afines a la tecnología de la soldadura, generar metodologías que faciliten el desarrollo y aseguramiento de calidad de sus productos soldados.

Numerosos factores influyen en la calidad final de una junta soldada. Estos factores no actúan con independencia unos de otros, sino que lo hacen de manera interrelacionada, contribuyendo de modo global a la calidad final de la unión soldada. El diseño de junta, por ejemplo, identifica la forma, las dimensiones y la configuración de la junta soldada. Uno de los diseños más habitualmente utilizados es la junta a tope, con o sin bisel. El objetivo de este último diseño es economizar el costo de preparación de los bordes del elemento estructural y la cantidad de metal de soldadura necesario. Sin embargo, se debe mencionar que, cuando se tiene acceso por un solo lado, es común encontrar discontinuidades, como falta de penetración o falta de fusión y, como se sabe, la resistencia de las juntas está influenciada, sobre todo, por el grado de penetración.

Por otro lado, el calor aportado (HI, heat input) resulta ser un factor de suma importancia, ya que afecta la velocidad de enfriamiento, la cual influye sobre la microestructura final de la soldadura en la zona de fusión (ZF) y en la zona afectada por el calor (ZAC). En general, la microestructura final es función de la composición química y del ciclo térmico. Este último, a su vez, es función del HI y del componente geométrico, es decir, de la cantidad de material a ser soldado.

El objetivo de este trabajo fue analizar macrográficamente cordones de soldadura a tope realizados

con diferentes aperturas de raíz y calores aportados, con el fin de obtener datos que puedan ser aplicados en los sectores de ingeniería y soldadura de industrias de maquinaria agrícola y agropartes. Cabe destacar que este trabajo es el resultado de una actividad de ingeniería llevada a cabo en una empresa de la región. Por ello, las condiciones de ejecución de las soldaduras se dieron en el marco de su rutina habitual.

Como material base para este trabajo se utilizó un acero al carbono SAE 1010 de 6,35 mm de espesor. Para ejecutar la soldadura de los cupones se empleó el proceso por arco eléctrico con núcleo de fundente y protección gaseosa adicional: FCAW (Flux Cored Arc Welding). Como metal de aporte se utilizó el alambre tubular E71T-1C, cuya composición química, según la Norma AWS A5.20:2005, puede ser observada en la Tabla 1. El arco eléctrico y la piletta líquida se protegieron adicionalmente mediante el empleo de la mezcla activa constituida por 80% de Ar y 20% de CO₂. La posición de soldadura utilizada fue plana con diseño de junta a tope, con y sin apertura de raíz. Las soldaduras fueron de pasada simple y no se utilizaron dispositivos de sujeción para la alineación de las piezas de trabajo. La variación en la apertura de raíz pretende simplificar el diseño de junta, evitando la realización de bisel, lo cual insume importantes tiempos en la preparación de la junta y, de este modo, aumenta los costos involucrados. Un ejemplo de esto se observa en la Figura 1.



Fig. 1

Fig. 1 Cupón soldado.

Tanto la utilización de una sola pasada de soldadura, así como también la no restricción durante la preparación de la junta, se debió a que en este trabajo se intentó mantener los hábitos de soldadura de la empresa, con el objetivo de aplicar los resultados obtenidos a la cotidianeidad del trabajo de fábrica.

Tabla 1

%C	%Mn	%Si	%S	%P	%Cr	%Ni	%Mo	%V	%Cu
0,12	1,75	0,90	0,03	0,03	0,20	0,50	0,30	0,08	0,35

La identificación de las probetas soldadas, los parámetros de soldadura empleados y el HI resultante se muestran en la Tabla 2. Cabe destacar que la probeta 1 fue soldada en las condiciones habituales de trabajo de la empresa.

Tabla 2

Probeta	Intensidad (A)	Tensión (V)	Vel. de avance (cm/s)	HI (kJ/cm)
1	185,0	20,6	0,41	9,30
2	185,0	20,6	0,91	4,19
3	192,5	20,9	0,50	8,06
4	235,0	23,0	0,91	5,94
5	249,0	27,4	1,00	6,82
6	249,0	27,4	0,83	8,22

De cada cupón se extrajeron cortes transversales para estudios metalográficos. Las probetas fueron pulidas con papeles abrasivos de distinta granulometría y el pulido final se realizó con pasta diamantada de 1 µm. Las muestras fueron atacadas con Nital 2. Se tomaron macrografías de las distintas probetas soldadas y sobre ellas se midieron el ancho (W), la penetración (P), el sobreespesor (R), así como también la apertura de raíz de la junta (A). Se realizaron observaciones a bajos aumentos para identificar las distintas zonas de las uniones soldadas: ZF, ZAC y metal base (MB). Se

Tabla 3

Probeta	W (mm)	R (mm)	P (mm)	A (mm)
1	12,10	3,43	0,67	0,34
2	7,12	1,95	2,37	1,90
3	8,87	3,16	1,56	1,61
4	9,06	2,40	2,14	1,17
5	11,58	1,75	2,42	1,76
6	11,07	1,80	2,86	1,50

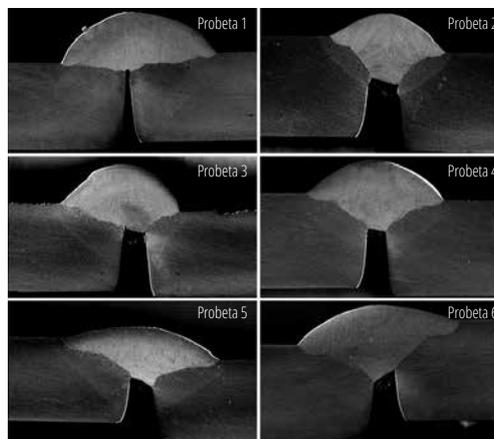


Fig. 2

caracterizó la microestructura de las distintas zonas definidas en la macrofotografía en un microscopio óptico a 50 y 100 X. Sobre las probetas 1, 2, 4 y 5 se trazaron perfiles de microdureza Vickers con 20 gf de carga. Se promediaron los valores obtenidos para cada zona.

En la Tabla 3 se muestran los resultados dimensionales obtenidos en cada una de las muestras evaluadas: W, R y P; también se indica A. En la Figura 2 se pueden observar las macrofotografías estudiadas.

Las Figuras 3a-3d muestran el efecto del HI sobre cada una de las variables dimensionales. Además, en la Figura 3d puede observarse el efecto de A sobre P. Estos resultados muestran que en ningún caso el HI influyó linealmente sobre las variables dimensionales analizadas.

Puede notarse que los mayores valores de W fueron obtenidos en las probetas soldadas con HI intermedio (6,82 kJ/cm) y, también, en aquella probeta soldada con el máximo HI (9,30 kJ/cm), la cual fue soldada, según se mencionó previamente, en las condiciones habituales de trabajo de la empresa. En el caso de R, variable que afecta la resistencia a la fatiga de la junta soldada, el menor valor se obtuvo para aquella probeta soldada con HI intermedio (6,82 kJ/cm), mientras que el máximo R se encontró en la probeta soldada en las condiciones habituales de trabajo de la empresa. La tercera variable analizada, de gran importancia es P. En este caso, el menor valor de P se obtuvo para la probeta soldada en las condiciones habituales de la empresa (probeta 1), mientras que los mayores valores de P se obtuvieron para las probetas 5 y 6. Si bien la probeta 6 resultó

Tabla 1 Composición química del metal de aporte empleado según Norma AWS A5.20:2005.

Tabla 2 Identificación de las probetas soldadas.

Tabla 3 Resultados obtenidos del análisis dimensional realizado sobre cada macrografía.

Fig. 2 Macrofotografías utilizadas para realización de análisis dimensional.

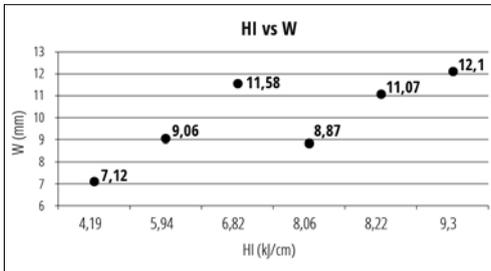


Fig. 3a

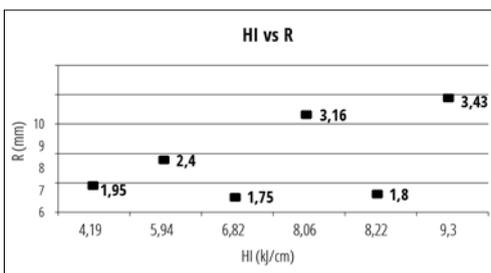


Fig. 3b

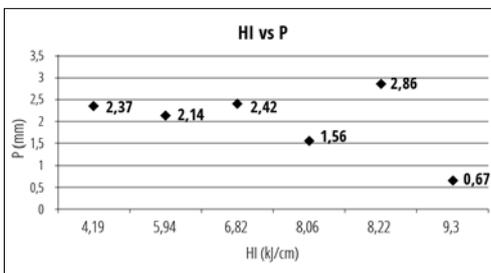


Fig. 3c

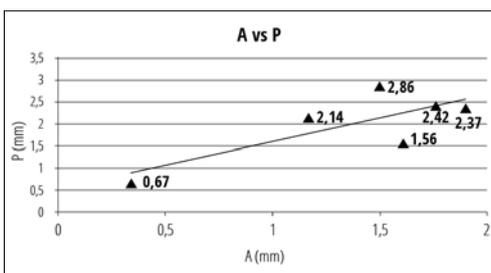


Fig. 3d

tener la mayor penetración, cabe destacar que esta presentó, además, un elevado R, no recomendable por el servicio que prestan las piezas soldadas. Por último, al analizar el efecto de A sobre P, pudo observarse una tendencia al incremento de P con el aumento de A. Resulta evidente que una apertura de raíz prácticamente nula disminuye el valor de P de forma significativa, incluso cuando el HI resulta elevado, como en el caso de la probeta 1.

Tabla 4

Probeta	MS	ZAC	MB
1	229	135	
2	249	159	120
4	234	163	
5	246	193	

En la Tabla 4, se muestran los resultados de microdureza obtenidos. En todos los casos puede observarse que la dureza correspondiente al MS supera a la del MB. Esto demostraría la efectividad en la selección del consumible utilizado. Los resultados obtenidos en la ZAC muestran que la probeta 1 posee menor dureza que el resto: esto podría estar asociado al elevado HI empleado para soldar esta probeta.

Del trabajo realizado pudieron extraerse las conclusiones que se enumeran a continuación:

- No se observó un comportamiento lineal entre el calor aportado y las variables dimensionales analizadas.
- El mayor ancho de cordón se obtuvo para la probeta 5, soldada con calor aportado intermedio. Esta probeta presentó, además, buena penetración.
- La probeta 1, soldada en las condiciones habituales de soldadura, presentó una baja penetración y un elevado sobreespesor.
- Los valores de microdureza obtenidos para el metal de soldadura resultaron en todos los casos superiores a los del metal base.
- La baja microdureza obtenida para la zona afectada por el calor de la probeta 1 podría ser atribuida al elevado calor aportado que se utilizó.

De acuerdo a lo mencionado previamente, se pudo concluir, e informar a la empresa, que es conveniente, en lo sucesivo, disminuir el aporte de calor en la soldadura, ya que trabajar con un calor aportado intermedio facilita la operación de soldadura, lo que le permite al soldador desarrollar su actividad más cómodamente, a la vez que, juntamente con una apertura de raíz cercana a los 2 mm, incrementa la penetración y disminuye el sobreespesor en la junta soldada. Estas recomendaciones en ningún caso introducen mayor tiempo de trabajo o mayor cantidad de insumos, por lo que, de ser incorporadas, se mantendrían los costos de producción, en tanto que se incrementaría la calidad de la unión soldada.

Tabla 4 Resultados de microdureza Vickers.

Fig. 3a Efecto del HI sobre W.

Fig. 3b Efecto del HI sobre R.

Fig. 3c Efecto del HI sobre P.

Fig. 3d Efecto de A sobre P.

SECCIÓN 2

Normas y reglamentos

Las diferentes etapas de todo proceso constructivo se rigen por procedimientos vinculados a determinadas nociones de calidad, durabilidad y seguridad que apuntan a lograr que sus resultados sean repetibles y comparables en un determinado entorno geográfico: nacional, regional o internacional. Estos procedimientos se organizan en documentos llamados “Normas” que, en Argentina, son estudiadas y aprobadas por el IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación), en tanto que en el Mercosur lo hacen sus departamentos especializados y, a nivel mundial, determinadas organizaciones de bien ganado prestigio. Entre estas últimas gozan de ese prestigio, por su actualidad y excelente nivel teórico, las Recomendaciones producidas por la RILEM (Reunión Internacional de Investigadores y Laboratorios de Materiales, Estructuras y Sistemas).¹ Las Normas son una especie de “idioma universal” que permite comparar y evaluar materiales y construcciones provenientes de cualquier lugar del planeta —o ubicadas en cualquier lugar— en el que se trabaje respetándolas.

Las Normas o Recomendaciones de RILEM tienen varias ventajas comparativas: se apoyan en resultados experimentales provenientes de todo el mundo que se completan, en los aspectos en que resulte necesario, con programas de investigación realizados por la Comisión Interna (*Technical Committee*, TC) que se encarga del estudio de cada una de ellas; participan en su redacción todos los investigadores y académicos del mundo que quieran hacerlo y tengan conocimientos adecuados a tal pretensión; tienden a la creación de un lenguaje internacional en cada una de las áreas de la construcción de las que se ocupan, más allá de imposiciones innecesarias o regionalismos mal entendidos.

Específicamente hablando, las Normas describen en detalle todos los pasos y procedimientos adecuados y necesarios para cuantificar ciertas características de un material o de una estructura, por ejemplo: cómo se prepara una probeta de hormigón, cómo se la conserva, cómo se la ensaya. A cada una de estas actividades corresponde una Recomendación RILEM específica.

Las Recomendaciones RILEM están originalmente redactadas en inglés. La UNNOBA, como miembro de esta organización, tiene derecho a traducirlas a otro idioma: en este caso, el castellano. En consecuencia, comenzaremos en este número la publicación de las traducciones de una serie de Normas vinculadas al hormigón y a los materiales bituminosos (asfalto). Posteriormente, nos ocuparemos de las correspondientes a otros materiales.

¹ Organización Internacional con sede en París, Francia, de la que la UNNOBA es miembro activo.

CPC3 PREPARACIÓN Y CURADO DE PROBETAS DE HORMIGÓN

1975 TC14-CPC

PROYECTO: *Materiales y Estructuras*, Vol. 6, N.º 35, septiembre-octubre 1973

FINAL: noviembre 1975

VERSIÓN FRANCESA: noviembre 1975

CONTENIDOS

1. Alcance
2. Geometría de las probetas
3. Equipos
4. Procedimiento
5. Curado
6. Transporte
7. Informe de ensayo

1. ALCANCE

Esta norma especifica el método de elaboración y almacenamiento de probetas de hormigón destinadas a determinar la resistencia del hormigón estructural, al control de la producción de hormigón y a la investigación.

2. GEOMETRÍA DE LAS PROBETAS A ENSAYAR

Las probetas serán las definidas en la Norma ISO. R 1920-1971: Dimensiones, Tolerancias y Destino de las probetas de hormigón.

La forma y tamaño de las probetas será la siguiente:

- a. cilindros de diámetro d y longitud $2d$,
- b. cubos de lado d ,
- c. prismas de sección transversal cuadrada con lado d y longitud 4 o $5d$.

Las dimensiones d deberán satisfacer las siguientes condiciones:

$d \geq 4$ veces el tamaño máximo nominal del agregado,
 $d = d_n (1 \pm 0,10)$ donde d_n indica el tamaño nominal de la probeta,

$d_n = 100, 150, 200, 250$ o 300 mm,

$d_n = 150$ mm es lo conveniente.

3. EQUIPOS

3.1 MOLDES

Los moldes deberán ser aptos para la fabricación de las probetas según las prescripciones de la Norma ISO R 1920-1971. Recomendación en particular en § 3 (*).

Los moldes utilizados deberán estar contruidos de forma tal que se puedan desmontar. Serán de material resistente, no absorbente y que no reaccionen químicamente con el cemento. Deberán ser lo suficientemente estables como para mantener su forma durante la colada.

El molde ensamblado será impermeable al agua con el fin de evitar la pérdida de pasta de cemento o agua durante la colada.

3.2 MEDIOS DE COMPACTACIÓN

La compactación del hormigón en el molde se logrará mediante:

- una mesa vibratoria,
- un vibrador,
- una varilla compactadora.

El diámetro del vibrador no deberá ser superior a 1/5 de la dimensión más pequeña de la muestra de ensayo.

La varilla compactadora será de acero de 16 mm de diámetro, 600 mm de longitud, con extremos redondeados.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 PREPARACIÓN

Antes del relleno de hormigón, las caras interiores del molde se cubrirán con una película delgada de aceite mineral o cualquier otra sustancia que evite la adherencia entre el hormigón y el molde y que no reaccione químicamente con el cemento. El exceso de hormigón que se amontona sobre el molde está permitido para mezclas duras.

(*) 3 Tolerancias de forma:

- 3.1 Las tolerancias en la planeidad de las superficies de soporte de carga de cubos y prismas utilizados en todos los ensayos y de los cilindros utilizados en ensayos de compresión deben ser 0,0005 d. La tolerancia de la generatriz de los cilindros utilizados en ensayos de extracción debe ser 0,0001 d.
- 3.2 El ángulo entre caras adyacentes de cubos y prismas y entre la superficie superior e inferior y la generatriz de los cilindros debe ser de $90 \pm 0,5^\circ$.

4.2 ELECCIÓN DE LOS MEDIOS DE COMPACTACIÓN

La compactación de las probetas de ensayo se llevará a cabo empleando métodos similares a los utilizados durante la compactación del hormigón en obra, y se la continuará hasta que se observe que se ha completado. Los métodos de compactación utilizados serán descritos en el informe.

4.3 COMPACTACIÓN POR VIBRACIÓN

La compactación del hormigón se iniciará inmediatamente después de su colocación en el molde (ya sea en cada capa o en su totalidad).

4.3.1 Mesa vibradora

La vibración será detenida cuando una capa delgada de pasta de cemento cubra la superficie del hormigón, sin agregados visibles.

El molde será rellenado con hormigón desde arriba.

El molde debe permanecer en todo momento en contacto con la mesa vibratoria. Por lo tanto, será fijado a ella.

4.3.2 Vibrador

Los cubos y prismas colados horizontalmente deberán llenarse en una sola operación, los cilindros en dos capas. El máximo espesor de cada capa después de la vibración será d (ver § 2).

Durante la compactación de cada capa, el vibrador deberá penetrar la capa inmediatamente inferior hasta una profundidad de aproximadamente 20 mm.

El vibrador se introduce verticalmente en el centro del molde hasta una profundidad de aproximadamente 20 mm por encima de su parte inferior y luego se extrae lentamente mientras se añade hormigón al molde con el fin de mantenerlo lleno.

El radio de efectividad del vibrador debe ser de al menos $d/2$ para cilindros y $3/4 d$ para cubos y prismas.

Para estos últimos, la distancia entre puntos de inmersión del vibrador será aproximadamente d .

4.4 COMPACTACIÓN MANUAL

El hormigón se colocará en el molde en capas de 100 a 150 mm. Cada capa será inmediatamente compactada con una varilla compactadora aplicando al menos un golpe por cada 1000 mm² de superficie; la varilla deberá penetrar la capa inmediatamente inferior hasta una profundidad de aproximadamente 20 mm.

4.5 TRATAMIENTO FINAL

Después de la terminación del compactado, la superficie del hormigón debe ser cuidadosamente alisada.

La probeta deberá ser identificada de forma clara y duradera de tal manera que la superficie no se vea afectada negativamente.

5. CURADO DE LAS PROBETAS

5.1 PARA CONTROL DE LA PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN

Durante el período de curado, la temperatura ambiente debe ser 20 ± 2 °C (25 ± 3 °C en climas tropicales).

Las probetas deben permanecer en el molde, protegidas de choques, vibraciones y secado, durante al menos 16 horas.

Después de retirar las probetas del molde, estas se mantendrán a 20 ± 2 °C en aire con una humedad relativa de no menos del 90 por ciento o en agua que no fluya.

5.2 PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL

Las muestras serán mantenidas a una temperatura y humedad lo más similares posible a las del hormigón en obra, de modo que su resistencia se pueda estimar en cualquier momento.

5.3 PARA FINES INVESTIGATIVOS

Las probetas serán tratadas según la Cláusula 5.1, salvo que se prescriban condiciones especiales de curado.

6. TRANSPORTE DE LAS PROBETAS

La pérdida de humedad y las desviaciones de la temperatura de curado requerida deben evitarse en todas las fases de transporte.

Las probetas de ensayo que requieren curado húmedo se transportarán envasadas en arena húmeda o aserrín húmedo, o selladas en bolsas de plástico llenas de agua.

7. INFORME DE ENSAYO

7.1 Fecha de fabricación

7.2 Número de probeta

7.3 Forma y dimensiones de la probeta

7.4 Método de compactación y descripción de los medios de compactación

7.5 Número de identificación de la probeta

7.6 Condiciones de curado

BM1 TERMINOLOGÍA DE LIGANTES HIDROCARBONADOS

1989 TC17-BM, TC56-MHM, TC101-BAT

PROYECTO: *Materiales y Estructuras*, Vol. 8, N.º 46, julio-agosto 1975

FINAL: 1.º edición marzo 1978, 2.º edición marzo 1989

VERSIÓN FRANCESA: 1.º edición marzo 1978, 2.º edición marzo 1989

En lo que sigue se consideran los ligantes, es decir, los bitúmenes y alquitranes, y los ligantes compuestos.

1. LIGANTES

El **bitumen** es la fracción más pesada del petróleo y puede ser:

- i. *bitumen de petróleo* obtenido por refinado de petróleo crudo;
- ii. *bitumen natural* producido en mezclas, como el asfalto del lago Trinidad, formado durante procesos naturales de decantación, evaporación de absorción. El bitumen natural se produce comúnmente en forma de *asfalto natural*: este es una mezcla natural o artificial de bitumen con minerales.

El **alquitrán** deriva de las fracciones pesadas de carbón u otros materiales tales como madera, turba, lignito o grasas obtenidos por pirogénesis. Aquí solo se considera el alquitrán de hulla.

La *brea de alquitrán de hulla* es el residuo obtenido de la destilación del carbón. Es un sólido no volátil a temperatura ambiente. El alquitrán de carretera (derivado del carbón) es una mezcla compuesta por brea y diversas fracciones de hidrocarburos de alquitrán de hulla en porcentajes adaptados a las aplicaciones.

2. LIGANTES COMPUESTOS

Bitumen rebajado y bitumen fluidificado: se obtienen por adición de hidrocarburos al bitumen; estos pueden ser hidrocarburos de alquitrán de hulla o derivados del petróleo, o una mezcla de ambos. El término bitumen rebajado se utiliza cuando se añaden hidrocarburos relativamente volátiles (livianos);

y el término bitumen fluidificado se utiliza en caso de agregar hidrocarburos no volátiles (pesados).

Emulsión de bitumen: consiste en una dispersión de bitumen en agua (emulsión directa) o de agua en bitumen (emulsión inversa). En el primer caso, la fase dispersa es el bitumen y la continua es el agua, mientras que en el segundo caso el bitumen es la fase continua. Estas dispersiones se forman con la ayuda de agentes emulsionantes. Las emulsiones se dividen en dos categorías muy distintas: aniónicas y catiónicas. La emulsión será aniónica si en la electroforesis las partículas de líquido se alojan en el ánodo. La emulsión será catiónica si en la electroforesis las partículas de líquido se alojan en el cátodo. Los sistemas de emulsión de alta viscosidad o emulsiones rellenas son generalmente emulsiones de bitúmenes muy estables que permiten la adición de grandes cantidades de otros materiales, como polvos o materiales fibrosos.

Los **ligantes mixtos** se subdividen de la siguiente forma:

- i. Los *bitúmenes de brea* y los *bitúmenes de alquitrán* están compuestos por mezclas homogéneas de bitumen y brea o de bitumen y alquitrán, en las que el bitumen está presente en mayor proporción;
- ii. Los *alquitranes bituminosos* son ligantes compuestos por mezclas homogéneas de alquitrán y bitumen en las que el alquitrán está presente en mayor proporción.

Ligantes modificados: se obtienen por la incorporación de polímeros a los ligantes de hidrocarburo. Por ejemplo, los bitúmenes y alquitranes poliméricos son ligantes modificados obtenidos por la incorporación de materiales termoplásticos, resinas sintéticas endurecedoras, polvo de caucho o elastómeros.

Ligantes de relleno: se obtienen por dispersión de materiales finos en ligantes.

3. DICCIONARIO ESPAÑOL-FRANCÉS

asfalto	<i>asphalte</i>	bitumen natural	<i>bitume naturel</i>
asfalto natural	<i>asphalte naturel</i>	bitumen de petróleo	<i>bitume de raffinerie</i>
ligante	<i>liant</i>	bitumen de brea	<i>bitume -brai</i>
ligante mixto	<i>liant mixte</i>	bitumen polimérico	<i>bitume-polymère</i>
ligante compuesto	<i>liant composé</i>	bitumen de caucho	<i>bitume-caoutchouc</i>
ligante hidrocarbonado	<i>liant hydrocarboné</i>	bitumen de alquitrán	<i>bitume-goudron</i>
ligante modificado	<i>liant modifié</i>	brea de alquitrán	<i>brai de houille</i>
ligante de relleno	<i>liant fillérisé</i>	emulsión	<i>émulsion</i>
bitumen	<i>bitume</i>	emulsión aniónica	<i>émulsion anionique</i>
emulsión de bitumen	<i>émulsion de bitume</i>	emulsión de bitumen	<i>émulsion de bitume</i>
bitumen de alquitrán	<i>goudron-bitume</i>	emulsión catiónica	<i>émulsion cationique</i>
bitumen rebajado	<i>bitume fluidifié aux huiles relativement volatiles en provenance de houille ou de pétrole</i>	emulsión directa	<i>émulsion directe</i>
		emulsión inversa	<i>émulsion inverse</i>
		alquitrán	<i>goudron</i>
bitumen elastómero	<i>bitume-élastomère</i>	alquitrán de hulla	<i>goudron de houille</i>
bitumen fluidificado	<i>bitume fluxé aux huiles relativement non volatiles en provenance de houille ou de pétrole</i>	alquitrán polimérico	<i>goudron-polymère</i>
		carretera de alquitrán	<i>goudron routier</i>

SECCIÓN 3

Información de interés regional

Esta sección de *Materiales y Construcciones* estará orientada, básicamente, a brindar información sobre las obras —principalmente públicas pero también privadas— que se realicen en la región: sus licitaciones, etapas constructivas, problemas de uso y sus soluciones, y otras actividades conexas. También se ocupará del análisis y la difusión de la normativa nacional y/o regional que regla todas las actividades relacionadas con la construcción: concepción, proyecto, licitación, construcción, uso, mantenimiento, eventuales reparaciones y demolición o desmantelamiento. Nada mejor, entonces, que inaugurarla con la presentación del Centro de Investigación de los Reglamentos de Seguridad de la Obras Civiles (CIRSOC), organismo dependiente del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), cuya normativa es de aplicación obligatoria, salvo expresa indicación en contrario, a todas las obras administradas por el Estado nacional.

INTI-CIRSOC

Su misión es la investigación, desarrollo, actualización y difusión de los reglamentos y códigos relativos a la seguridad, durabilidad y calidad de las estructuras y construcciones que se realicen en el territorio de la República Argentina, respetando las características geopolíticas, técnicas y económicas de nuestro país y sus diferentes regiones.

SUS COMIENZOS

En 1978, el INTI y la Secretaría de Obras Públicas de la Nación, la cual tiene entre sus misiones y funciones la de **“entender en la elaboración, programación, ejecución y control de la política nacional en materia de obras civiles, en la fijación de sus normas y reglamentos y en la coordinación de los planes y programas del sector”**,¹ deciden crear el **Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC)** como un centro del Sistema de Centros

de Investigación del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), con el apoyo de la Subsecretaría de Vivienda de la Nación y de otros organismos dependientes del Estado, que constituyeron su primer Comité Ejecutivo (AyEE, Hidronor, Yacyretá, OSN, etc.). Treinta años más tarde invitaron a incorporarse a este comité a las empresas constructoras y de servicios, a los fabricantes y elaboradores, a las cámaras, institutos de investigación, universidades, laboratorios, consultoras y a aquellos organismos públicos que tienen entre sus funciones el control de los servicios privatizados, con el fin de que el Estado y la actividad privada compartieran solidariamente el esfuerzo y los beneficios de establecer bases comunes de sana y clara competencia, dado que los reglamentos de seguridad estructural son, en definitiva, un acuerdo social sobre el nivel o grado de seguridad que la sociedad está dispuesta a aceptar y exigir.

El objetivo de la creación del INTI-CIRSOC fue delegar en él, como organismo técnico, “el estudio,

¹ <http://www.inti.gov.ar/cirsoc/pdf/resenahistorica.pdf>

desarrollo, actualización y difusión de los reglamentos nacionales de seguridad para las construcciones civiles”,² que en el área de las construcciones sismorresistentes se desarrollarían en conjunto con el INPRES (Instituto Nacional de Prevención Sísmica), creado en 1972, como el organismo específico para encarar el desarrollo y la difusión de reglamentos que rijan el proyecto, el cálculo, la ejecución y el control de las construcciones sismorresistentes.

Desde 1982-1983 los Reglamentos CIRSOC e INPRES-CIRSOC son de utilización obligatoria en las obras públicas nacionales. Por su contenido y difusión muchas provincias también los han adoptado como obligatorios para la obra pública provincial y para la obra privada, a través de su exigencia en los códigos de edificación municipales. Pero incluso son utilizados ampliamente en aquellas obras en las que no existe una obligación emanada de un poder público.

LOS REGLAMENTOS SE ORGANIZAN DE ACUERDO CON LAS SIGUIENTES ÁREAS DE ESTUDIO:³

ÁREA 100 ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

Esta área está integrada por todos los reglamentos que especifican las acciones mínimas actuantes sobre las estructuras, debidas a las cargas gravitatorias, a las sobrecargas de uso, a la acción del viento, a la acción del sismo y a las acciones debidas a la nieve y al hielo. Su color distintivo es el verde.

ÁREA 200 ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

Esta área está integrada por todos los reglamentos que especifican los requisitos mínimos para el proyecto, cálculo, ejecución y recepción de estructuras de hormigón armado y pretensado, las que deben ser capaces de resistir las acciones previstas durante los períodos de construcción y servicio, ofreciendo la seguridad adecuada al uso al que se destinen durante su vida útil. Su color distintivo es el amarillo.

ÁREA 300 ESTRUCTURAS DE ACERO

Esta área está integrada por todos los reglamentos que especifican los requisitos mínimos para el

proyecto, cálculo, ejecución y protección de las estructuras de acero destinadas a edificios, las que deben ser capaces de resistir las acciones previstas durante los períodos de construcción y servicio, ofreciendo la seguridad adecuada al uso al que se destinen durante su vida útil. Su color distintivo es el azul.

ÁREA 400 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, FUNDACIONES, TERRAPLENES, MOVIMIENTOS DE SUELOS, TABLESTACADOS

Esta área, que se encuentra en formación, estará integrada por los reglamentos que especifiquen tanto las investigaciones a realizar en un predio o extensión de terreno, con el fin de conocer sus características y propiedades geotécnicas para determinar las condiciones de utilización, como los requisitos mínimos para el proyecto, cálculo y ejecución de las fundaciones superficiales y profundas de todas las estructuras. Su color distintivo es el marrón.

ÁREA 500 ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA

Esta área está integrada por los reglamentos que especifican los requisitos mínimos para el diseño y construcción de estructuras de mampostería compuestas por mampuestos asentados con mortero. Su color distintivo es el naranja.

ÁREA 600 ESTRUCTURAS DE MADERA

Esta área, que se encuentra en trámite de aprobación, define los métodos y disposiciones generales a emplear en el diseño y construcción de estructuras para edificaciones y obras civiles con madera aserrada, madera laminada encolada y productos derivados de la madera. También define los métodos a emplear en el diseño y fabricación de uniones simples y múltiples utilizando los elementos que en cada caso se describen.

ÁREA 700 ESTRUCTURAS DE ALUMINIO

Esta área está integrada por reglamentos que establecen los requisitos mínimos para el proyecto, fabricación, montaje, protección, control de calidad y conservación de las estructuras de aluminio para edificios.

² *Ibid.*

³ <http://www.inti.gob.ar/cirsoc/>

**REGLAMENTOS EN VIGENCIA
LEGAL A PARTIR DE 2013**

ÁREA 100

ACCIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS

CIRSOC 101–2005

“Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño para Edificios y otras Estructuras”

CIRSOC 102–2005

“Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones”

CIRSOC 104–2005

“Reglamento Argentino de Acción de la Nieve y del Hielo sobre las Construcciones”

CIRSOC 108–2007

“Reglamento Argentino de Cargas de Diseño para las Estructuras durante su Construcción”

INPRES–CIRSOC 103-2005 / PARTE II “Construcciones en Hormigón Armado” - PARTE IV “Construcciones de Acero”

ÁREA 200

ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

CIRSOC 201–2005

“Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón”

ÁREA 300

ESTRUCTURAS DE ACERO

CIRSOC 301–2005

“Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios”

CIRSOC 302–2005

“Reglamento Argentino de Elementos Estructurales de Tubos de Acero para Edificios”

CIRSOC 303–2009

“Reglamento Argentino de Elementos Estructurales de Acero de Sección Abierta Conformados en frío”

CIRSOC 304–2007

“Reglamento Argentino para la Soldadura de Estructuras de Acero”

CIRSOC 305–2007

“Recomendación para Uniones Estructurales con Bulones de Alta Resistencia”

CIRSOC 308–2007

“Reglamento Argentino de Estructuras Livianas para Edificios con Barras de Acero de Sección Circular”

ÁREA 500

ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA

CIRSOC 501–2007

“Reglamento Argentino de Estructuras de Mampostería”

CIRSOC 501–E–2007

“Reglamento Empírico para Construcciones de Mampostería de Bajo Compromiso Estructural”

ÁREA 700

ESTRUCTURAS DE ALUMINIO

CIRSOC 701–2010

“Reglamento Argentino de Estructuras de Aluminio”

CIRSOC 704–2010

“Reglamento Argentino para la Soldadura de Estructuras en Aluminio”

Para mayor información ingresar en www.inti.gob.ar/cirsoc/

SECCIÓN 4

Información sobre la región

Esta sección de *Materiales y Construcciones* está dedicada a brindar información sobre las tareas de ingeniería que se desarrollan en el noroeste bonaerense. Para ello, se invitará a los municipios que la integran a hacer una descripción de las actividades ingenieriles que desarrollan y/o tienen planificado desarrollar.

Pensamos que esta información puede ser de interés y utilidad para muy variados sectores de las sociedades locales: los vecinos, para que, en conocimiento de lo que se hace o se planifica hacer, puedan dar su opinión y hacer aportes pertinentes; los restantes municipios del NOBA, para brindarles la posibilidad de coordinar tareas entre ellos, lo cual permitiría reducir costos e incrementar la eficiencia; las empresas constructoras y proveedoras de insumos, para que tengan información directa y completa de las posibilidades que se les pueden ofrecer; los profesionales del ramo, para quienes es siempre de utilidad conocer las posibilidades laborales a las que podrían acceder.

Dado que la sede física del LEMEJ-NOBA se encuentra en la ciudad de Junín, en este número comenzamos con una descripción, a cargo del ingeniero civil Gastón Francisco Blanc, de las obras de recuperación urbana realizadas en ese municipio.

GOBIERNO LOCAL DE JUNÍN. POLÍTICAS PARA EL DESARROLLO URBANO E INTEGRACIÓN BARRIAL

PROGRAMAS DE CORDÓN CUNETA, PAVIMENTACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS

Los Gobiernos locales se enfrentan al desafío de dar respuesta a las actuales exigencias de los ciudadanos, que les asignan nuevas misiones y funciones, como la defensa ambiental, la seguridad, el desarrollo local, la recuperación urbana, la infraestructura, la recreación y las actividades culturales y

el deporte, entre otras, que se suman a las clásicas demandas de prestaciones de servicios de barrido, limpieza y alumbrado.

La decisión de promover planes, programas y proyectos de recuperación urbana reviste categoría de “política de Estado”: no es una actividad transitoria u ocasional, sino estructural, estable, continua e integral sobre el diseño de una ciudad, la forma de un gobierno y el estilo de una comunidad vecinal.

En el marco de lo expuesto, se debe contar con una estrategia de desarrollo urbano que reconfigure el territorio a través del equilibrio entre las diferentes zonas de la ciudad, optimice la vinculación espacial y barrial, revalorice el espacio público, y mejore y preserve la calidad ambiental. Pero, además, es necesario ejecutar programas específicos que, transformados en proyectos y obras implantadas en el territorio, den respuesta a los enunciados estratégicos.

Definimos la ciudad en dos sectores característicos: el área central y los sectores barriales, cada uno con su demanda definida. Esta división se debe a la mayor o menor presencia de infraestructura sanitaria, vial, hidráulica, de servicios, densidad edificada y condiciones de accesibilidad interbarrial y al área central. En función de ello se determinan acciones y proyectos que tiendan a la consolidación de un área central de alta accesibilidad, difusora y receptora de sus ventajas comparativas, para ser “utilizada” por todos los ciudadanos de las distintas partes del territorio, en el marco del posicionamiento estratégico que hoy posee Junín.

Estas acciones y proyectos buscan, por un lado, consolidar los sectores barriales a través de obras que resuelvan la accesibilidad y, por el otro, mejorar la infraestructura vial existente, para garantizar la seguridad al tránsito vehicular y a los propios peatones. Entre otros, podemos mencionar los siguientes programas que se vienen llevando a cabo.

PROGRAMAS DE CORDÓN CUNETETA PARA LOS SECTORES BARRIALES

La nivelación planialtimétrica con cotas IGN y la demarcación de las calles mediante obras de cordón cuneta determinan, en forma mediata, los límites entre la calzada y la acera permitiendo a los vecinos la ejecución y mejorado de sus veredas. Por otra parte, esta obra de infraestructura aporta una mejor solución técnico-económica al escurrimiento superficial de las aguas pluviales, a diferencia de las calles de tierra no consolidadas, ya que el agua es canalizada por la propia cuneta, aletas y badenes, para finalmente ser conducida por las obras de desagüe pluvial. Previamente, en gabinete, son definidos los distintos proyectos barriales de cordón cuneta, verificándose la situación de infraestructura hidráulica en cada caso.



Fig. 1

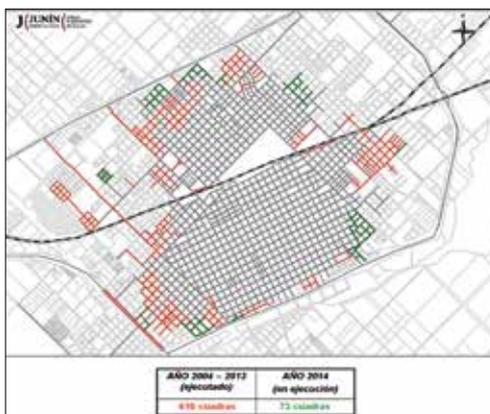


Fig. 2

PROGRAMAS DE CALZADA DE RODAMIENTO CON ESTABILIZADO PARA LOS SECTORES BARRIALES

El tratamiento de la base de rodamiento mediante la estabilización de los suelos, antes de la ejecución de la carpeta flexible, soluciona las dificultades de transitableidad permanentes del flujo vehicular, bajo cualquier condición climática adversa, porque se mejoran la estabilidad y la resistencia del suelo a partir del aporte de agregados pétreos a la estructura de dicha capa.

Fig.1 Calles de cordón cuneta en diferentes sectores barriales y mejoramiento de las veredas por parte de los vecinos. Dichas obras marcan el inicio de la creación de la infraestructura vial del barrio y un cambio en la calidad de vida.

Fig.2 Mapa de obras de cordón cuneta ejecutadas y en ejecución.

Existen diferentes tipos de estabilizaciones, siendo las de características granulares las que actualmente estamos desarrollando y ejecutando por su afinidad y mejor prestación a los futuros pavimentos flexibles que son ejecutados en una etapa posterior. Dentro de los estabilizados granulares, el más usado por nuestro municipio es el de origen dolomítico de graduación 0-30.



Fig. 3

Fig. 3 El cordón cuneta aporta una solución al escurrimiento superficial del agua hasta los desagües pluviales y la estabilización de la base de rodamiento soluciona las dificultades al tránsito vehicular, antes de la ejecución de su carpeta flexible con mezcla asfáltica en caliente. Se pueden observar las diferencias de prestación en la transitabilidad sobre un sector del barrio Gregorio González (actualmente pavimentado), entre una base de rodamiento de suelo natural no consolidado y una de material estabilizado con agregados pétreos.

Fig. 4 Algunas de las tareas llevadas a cabo para la ejecución del estabilizado granular.

Fig. 5 Mapa de obras de estabilizado de calzada ejecutadas y en ejecución.

Fig. 6 Tareas previas a la etapa constructiva de la carpeta con mezcla asfáltica en caliente.



Fig. 4

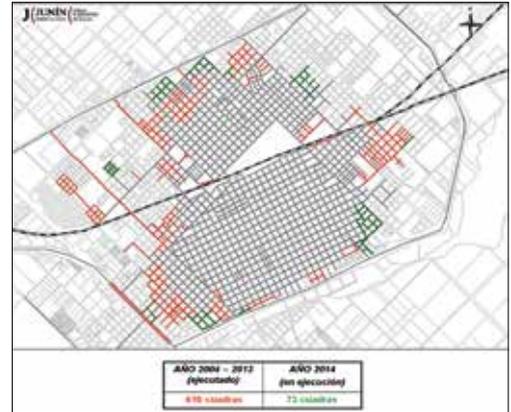


Fig. 5

PROGRAMAS DE PAVIMENTACIÓN PARA LOS SECTORES BARRIALES

La pavimentación barrial está íntimamente relacionada con el Programa de Cordón Cuneta y Base Estabilizada porque su evolución condiciona la ejecución de la carpeta asfáltica en caliente como superficie definitiva de rodamiento, lo que constituye la culminación de las obras de pavimentación.

Todo el proceso se desarrolla en diferentes etapas y cada una de ellas aporta una solución al tránsito vehicular y a los escurrimientos superficiales del agua en los distintos barrios.



Fig. 6

Como paso previo a la ejecución de la carpeta asfáltica, se realizan los trabajos de mejoramiento del perfil transversal con diferentes equipos y los controles en obra de las densidades de compactación, con la determinación del valor soporte relativo por medio de la correlación con el ensayo de DCP (Dynamic Core Penetrometer).



Fig. 7

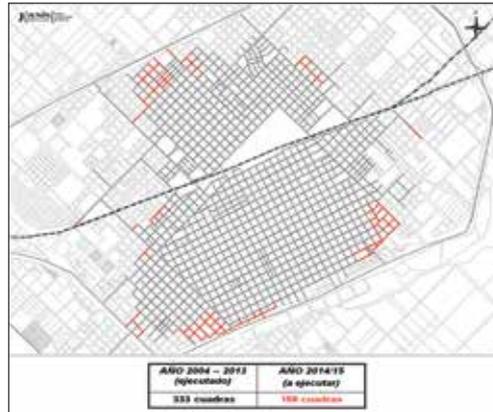


Fig. 8

PROGRAMAS DE REHABILITACIÓN, REPAVIMENTACIÓN, BACHEOS, SELLADO DE FISURAS Y GRIETAS DE PAVIMENTOS EN DIFERENTES SECTORES DE LA CIUDAD

En los grandes centros poblacionales, como la ciudad de Junín, generalmente existen distintos pavimentos, flexibles o rígidos. Estos se deterioran por diferentes causas: ya sea el propio envejecimiento del material (sobre todo el bituminoso, por agotamiento de su vida útil), falta de mantenimiento preventivo (limpieza de juntas y sellado de fisuras), interferencias de servicios con reparaciones mal ejecutadas y solicitudes no previstas en los cálculos (exceso de cargas por eje en el tránsito pesado), que constituyen un problema vial urbano a solucionar, mediante ordenanzas restrictivas al tránsito pesado. Los programas propuestos tienen el objetivo de solucionar las deficiencias observadas en las distintas calzadas de rodamiento de los diferentes sectores de la ciudad. Contar con calzadas de rodamientos seguras mejora y aumenta la seguridad de quienes circulan por la vía pública.

MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Los programas propuestos —y que actualmente están en ejecución— están orientados a la realización de obras de mejoramiento de los pavimentos que abarcan desde su rehabilitación total hasta el simple sellado de las fisuras, según la evaluación de su estado que se haga en cada caso. A partir de este análisis, se definen

Fig. 7 Calles en proceso de ejecución y finalizadas.

Fig. 8 Mapa de obras de pavimentación ejecutadas y a ejecutar.

las acciones más adecuadas de mantenimiento: reparaciones o rehabilitación total, con el respectivo presupuesto para evaluar las inversiones a realizar.

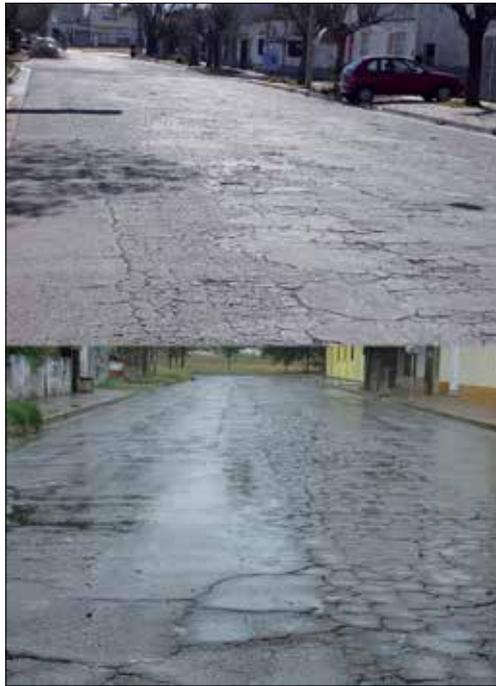


Fig. 9

Dichas acciones pueden contemplar desde las reparaciones de los cordones cunetas, aletas y badenes, para la mejora de los desagües superficiales, hasta la intervención parcial o total de la carpeta de pavimento, según lo indique su estado de deterioro.

Entre las intervenciones de mejoras más importantes que se están llevando a cabo enumeramos:

- Reparación de cordón cuneta, aleta y badén para desagües pluviales superficiales.
- Sellado de fisuras y grietas con material bituminoso modificado.
- Saneamiento de las capas inferiores con material de estabilizado.
- Bacheos profundos y superficiales.
- Fresado de crestas, ondulaciones y desplazamientos del pavimento flexible para la mejora de la regularidad longitudinal.
- Restitución de la flecha del pavimento existente para la mejora de la pendiente transversal.
- Refuerzo del pavimento existente con carpeta de concreto asfáltico en espesores variables de acuerdo al tipo de deterioro existente, solicitudes actuales y esperables a futuro.

- Repavimentación total de la superficie de rodamiento, con trabajos de fresado de la carpeta y ejecución de un nuevo concreto en caliente en espesores variables de entre 5 cm a 6 cm.
- Reconstrucción total de las capas de base y carpeta asfáltica mediante el aporte de un nuevo paquete estructural de igual o mayor calidad que la existente.

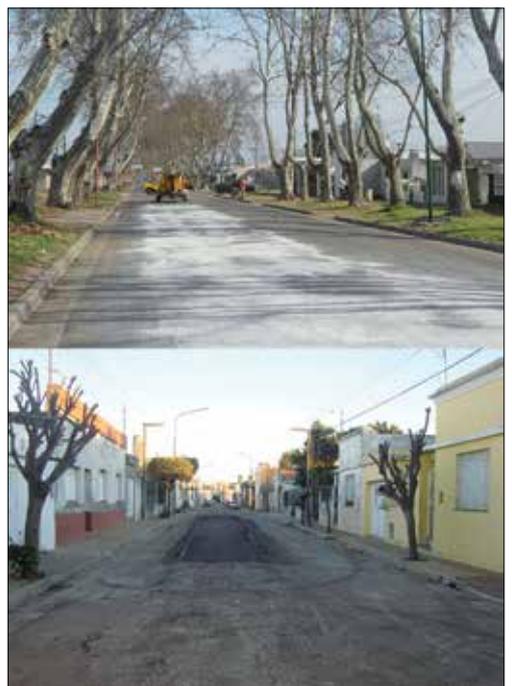


Fig. 9 Imágenes de distintos estados de colapso de la estructura del pavimento antes de su intervención.



Fig. 10

MANTENIMIENTO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

El mantenimiento de los pavimentos rígidos se basa principalmente en trabajos de sellados de juntas, grietas, saneamientos y bacheos.

La intervención sobre las juntas de expansión y contracción previene el deterioro de los pavimentos a temprana edad. Para dar solución a esta posible falla por fisuración, se ha contemplado una serie de tareas que están relacionadas con la limpieza de las juntas con aire a presión, el retiro del material bituminoso envejecido y la ejecución de un nuevo sellado con material modificado.

En cuanto a los bacheos, las tareas comprenden la reparación de distintos tipos de fallas en los pavimentos de hormigón, como hundimientos o roturas de losas, derivados del colapso de capas estructurales o de los suelos subyacentes y/o daños por el paso de infraestructura de servicios. Se realizan, además, tareas de reconstrucción de badenes y cordones de hormigón.

En los casos en que sea necesario, se reparan o ejecutan cañerías, bocas de registro, sumideros, cámaras de limpieza, conexiones cloacales y pluviales domiciliarias, etc.

Como consecuencia de la diversidad de causas que motivan las fallas y su evolución en estos tipos de pavimentos, enumeramos algunas de las tareas de reparación y acondicionamiento que se realizan:

- Demolición de reparaciones inadecuadas, hechas con pavimentos asfálticos sobre losas de hormigón.
- Demolición de losas de hormigón deterioradas, en espesor total o parcial, junto con la extracción, carga, transporte y depósito de los desechos.
- Excavación del bache y transporte del material sobrante.
- Relleno con suelo seleccionado, suelo cemento u hormigón de calidad inferior.
- Reposición de capas estructurales de suelos estabilizados con distintos agentes estabilizantes tales como estabilizados granulares con cemento, cal y/o cemento portland.
- Riego de curado de aplicación en capas de suelos estabilizados.
- Bacheo en calzada de hormigón, con hormigón elaborado, para reparaciones en espesor total o parcial.
- Provisión y colocación de elementos de acero: barras de unión y pasadores.
- Provisión y colocación de mallas de acero para reconstrucción total o parcial de losas con armadura distribuida.
- Sellado de juntas con material bituminoso modificado.

Fig. 10 Distintas tareas de mantenimiento según el estado de deterioro.

- Reconstrucción de badenes y cordones de hormigón.
- Reconstrucción de veredas existentes.
- Tapas de cámaras a nivelar con nueva cota.
- Refacción de sumideros.
- Construcción de sumideros, cámaras y bocas de registro.
- Construcción de desagües de distintos diámetros.

En esta síntesis he pretendido explicar, sin llegar a profundizar técnicamente, los programas en que se basan las políticas de desarrollo urbano e integración barrial y cómo el Gobierno local entiende que se gestionan, en particular, el mantenimiento y las obras de infraestructura vial para la integración de los barrios entre sí y con el área central.

Finalmente, quiero agradecer al intendente Mario Andrés Meoni y al secretario de Obras y Servicios Públicos arquitecto Agustín Pinedo por la implementación y ejecución constante de estos programas, que son la expresión de políticas públicas para el desarrollo de mi ciudad.



Fig. 11

SECCIÓN 5

Información sobre las líneas de investigación que se desarrollan en la UNNOBA

En esta sección de *Materiales y Construcciones* se suministra información sobre los programas de investigación y transferencia que se desarrollan en la UNNOBA, las ejecutadas en el LEMEJ y en el IIDS (Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Sostenible) así como las que se llevan a cabo en otras áreas de la Universidad. Su intención no es solo informar sobre lo que se está haciendo, sino también poner en conocimiento de los diferentes grupos de investigadores de la Universidad lo que cada uno de ellos viene desarrollando como mecanismo para buscar complementariedades, realizar aportes enriquecedores y tratar de alcanzar, en estos campos, la idea de Universidad como universo de ideas en permanente desarrollo.

PROYECTO INTERINSTITUCIONAL:¹ CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LA MADERA DE *POPULUS DELTOIDES* “AUSTRALIANO 129/60” CULTIVADO EN EL DELTA DEL RÍO PARANÁ

INSTITUCIONES INTERVINIENTES

- UNNOBA (Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires)
- UTN-FRVT (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Venado Tuerto).

OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es determinar las propiedades tecnológicas de la madera del clon *Populus deltoides* “Australiano 129/60”, cultivado en el delta del río Paraná, con el fin de identificar los usos posibles en la construcción.

CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación: aplicada

Área departamental: Departamento de Informática y Tecnología

Escuela: Tecnología

Disciplina: ingeniería

Subdisciplina: materiales y estructuras

Campo de aplicación: materiales de construcción

Línea de investigación: madera para uso estructural

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE ESTA ESPECIE

El cultivo del álamo se caracteriza por la homogeneidad de las plantaciones. Es una especie de rápido crecimiento, con baja densidad de la madera (lo que favorece el valor de su resistencia específica) y poca rigidez, pero con condiciones que permitirían la fabricación de vigas laminadas o su utilización como vigas aserradas para pequeñas luces.

¹ Forma parte también del Proyecto de Fortalecimiento de Redes Universitarias “Cooperación para la caracterización de madera de uso estructural”. De él participan, además de la UTN-FRVT y la UNNOBA, la Universidad de Valladolid, Escuela Técnica Superior en Ingenierías Agrarias (Campus Palencia) (Palencia, España); la Universidad ORT, Facultad de Arquitectura (Montevideo, Uruguay); la Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Estruturas (São Paulo, Brasil) y la Universidad de Bio Bio, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería en Maderas (Campus Concepción) (Concepción, Chile).

La densidad básica del clon “Australiano 129/60” se ubica entre los 350 kg/m³ y los 400 kg/m³ (aumenta con la altura del fuste). La transición entre la madera juvenil y la madura ocurre entre los nueve y los once años.

MOTIVOS DE LA UTILIZACIÓN DE ESTE TIPO DE MADERA

La utilización de madera dura en estructuras disminuye la existencia de bosques nativos. La necesidad de protegerlos exige plantaciones de nuevas especies y su explotación en montes de reforestación sustentable.

En este contexto, para satisfacer las necesidades de la construcción de elementos estructurales, resulta de interés la utilización de especies de rápido crecimiento como, por ejemplo, el álamo. Emplear en la construcción madera de esta especie en reemplazo de vigas aserradas de madera dura disminuirá la utilización de esta última e impulsará la natural preservación de los bosques nativos.

MADERA LAMINADA ENCOLADA PARA USO ESTRUCTURAL

Se define como madera laminada encolada para uso estructural al producto que resulta de unir, por encolado, varias láminas delgadas de madera.

Las láminas se confeccionan a partir de tablas cepilladas, habitualmente de 25 mm de espesor, con los defectos adecuados a la clase resistente esperada. Se construyen láminas de entre 10 y 15 metros de longitud, uniéndose las tablas mediante la denominada “unión dentada o *finger joint*”. Luego estas láminas se encolan y se unen una sobre la otra hasta alcanzar la dimensión deseada.

Finalmente, se realiza el prensado de las láminas hasta el fraguado del adhesivo.

El proceso industrial de construcción de los elementos de madera laminada estructural debe ser muy cuidadoso y está regido por las Normas IRAM 9660/1-2, 9661 y 9662/1-2-3.

MOTIVOS DE SU CARACTERIZACIÓN

La utilización de la madera de álamo en la construcción está sujeta al conocimiento de las propiedades de la especie.

Existen resultados preliminares que indican valores promisorios, los cuales deberán ser corroborados mediante ensayos que cumplan condiciones establecidas. Este proyecto permitirá valorar las principales propiedades físicas y mecánicas de la madera del clon *Populus deltoides* “Australiano 129/60”, cultivado en el delta del río Paraná.

Además, establecerá las bases para la confección de una normativa específica de clasificación de vigas aserradas y tablas (en clases o grados de acuerdo a su nudosidad, presencia de médula, etc.), lo que favorecerá la incorporación de *Populus deltoides* “Australiano 129/60” como material para la confección de vigas de madera laminada encolada.

Sus resultados serán de utilidad para la inclusión en el Suplemento del Reglamento Argentino de Estructuras de Madera, en proceso de redacción en el CIRSOC. Esto le aportará a la comunidad científica valores comparables (será un respaldo estadístico para profesionales proyectistas), y mejorará la rentabilidad de la explotación forestal de este tipo de madera.

El conocimiento de la durabilidad natural y la tratabilidad del clon completarán la información, para que en su utilización se puedan aprovechar sus mejores propiedades y asegurarlas en el tiempo.

ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE VIGAS DE MADERAS DE ESTE TIPO

Investigadores de la Universidad de Valladolid, España (Uva) han realizado estudios sobre vigas extraídas de ejemplares de 18 años de edad (*Populus x canadensis* I-214) cultivados en la cuenca del Duero. Los resultados que presentan son esperanzadores, pues habilitan el avance en el estudio de otros clones para la utilización estructural de la madera.²

La madera de *Populus* cultivados en Europa está considerada como “no durable” ante la acción de hongos xilófagos.

La durabilidad natural del álamo puede ser mejorada mediante el tratamiento de la madera con sustancias preservantes, lo que permitiría su uso en distintas condiciones.

Los estudios realizados en madera preservada (impregnada con sales de CCA) para conferirle resistencia al ataque de hongos e insectos muestran una buena aptitud de la madera a la impregnación y una mayor durabilidad.

2 Casado, M.; Acuña, L.; Basterra, L. A.; Ramón-Cueto, G. y Vecilla, D. (2012). “Grading of structural timber of *Populus x euramericana* clone I-214”. *Holzforschung*, 66(5), pp.633–638.

ANTECEDENTES DE UTILIZACIÓN DE ESTE TIPO DE MADERAS EN LA CONSTRUCCIÓN

Existen varios ejemplos históricos de aplicación de esta madera en el ámbito de la construcción, en circunstancias en las cuales existía en su entorno disponibilidad de otras especies maderables.

En Italia se pueden citar la estructura del techo de la “Sala delle feste” del Castillo del Valentino, en Turín, del siglo XVIII (Bertolini C.); partes de la estructura central del techo del Teatro Verdi, en Pisa, del siglo XIX (Carmassi M., 1994); las estructuras del puente del viaducto Paderno d’Adda-Como, del siglo XIX (Bertolini C., 1989).

En todos estos casos la madera de álamo fue elegida en virtud de su baja densidad y muy buena estabilidad dimensional. Los problemas relativos a su modesta durabilidad y al comportamiento mecánico fueron resueltos en la etapa de diseño. No obstante, estas estructuras conservan actualmente su resistencia.

Esto demuestra que no existen razones técnicas que impidan utilizar la madera de álamo para propósitos estructurales. Sin embargo, para ello se debe avanzar en los estudios del comportamiento mecánico de esta madera.

ANTECEDENTES EN ARGENTINA DE CARACTERIZACIÓN DE MADERAS DE ESTE TIPO

En nuestro país existe un gran déficit en la caracterización de maderas para uso estructural, de especies de rápido crecimiento, de plantaciones forestales de reforestación. Los estudios sobre la aptitud de este tipo de maderas en la construcción son escasos.

Además, en mucho de los estudios, los materiales de ensayo corresponden a probetas pequeñas libres de defectos o a ensayos con un número insuficiente de repeticiones como para permitir la confección de una norma.

Existe normativa IRAM para la clasificación visual de tablas de algunas maderas (*Araucaria angustifolia* de Misiones, *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* de Misiones y Corrientes, *Eucalyptus grandis* de la Mesopotamia (IRAM 9662/1, 9662/2 y 9662/3) y su utilización en la fabricación de vigas laminadas encoladas (IRAM 9660/1). Los ensayos de tablas que dieron origen a estas normas se realizaron bajo las prescripciones de la normativa europea.

Para vigas de madera aserrada (de *Pinus taeda* y *Pinus elliottii*) se desarrolló la norma de clasificación visual IRAM 9670, pero esta no hace referencia específica a la normativa de ensayos utilizada.

Sin embargo, para tablas de otra procedencia no existen antecedentes que hayan permitido la concreción en una normativa IRAM.

La redacción del Proyecto CIRSOC 601 “Reglamento Argentino de Estructuras de Madera” exige aumentar el conocimiento sobre el comportamiento mecánico de las especies de acuerdo a su lugar de procedencia. Se debe considerar que cada especie, por las características de la madera y el tipo de material genético utilizado en la plantación, posee distintos comportamientos, influenciados además por el lugar de cultivo y los tratamientos silviculturales aplicados a ella.

Estudios llevados a cabo sobre madera obtenida de plantaciones de cultivo han demostrado que, a pesar de los bajos valores de resistencia a la flexión, el interesante comportamiento al corte de la madera de álamo y la alta fiabilidad de la capacidad de unión o adhesividad del producto encolado logrado sugieren que la madera de álamo podría ser utilizada en vigas aserradas de luces pequeñas, en la fabricación de vigas laminadas o en la porción central de vigas laminares mixtas, siendo por lo tanto perfectamente adecuada para este uso.³

MOTIVOS DE LA SELECCIÓN DE ESTE CLON

En nuestro país existe un extenso listado de clones de *Populus deltoides* susceptibles de ser implantados⁴ (existen en cultivo más de veinte clones diferentes).

La superficie forestada con álamo en el delta del río Paraná se estima en 14 508 hectáreas.⁵ Estas plantaciones están constituidas principalmente por cuatro clones de *Populus deltoides* (“Australiano 129/60”, “Australiano 106/60”, “Carabelas INTA” y “Stoneville 67”) y un clon de *Populus x canadensis* (“Ragonese 22 INTA”).

Para este trabajo, se seleccionó de entre ellos el clon *Populus deltoides* “Australiano 129/60”, ya que presenta una importante superficie forestada en el delta y un buen estado sanitario.

La cercanía de esta especie a los importantes centros de consumo de madera para la construcción presenta una alternativa interesante al momento de evaluar su utilización, pues le incorpora valor agregado.

3 Afirmación del investigador italiano Dr. Gaetano Castro (del Instituto de Casale Monferrato, centro mundial de difusión de clones de álamos) realizada en las Jornadas de Salicáceas llevadas a cabo en la FAUBA (Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires) del 28 al 30 de septiembre del 2006.

4 Borodowski, E. D. (Núcleo de Extensión Forestal Delta, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos) (Cátedra de Dasonomía, Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires): Disertación realizada en las Jornadas de Salicáceas llevadas a cabo en la FAUBA (Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires) del 28 al 30 de septiembre del 2006.

5 Galarco, S., director de Bosques y Forestación, Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires. Disertación “Salicáceas en Buenos Aires” en las Jornadas de Salicáceas 2014 realizadas en La Plata entre los días 18 y 21 de marzo.

INTEGRANTES DEL EQUIPO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto es interinstitucional, por lo que este trabajo de investigación es una realización conjunta entre docentes y alumnos de la UNNOBA y de la UTN-FR Venado Tuerto. El grupo de investigación actual está formado por los siguientes docentes: Alfredo Guillaumet (director del proyecto) y Cecilia Filippetti (ambos profesores de UTN-FRVT y UNNOBA), y por los docentes de la UNNOBA César Mossre, Luis Seewald y Miguel Tortoriello.

Los alumnos de la UNNOBA que participan en él son actualmente: Patricio Arrien, Carlos Carrizo, Nehuen Pérez Castelli, Valentina De Antoni, Victoria Doblari, Ayelén Ottaviani, Manuel Policastro, Matías Becchi y Luis Domínguez.

En sus comienzos participaron también del equipo de investigación los profesores Jorge Goya, Ruben Dicum, Luciana Elustondo y los alumnos Julio Lombardi, Emmanuel Perchante, Diego Fernández y Juan Martín.

INTEGRACIÓN CURRICULAR

El trabajo se integra con las asignaturas del Área “Materiales y Estructuras” de las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial; con “Probabilidades

y Estadística” y “Mercados y Comercialización” de Ingeniería Industrial (todas dictadas en la UNNOBA), y con las materias de Ingeniería Civil de la UTN-FR Venado Tuerto.

ACTIVIDADES PROPUESTAS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

- Establecer pautas para una clasificación visual resistente de tablas y de vigas aserradas de esta madera, en las que se determine para cada clase la densidad de la madera y, mediante ensayos, el módulo de rotura y módulo de elasticidad a la flexión estática.
- Determinar las propiedades mecánicas de vigas de madera laminada encolada confeccionadas con tablas de esta madera.
- Determinar el coeficiente de hinchamiento y contracción y la dureza de esta madera.
- Determinar la penetrabilidad, retención y durabilidad natural y conferida de la madera del clon.
- Elaborar una estadística sobre el origen, proceso de fabricación y especies utilizadas en las vigas de madera laminada encolada en el noroeste de la provincia de Buenos Aires y sur de la provincia de Santa Fe.
- Avanzar en la redacción de un proyecto Norma IRAM que presente el comportamiento esperable y la inclusión del clon en el CIRSOC 601.

ACTIVIDAD

“ELABORACIÓN DE UNA ESTADÍSTICA SOBRE EL ORIGEN, PROCESO DE FABRICACIÓN Y ESPECIES UTILIZADAS EN LAS VIGAS DE MADERA LAMINADA ENCOLADA EN EL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES Y SUR DE LA PROVINCIA DE SANTA FE”

Como se mencionó anteriormente, esta es una de las actividades propuestas para el desarrollo del proyecto. Para llevarla a cabo, los alumnos investigadores de Ingeniería Industrial, con el apoyo de sus profesores, efectuaron, en el noroeste de la provincia de Buenos Aires y el sur de la provincia de Santa Fe, un relevamiento de la madera comercializada para identificar especies en vigas aserradas, así como la especie y fábrica de origen de las vigas laminadas encoladas.

Para concretar el relevamiento se diseñó una encuesta (identificando los focos de investigación y su localización, con selección de los entrevistados y elección del momento de acuerdo a técnicas y prácticas desarrolladas en espacios curriculares de la carrera de Ingeniería industrial). La encuesta se dividió en dos, una para usuarios y otra para proveedores-fabricantes.

En la encuesta a los usuarios se les realizaron preguntas tales como su profesión o actividad, antigüedad en ella, si han utilizado vigas laminadas, estética del producto, resistencia de las vigas laminadas, especie de madera con la que se construyeron las vigas, lugar donde adquirió el producto, si está siempre disponible, si existen demoras en la entrega, si el producto resultó costoso.

En la encuesta a los proveedores-fabricantes se contactaron y visitaron comercios de expendio de vigas aserradas y laminadas de la zona. Algunas de las preguntas que se les realizaron son: antigüedad de la empresa en

el mercado, tipo de vigas que comercializa (laminadas o aserradas), zona del país de la que provienen ambas, garantías de las vigas, tipo de madera utilizada en la viga que comercializa, clases de escuadría que tiene a la venta, recepción de quejas de sus clientes por fallas en las vigas laminadas, disponibilidad en fábrica de vigas laminadas y aserradas, demoras en la entrega, si ha realizado campañas de estimulación de los consumidores en favor de la utilización de vigas laminadas por sobre las aserradas, si los usuarios tienen conocimiento o comprenden el impacto ambiental que provoca el consumo masivo de vigas aserradas respecto de las laminadas, volumen de venta anual de las vigas laminadas respecto de las aserradas, conocimiento de la calidad de ambas vigas, costos de cada una de ellas, aceptación de las vigas laminadas respecto de la relación prestación-precio. La información obtenida fue organizada, procesada e introducida en una base de datos. Con ella se confeccionaron tablas informativas y gráficos a fin de facilitar la interpretación de los resultados. Finalmente, se elaboró un informe que refleja la situación maderera de la región.

RESULTADOS OBTENIDOS

De acuerdo con las encuestas, solo el 62,5% de las empresas entrevistadas confeccionan vigas de madera laminada encolada estructural bajo normas IRAM de fabricación.

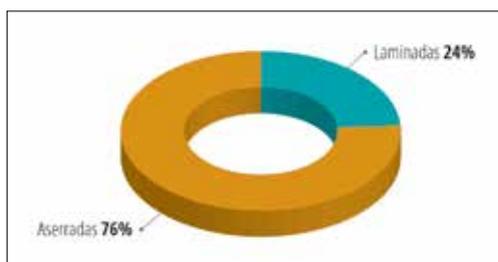


Fig. 1

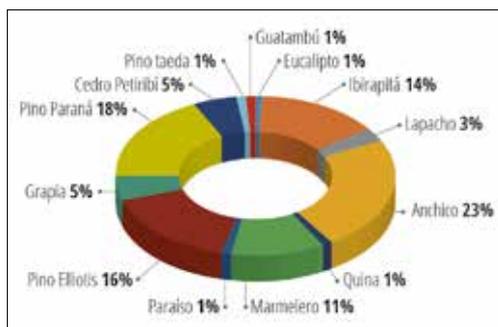


Fig. 2

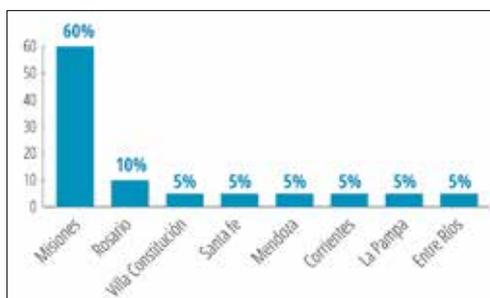


Fig. 3

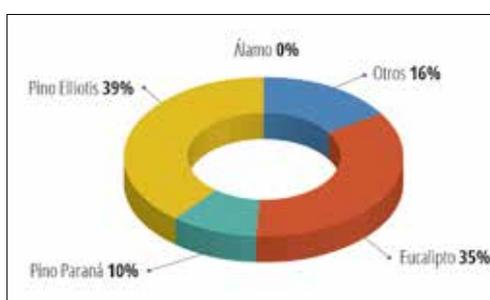


Fig. 4

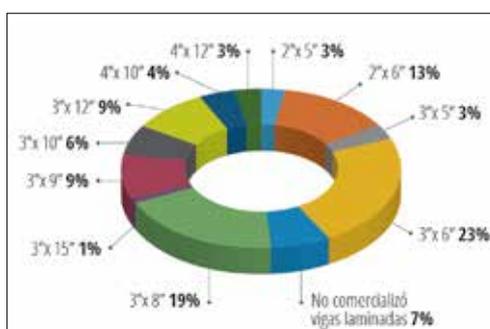


Fig. 5

CONCLUSIÓN

Como conclusión se puede afirmar que en el noroeste de la provincia de Buenos Aires y el sur de la provincia de Santa Fe se usan mayoritariamente vigas de madera aserrada. Este hecho se debe a que en esta zona no está demostrado que la fabricación de vigas de madera laminada se realice totalmente bajo criterios de una normativa especializada. Ello no asegura la calidad de estas, por lo cual la demanda del producto en cuestión es baja. Por el mismo motivo, el uso que se le da a la misma no está establecido ni regulado, lo que genera fallas recurrentes. Esto provoca insatisfacción y desconfianza en los clientes en cuanto a la utilización de vigas laminadas para la construcción.

Fig. 1 Porcentaje de ventas anuales de vigas de madera aserradas y laminadas.

Fig. 2 Maderas aserradas comercializadas para construcción: distintas especies utilizadas.

Fig. 3 Procedencia de maderas laminadas.

Fig. 4 Especies más utilizadas para la construcción de vigas laminadas en la región.

Fig. 5 Escuadrías más comercializadas de vigas laminadas.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN EN EL ÁREA DE LA INGENIERÍA MECÁNICA

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN: “DESARROLLO DE MATERIALES PARA IMPLANTES QUIRÚRGICOS”

Esta línea de investigación se desarrolló entre los años 2010 y 2012 y se refirió a los siguientes temas:

1. Aplicación de tratamientos térmicos y termoquímicos para mejorar las propiedades químicas y mecánicas de aleaciones metálicas.
2. Determinación de las propiedades mecánicas de las aleaciones tratadas.
3. Determinación de las propiedades mecánicas de nuevas aleaciones metálicas.

Estas tareas de investigación se encuadran en el programa “Desarrollo de materiales para implantes quirúrgicos”, aprobado por la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia y que se lleva a cabo en el Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT), perteneciente a dicha institución. En lo referente a las tareas a cumplir en la UNNOBA, estas se desarrollaron inicialmente utilizando los equipos de la Escuela de Educación Técnica N.º 1 “Antonio Bermejo”, de la ciudad de Junín.

Los correspondientes convenios de cooperación entre la UNNOBA y el LEMIT, y entre aquella y la EET N.º 1 están vigentes y cuentan con el pleno apoyo de las partes intervinientes.

RESPONSABLES Y PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN

- Director de la investigación: Luis J. Lima, profesor titular ordinario del Área de Materiales y Estructuras, Departamento de Informática y Tecnología, UNNOBA; asesor técnico del director del LEMIT.
- Codirector: Dr. Ing. Ricardo Gregorutti, investigador de carrera de la CIC (en trámite); responsable del programa “Desarrollo de materiales para implantes quirúrgicos”, LEMIT.

- Responsable local: Luis A. Seewald, auxiliar docente del Área de Materiales y Estructuras, Departamento de Informática y Tecnología, UNNOBA.
- Participantes: alumnos de la UNNOBA Alejandro Mateos y Lucas Reynoso, con la colaboración de Bruno Gregoratti y Renzo Meloni.
- Lugar de trabajo: en Junín, Escuela Técnica N.º 1; en La Plata, LEMIT.

OBJETIVOS DEL PROGRAMA DESARROLLADO

Búsqueda de materiales que mejoren la biocompatibilidad de las piezas implantadas y que garanticen la resistencia mecánica de los implantes (evitar su rotura) durante toda la vida útil prevista.

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DESARROLLADO

1. Puesta a punto y calibración del instrumental disponible.
2. Estudio del proceso de solidificación de aleaciones empleadas en prótesis quirúrgicas en función de los distintos parámetros de colada.
3. Caracterización de las estructuras de solidificación, su correlación con las propiedades mecánicas del material.
4. Desarrollo de tratamientos térmicos para modificar la estructura de solidificación.
5. Determinación de propiedades mecánicas en función de las distintas estructuras de colada y de los diferentes tratamientos térmicos aplicados.

EQUIPAMIENTO UTILIZADO DISPONIBLE EN LA E. E. T. N.º 1 (JUNÍN)

- Tres hornos de mufla eléctricos para tratamientos térmicos hasta 1200 °C.

- Banco metalográfico con microscopio Nikon hasta 2250X.
- Cortadora metalográfica.
- Pulidora metalográfica.
- Incluidora metalográfica.
- Máquina universal de ensayos de hasta 30 000 daN.
- Máquina universal de ensayos de hasta 5000 daN.
- Máquina pendular para ensayos por impacto de hasta 325,4 J.
- Durómetro de banco Brinell.
- Durómetro de banco Rockwell.
- Microdurómetro Vickers de 0,098 hasta 9,8 N.

PLAN DE TRABAJO

El plan de trabajo tuvo como objetivo general ampliar el conocimiento existente sobre los biomateriales usados en la actualidad en lo que respecta a las propiedades físicas, químicas y mecánicas.

Las tareas correspondientes se centraron en el estudio del acero inoxidable 316L, utilizado habitualmente para confeccionar prótesis e implantes quirúrgicos. El material analizado fue obtenido mediante procesos de colada convencional y con asistencia de vacío, bajo atmósferas de aire y argón.

1. ESTUDIOS DESDE EL PUNTO DE VISTA METALÚRGICO

- Estudio del proceso de solidificación de las aleaciones habitualmente empleadas en prótesis quirúrgicas (acero inoxidable 316L, aleaciones base cobalto y aleaciones base titanio) (temperatura de metal líquido, temperatura de cáscara).
- Caracterización de las estructuras de solidificación (estructuras “*as cast*”) en función de los distintos parámetros de colada. Se determinó el tamaño de grano, el nivel de inclusiones y los perfiles de micro- y macrosegregación. Al mismo tiempo, se analizó la correlación entre estas estructuras y las propiedades mecánicas y químicas.
- Desarrollo de tratamientos térmicos para modificar la estructura “*as cast*”, de modo de optimizar las propiedades mecánicas y químicas.

2. ESTUDIOS DESDE EL PUNTO DE VISTA MECÁNICO

- Determinación de las propiedades mecánicas en función de las distintas estructuras de colada y de los distintos tratamientos térmicos. Se realizaron

ensayos de tracción para evaluar la resistencia mecánica y ensayos de micro- y macrodureza.

3. ESTUDIOS DESDE EL PUNTO DE VISTA QUÍMICO

- Determinación de la resistencia a la corrosión de las distintas aleaciones en medios que simulen fluidos del cuerpo humano y en función de distintas superficies.

CONCLUSIÓN

Las conclusiones más trascendentales del programa de investigación “Desarrollo de materiales para implantes quirúrgicos” son las siguientes:

- Se obtuvieron datos y resultados que ampliaron el cuerpo de conocimientos ya existente sobre las aleaciones habitualmente empleadas en prótesis quirúrgicas (acero inoxidable 316L, aleaciones base cobalto y aleaciones base titanio).
- Se incrementó el conocimiento de los participantes respecto de estos materiales.
- Los participantes adquirieron la capacidad, la responsabilidad y la seriedad necesarias para realizar este y cualquier otro trabajo de investigación.
- El grupo de participantes pudo comprender que, aunque muchas veces no se logren —en apariencia— resultados en determinados momentos de una investigación y hasta quizás ninguno en todo su transcurso, se es investigador por el simple hecho de investigar y no precisamente por los resultados que se obtengan.
- Se despertó en el grupo de participantes lo que podría denominarse “espíritu de investigador”, ya que sus miembros participan actualmente en otras líneas de investigación del área de la Ingeniería Mecánica desarrolladas en la UNNOBA.

SECCIÓN 6

Temas teóricos de ingeniería

Por razones de tiempo o de espacio, no siempre es posible en las clases teóricas o en los textos técnicos tratar o desarrollar exhaustivamente muchos de los temas que, con alguna frecuencia, se presentan en la vida profesional del ingeniero. El sentido de esta sección de *Materiales y Construcciones* consiste, precisamente, en darles lugar. En consecuencia, la sección se dedicará a profundizar en temas específicos correspondientes a los programas de las carreras que se cursan en la UNNOBA. Por lo tanto, esta sección está destinada, en primer término, a estudiantes y graduados universitarios. Respecto de estos últimos, aspiramos a que ella les sirva para facilitar, de algún modo, su ejercicio de la educación permanente, pero creemos que también será de utilidad, sin duda, para el público en general interesado en estos temas.

EL PANDEO DE BARRAS COMPRIMIDAS DE EJE RECTO. SOLUCIÓN SIMPLIFICADA PARA CIERTOS CASOS PRÁCTICOS

LUIS J. LIMA¹

1. INTRODUCCIÓN

Comencemos con algunas precisiones necesarias. Denominaremos “barra” a todo elemento estructural una de cuyas dimensiones, la que se conoce como “longitud”, es mucho mayor que las otras dos. En su dirección se define el “eje de la pieza”. Las dos dimensiones restantes conforman su “sección transversal”. En consecuencia, son *barras de eje recto* aquellas barras en las que los centros de gravedad de todas sus secciones transversales están ubicados sobre una recta, la que es, además, el ya citado *eje de la pieza*.

Más allá de esta definición, puramente matemática, en la práctica resulta imposible materializar un eje perfectamente recto, pues siempre existen heterogeneidades del material y defectos constructivos que, por pequeños que sean, hacen que la hipótesis de tener ejes

rectos no se cumpla nunca. Por consiguiente, el *eje real* de una pieza descargada es una curva espacial que se desarrolla en torno a su eje recto ideal y, en su intersección con el plano de pandeo,² definido por los ejes coordenados (x,y), va a tener una forma geométrica aleatoria que oscila en torno a una recta —el *eje recto ideal*—que haremos coincidir con el eje de abscisas “x” del sistema de coordenadas utilizado. Este *eje real* puede ser representado mediante una serie de senos que, para una pieza con extremos articulados y desplazables entre sí,³ toma la siguiente forma genérica:

$$y_i = a_0 + a_1 \cdot \text{sen}(\pi \cdot x/L) + a_2 \cdot \text{sen}^2(\pi \cdot x/L) + \dots \quad [1]$$

en la que designamos con (y_i) a la deformada inicial del eje supuestamente recto cuando la pieza aún no ha sido cargada. Además, habiendo hecho coincidir el *eje*

1 Profesor titular de la UNNOBA, área Materiales y Estructuras.

2 Si suponemos que las excentricidades accidentales se distribuyen más o menos uniformemente según cualquier plano que contenga al eje recto ideal, el plano de pandeo es el plano perpendicular al eje de la sección transversal respecto del cual el momento de inercia de ella es mínimo.

3 Lo que significa que el elemento puede acortarse.

ideal de la pieza con el eje de las "x", en nuestro caso, va a resultar $a_0=0$. Nótese que, debido a la existencia de la curva expresada por la fórmula [1], el eje de la pieza descargada va a tener, en cada uno de sus puntos, una curvatura inicial $(1/r_0)$.

Para el análisis que vamos a efectuar, se utilizará la resistencia de materiales específica de estructuras con comportamiento mecánico lineal elástico.

En estas condiciones, el fenómeno de pandeo se produce cuando *se rompe el equilibrio resistente de la pieza*, es decir, cuando, para flechas crecientes, el momento solicitante externo iguala al momento resistente interno y su crecimiento es mayor que el de este último.

2. INTERPRETACIÓN DEL FENÓMENO

El citado proceso de *rotura del equilibrio resistente* se desarrolla de la siguiente forma:

1. Al aplicar a la pieza una carga externa inicial que supuestamente genere en ella una sollicitación de compresión centrada (N_0), es decir, una carga de compresión que en la realidad actúa sobre los baricentros de sus secciones extremas, en lugar del acortamiento uniforme de la compresión centrada ideal se produce en ella, debido a las ya citadas imperfecciones de su eje, un diagrama de *momentos flectores solicitantes externo* ($M_{e,0}$) que, para cada abscisa "x", toma inicialmente el valor: $M_{e,0i}=N_0 \cdot y_i$, siendo "y_i" la ordenada que adopta para cada valor de "x", según la expresión [1], la deformada inicial del elemento, y [$t=0$] el instante en que comienza a actuar la carga externa (N_0).⁴
2. Como la variación del momento interno resistente (M_i) de estructuras linealmente elásticas viene dada por la expresión:

$$(1/r) = (M_i/E \cdot I) \quad [2]$$

para equilibrar los citados momentos externos actuantes inicialmente, la pieza debe generar, en correspondencia con cada una de sus coordenadas "x", una modificación de la curvatura inicial $(1/r_i)$, que denominaremos $[\Delta(1/r_0)]$,⁵ de magnitud tal que origine un *momento flector equilibrante interno* ($M_{i,0}$) igual y de signo contrario a ($M_{e,0i}$).

3. Pero al aumentar $(1/r)$ van a aumentar las abscisas "y" de los puntos del eje, por lo que se producirá un incremento en el valor de (M_e) con N_0 cons-

tante. Mediante sucesivos ajustes el elemento llega finalmente a una posición de equilibrio resistente ($M_{e,0} = M_{i,0}$), cuyas magnitudes surgen de los valores definitivos, bajo la acción de N_0 , de las ordenadas (y_0) y de las curvaturas $(1/r_0)$ correspondientes a cada abscisa "x".

4. A medida que el valor de la carga externa aumenta⁶ pasando de ($N=N_0$) a ($N=N_1$), aumenta debido a ello el momento externo, que inicialmente valía (M_0) y que ahora pasa a valer (M_1), produciéndose un proceso progresivo de búsqueda del equilibrio como el ya indicado en el punto 3 precedente.
5. Para cargas (N) suficientemente bajas, las posibilidades de crecimiento de (M_i), su "potencialidad", son mayores que el crecimiento real de (M_e).
6. A medida que (N) continúa aumentando, se tiene, por un lado, que la diferencia entre (M_e) y las posibilidades resistentes de (M_i), a favor de este último, decrecen y, por otro, que en la expresión [1] se va haciendo cada vez más preponderante su primer término: $a_1 \cdot \text{sen}(\pi \cdot x/L)$, con lo que la deformada de la barra comprimida tiende a aproximarse a una función sinusoidal.
7. Finalmente, se llega a un valor de la carga externa, al que se denomina *carga crítica* (N_{cr}), a partir del cual (M_i) solo alcanza a igualar a (M_e) en base a grandes deformaciones de la barra comprimida; deformaciones totalmente incompatibles con un comportamiento estructural aceptable. Diremos entonces que, al llegarse a una carga externa de valor igual al de la *carga crítica* (N_{cr}), el elemento estructural ha alcanzado *el límite de su equilibrio resistente*. Para llegar a este punto hemos supuesto, implícitamente, que el elemento comprimido es suficientemente esbelto⁷ como para no haber alcanzado antes, en alguna de sus secciones, la rotura por agotamiento de la capacidad resistente del material que lo constituye.⁸
8. Al llegar a la *carga crítica de pandeo*, la deformada del elemento comprimido, representada por la expresión [1], se ha transformado, a todos los efectos prácticos, en una senoide.

Como vimos, si (N) supera a (N_{cr}), las deformaciones que debe sufrir el elemento comprimido para preservar el equilibrio resistente son de tal magnitud que el comportamiento de cualquier estructura deja de ser aceptable, por lo que se dice que ha quedado *fuera de servicio*. En otras palabras y desde el punto de vista del proyecto de estructuras efectivamente utilizables,

4 El tiempo que se tarda en aplicar la carga no tiene incidencia en este análisis.

5 Dado que E e I no varían ni con el tiempo ni con la carga, al modificarse M, la única posibilidad de mantener el equilibrio resistente consiste en que la curvatura de la pieza se modifique en la misma proporción.

6 Este aumento se produce en función del tiempo.

7 La resistencia a flexión de una sección y el pandeo no son otra cosa que un problema particular de flexión. Viene expresada por el área (A), que representa su capacidad portante, y por la distribución de esta área, representada por su momento de inercia (I) y que indica la magnitud del brazo de palanca interno. El parámetro que indica ambas cualidades en conjunto es el "radio de giro (i)" que se expresa como: $i^2 = I/A$. Mientras mayor es (i), mayor es la resistencia potencial. La "esbeltez (λ)" de un elemento, que es una medida de su vulnerabilidad frente a los fenómenos de pandeo, se expresa mediante la relación $\lambda = L/i$, siendo (L) la luz libre del elemento comprimido. Puede interpretarse a la *esbeltez* como una relación entre la tendencia a la inestabilidad de una estructura, indicada por la luz (L), y sus posibilidades de contrarrestarla, representada por el radio de giro (i). En consecuencia, mientras mayor es la esbeltez, mayor es la tendencia hacia la inestabilidad.

8 En este caso, que no es el que hoy nos interesa analizar, en lugar de "rotura del equilibrio resistente" vamos a tener "rotura de sección".

se dice que al llegar la carga externa a (N_{cr}) el elemento comprimido ha alcanzado su carga última o de rotura, la cual se origina en la rotura de su equilibrio resistente, y es respecto de ella que deben tomarse los márgenes de seguridad en piezas esbeltas.

Para tener una idea de lo que ocurre si se supera la carga (N_{cr}), resumiremos lo que se incluye al respecto en Timoshenko (1936). La columna empotrada en su base y libre en el extremo superior, que es donde se aplica la carga de compresión (N), está representada en la Figura 1. Si se supera el valor de su *carga crítica* (N_{cr}), las deformaciones que debe sufrir el elemento para llegar a una posición de equilibrio son las siguientes:

Para $N = 1,015 \times N_{cr}$ (1,5 % de aumento);
 $\delta = 0,22 \times L$; $\alpha = 20^\circ$
 Para $N = 1,063 \times N_{cr}$ (6,3 % de aumento);
 $\delta = 0,42 \times L$; $\alpha = 40^\circ$

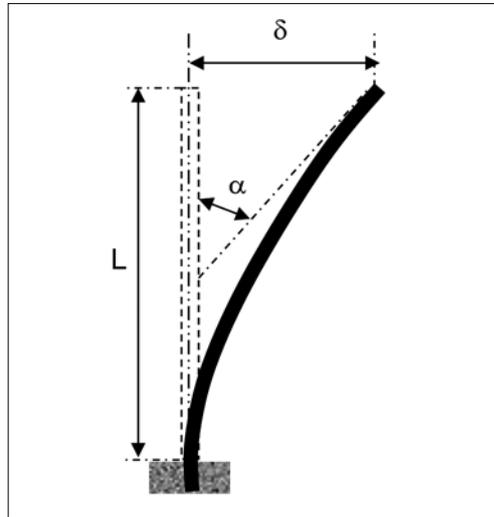


Fig. 1

La *curvatura* ($1/r$) incluida en la expresión [2] representa la variación de la tangente a una curva en función del desarrollo de esa misma curva:⁹

$$(1/r) = d\theta/ds \quad [3]$$

En consecuencia, si la expresamos en función del sistema de coordenadas adoptado (x,y), tendremos relacionada la curvatura con la deformada, es decir, el *momento resistente interno* (M_i) con el *momento externo solicitante* (M_e) y estaremos en condiciones de resolver el problema efectuando la integración correspondiente.

La expresión buscada es la siguiente:

$$(1/r) = (d^2y/dx^2) / [1+(dy/dx)^2]^{3/2} \quad [4]$$

Expresión cuya integración resulta sumamente compleja¹⁰ y que, para el uso práctico, es necesario simplificar a fin de que los problemas reales que se presenten puedan ser resueltos, si no “exactamente” al menos con suficiente aproximación.

3. FORMAS SIMPLIFICADAS DE ENCARAR LOS PROBLEMAS DE PANDEO

3.1 LA SOLUCIÓN CLÁSICA DEL PROBLEMA: EULER

La primera simplificación que debe hacerse, imprescindible si se pretende resolver casos prácticos, apunta a simplificar la expresión de la curvatura en coordenadas cartesianas (x,y). Es lo que hacen todos los textos que se ocupan del tema, incluso la publicación original de Leonhard Euler (1707-1783). Esta simplificación consiste en sustituir la variación de la tangente a la curva, respecto de la curva misma ($d\theta/ds$), por su variación respecto del eje de las “ x ” (d^2y/dx^2),¹¹ que es de integración mucho más sencilla y que, para las curvaturas que se producen en las estructuras reales, en general muy pequeñas —grandes radios de curvatura—, no introduce errores de significación en los resultados, aunque, como veremos, modifica un poco el comportamiento resistente que representa. En estas condiciones, las barras rectas cargadas en sus extremos, como el caso elemental representado en la Figura 2.a, resultan de integración bastante sencilla,¹² pues ahora hay que resolver la ecuación [2] simplificada, que se transforma en:

$$(d^2y/dx^2) = M/E.I \quad [5]$$

Por simetría, la máxima curvatura de la barra se produce en su punto medio, con lo cual, tomando momentos respecto de él se tiene:

$$H = N.\delta / L; \quad [6]$$

$$M = N.y - H.x = N.[y-(\delta/L).x] \quad [7]$$

y haciendo: $k^2 = (N/E.I)$;
 queda $[d^2y/dx^2] = k^2 \cdot [y-(\delta/L).x]$ [8]

$$[d^2y/dx^2] - k^2.y = -k^2.[(\delta/L).x] \quad [9]$$

9 Se expresa mediante la inversa del radio de la circunferencia tangente a la curva en cada punto.

10 En el ejemplo de la Figura 1, para resolver la expresión [2] tomando para $(1/r)$ el valor indicado en [4], que representa el caso práctico más sencillo, se debe recurrir al empleo de integrales elípticas.

11 Recuérdese de los cursos de Análisis Matemático que la derivada primera representa el valor de la tangente a la curva $[y=f(x)]$ para todo valor de “ x ”, y que la derivada segunda representa la variación en el valor de la tangente. Como se puede apreciar, para curvaturas pequeñas (grandes radios) la sustitución no es significativa.

12 Ello se debe, entre otras cosas, a que, para piezas de inercia y material constantes, el diagrama de momentos flectores a integrar está representado por una curva continua con derivada primera y segunda también continuas.

cuya solución es del tipo:

$$y = \delta + A \cdot \cos kx + B \cdot \sin kx \quad [10]$$

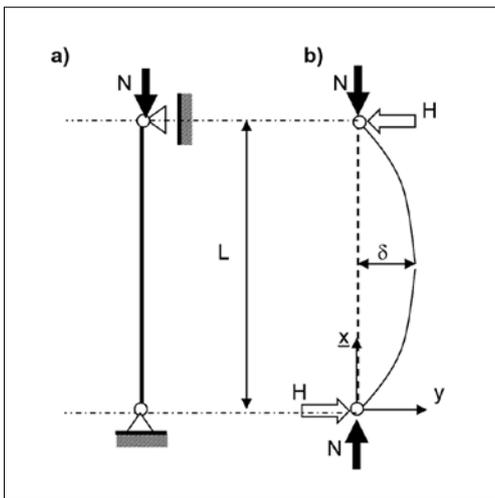


Fig. 2

Las condiciones de borde son:

$$\begin{aligned} \text{para } x=0 & \quad y=0 \\ \text{para } x=L/2 & \quad (d^2y/dx^2)=0 \end{aligned}$$

de las que se obtiene: $A = -\delta$; $B = 0$; lo que conduce a la siguiente expresión de la deformada:

$$y = \delta \cdot (1 - \cos kx);$$

que es una senoide, es decir que, en este caso, de la expresión [1] solo queda el primer término.

Como para $x = (L/2)$ $y = d$; debe ser: $\cos(kL/2) = 0$ el menor valor que satisface esta ecuación es $(k \cdot L/2) = (\pi/2)$; que conduce al siguiente valor de la carga crítica de pandeo:

$$N_{cr} = p^2 \cdot E \cdot I / L^2 \quad [11]$$

Como puede verse en la bibliografía sobre el tema, la expresión [11] corresponde a un estado de “equilibrio indiferente”¹³ y, si se supera en un infinitésimo el valor de (N_{cr}) , se entra en un estado de “equilibrio inestable”¹⁴ que corresponde al colapso de la columna.

En conclusión, haber simplificado la expresión de la curvatura nos lleva a un resultado algo diferente, mecánicamente hablando, pero que en la práctica no tiene ninguna importancia en vista de los valores que adoptan las flechas de equilibrio correspondientes a la

expresión exacta, que ya hemos expuesto, cuando se supera N_{cr} .

3.2 UNA SEGUNDA SIMPLIFICACIÓN

Los casos anteriores, correspondientes a barras rectas cargadas en sus extremos, conducen a soluciones matemáticas inmediatas de la expresión simplificada [5], debido a que, siendo la deformada una curva continua con derivadas primera y segunda también continuas, su integración es suficientemente sencilla. Pero no ocurre lo mismo cuando existen cargas intermedias en la barra (Figura 3), tenga esta o no cargas extremas, pues ahora, en cada uno de los puntos de aplicación de aquellas, habrá un quiebre en la función que representa a la deformada, por lo que, para poder integrar, se deberán plantear tantas ecuaciones diferenciales como segmentos entre cargas sucesivas tenga la pieza, lo que significa que, si tiene (n) cargas intermedias, hay que plantear $(n+1)$ ecuaciones diferenciales, cada una con sus propias condiciones de borde.

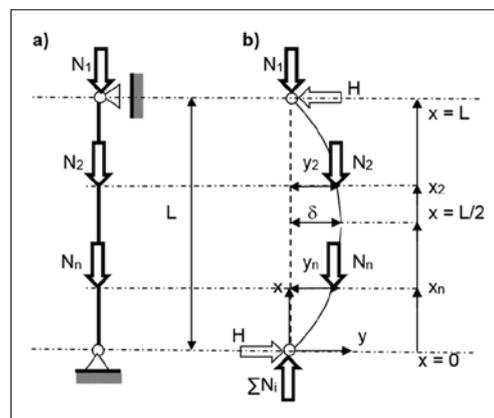


Fig. 3

Esto conduce a un proceso operativo tan engorroso que resulta prácticamente inviable para cualquier caso práctico que se desee resolver. En Timoshenko (1963) se plantea el caso de una única carga intermedia,¹⁵ lo que lleva a un sistema de solo dos ecuaciones diferenciales y, pese a ello, se termina resolviendo el caso por aproximaciones sucesivas, pues la solución algebraica de las ecuaciones, a las que conducen las condiciones de borde de los dos segmentos entre cargas, resulta prácticamente imposible de abordar.

En la práctica de la ingeniería mecánica existen ciertos casos, en sí particulares pero que se presentan muy frecuentemente, en los que aparece un cierto número

13 La pieza está en equilibrio para cualquier valor de (δ) .

14 La pieza no alcanza nunca su equilibrio, superado N_{cr} viene el colapso.

15 Timoshenko, S. y Gere, J. (1963). *Theory of Elastic Stability* (2ª Ed.). McGraw-Hill, p. 98.

de cargas intermedias aplicadas sobre columnas generalmente de inercia constante,¹⁶ como es el caso de los soportes de las grandes estanterías.¹⁷

En tales circunstancias se simplifica enormemente el problema si se puede suponer “a priori” una forma geométrica continua y, por lo tanto, aproximada de la curva que adoptará la deformada de la pieza bajo carga. Considerando que los quiebres que se producirán en la deformada en correspondencia con cada carga intermedia son, en la práctica, casi insignificantes y, dados los resultados teóricos previamente obtenidos, lo más adecuado consiste en suponer que la deformada adopta la forma de una senoide¹⁸ del tipo:

$$y = A \cdot \text{sen}(x \cdot B) \quad [12]$$

donde A y B son constantes cuyo valor dependerá de cada situación particular que se analice.

En el caso práctico representado en la Figura 4 adoptaremos, por razones geométricas y teniendo en cuenta las condiciones de sustentación, la siguiente expresión de la deformada:

$$y = \delta \cdot \text{sen}(x \cdot \pi / L) \quad [13]$$

Para: $x = L/3$; $y = \delta \cdot \text{sen}[(L/3) \cdot \pi / L] = \delta \cdot \text{sen}(\pi/3) = \delta \cdot 0,866$

Para: $x = 2L/3$; $y = \delta \cdot \text{sen}(120^\circ) = \delta \cdot 0,866$

Luego, suponiendo $N_1 = N_2 = N$, lo que simplifica el proceso operativo y no quita generalidad conceptual al caso en análisis:

$$H = \{[0,866 \cdot (N_1 + N_2) \cdot d] / L\} = \{[1,732 \cdot N \cdot \delta] / L\}$$

Por simetría de la curva deformada adoptada, la máxima curvatura coincide con la máxima flecha y se produce para $(x=L/2)$, con lo cual el máximo momento flector vale:

$$M_{\text{máx}} = -H \cdot (L/2) + 2 \cdot N \cdot \delta - N \cdot (\delta - 0,866 \cdot \delta) = -0,866 \cdot N \cdot \delta + N \cdot \delta + 0,866 \cdot N \cdot \delta = N \cdot d \quad [14]$$

Introduciendo este valor de $M_{\text{máx}}$ en la expresión [5] y derivando dos veces [13] se llega a:

$$[(d^2y/dx^2)]_{(L/2)} = -[\delta \cdot (p^2/L^2) \cdot \text{sen}(\pi \cdot x/L)]_{(L/2)} = (\delta \cdot p^2/L^2) = N \cdot \delta / E \cdot I \quad [15]$$

$$N_{\text{cr}} = p^2 \cdot E \cdot I / L^2 \quad [16]$$

que es la solución buscada.

Si en lugar de dos cargas uniformemente distribuidas se hubiesen tenido tres, la carga crítica de pandeo resultaría:

$$N_{\text{cr}} = p^2 \cdot E \cdot I / 1,5 \cdot L^2 \quad [17]$$

Y, en general, para el caso de (n) cargas iguales uniformemente distribuidas, la carga crítica de pandeo vale:

$$N_{\text{cr}} = 2 \cdot p^2 \cdot E \cdot I / n \cdot L^2 \quad [18]$$

Si las cargas intermedias y/o las distancias que las separan fuesen diferentes unas de otras, se puede proceder de la misma manera antes indicada, con la única diferencia de que el proceso operativo será algo más complejo.

REFERENCIAS

- Gere, J. M. (2006). *Timoshenko: Resistencia de materiales*. España: Thompson.
- Studer, M. A. y Frey, F. (1997). *Introduction à l'analyse des structures*. Lausana: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- Timoshenko, S. (1936). *Theory of Elastic Stability*. Nueva York: McGraw-Hill.

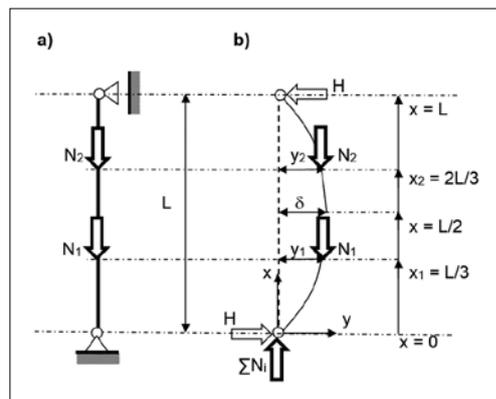


Fig. 4

16 En un artículo futuro nos referiremos al caso de inercias variable por segmentos.

17 En estas, además, las cargas suelen ser iguales, o muy similares, y estar todas ellas separadas por distancias también iguales o muy similares.

18 Según Timoshenko (1963), hacer esta suposición introduce errores del orden del 1% (p. 100).

SECCIÓN 7

Descripción de obras y trabajos de ingeniería

Esta sección contendrá la descripción de las tareas específicas de ingeniería realizadas principalmente en el noroeste bonaerense, pero también, cuando las circunstancias así lo aconsejen, se analizarán obras relevantes ubicadas en otros lugares geográficos. Estos temas seguramente serán de interés tanto para entendidos en la materia como para quienes conviven con dichas obras, las utilizan, desean obtener más información y familiarizarse con ellas, sus características y sus propiedades y cualidades. Muchas veces estos trabajos serán las PPS ejecutadas por los alumnos de las carreras de Ingeniería de la UNNOBA.

La UNNOBA, por Resolución del Consejo Superior N.º 119/2008, incluyó la realización de Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS) en los planes de estudio de los alumnos de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica. Estas PPS establecen el cumplimiento de un mínimo de 200 horas de actividad profesional en empresas o entidades o grupos de investigación.

En la realización de las PPS, la UNNOBA trata de privilegiar las instancias formativas tendientes a una mejor y más rápida inserción de los actuales estudiantes de Ingeniería en su futura actividad profesional, pues esa es una de las funciones esenciales de estas prácticas.

En este primer número de *Materiales y Construcciones*, se presentan dos PPS con el propósito de comenzar a difundir las actividades realizadas en las carreras de Ingeniería de la UNNOBA. De acuerdo con el texto de la Resolución, en ellas se pretende

realizar un trabajo concreto que tenga suficiente interés científico y/o tecnológico y, asimismo, que permita la inserción del futuro egresado en el medio laboral en que deberá desempeñarse. Se intenta, con las PPS, realizar un trabajo experimental, con cierto grado de novedad, en temas ligados a la carrera del alumno y que implique la realización de la correspondiente actualización tecnológica.

A tal fin se presentan dos PPS de reciente realización: "Diseño y armado de un auto de competición" (que está participando en Turismo de Carretera) y "Diseño industrial de la nueva planta Perkusic Hnos." (que funciona actualmente en la ruta 7 de Junín).

DENOMINACIÓN DE LA TAREA DE PPS: DISEÑO INDUSTRIAL DE LA NUEVA PLANTA PERKUSIC HNOS.

Nombre y apellido de los postulantes: Mauricio Busso, Javier Ravagnan

Carrera: Ingeniería Industrial

Fecha de realización de las PPS: desde el 15 de abril de 2012 al 30 de junio de 2012

Lugar de realización (localidad y domicilio): J. B. Alberdi n.º 970- Junín (B)

Empresa coparticipante (razón social): Perkusic Hnos.

Tutor responsable de la empresa (N y A – cargo y/o profesión): Sergio Perkusic - socio dueño - jefe de planta

Jurado de PPS (terna de profesores N y A): Claudia Russo, Walter Giordano y Daniel Galli

Fecha de defensa de PPS: 11/07/2012

ubicación y diseño de las oficinas técnicas, baños, pañol de herramientas y comedor, el tendido de las instalaciones eléctricas y neumáticas, el estudio de luminotecnia y el cálculo de la cabina de pintura y secado.

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se cumplieron las doscientas horas requeridas por las Practicas Profesionales Supervisadas, asistiendo veinte horas semanales a la planta productiva actual de Perkusic Hnos.

El primer paso fue realizar un inventario de las máquinas con las que contaba la empresa. Además, se analizaron las posibilidades de adquisición de maquinarias nuevas, teniendo en cuenta los niveles de producción proyectados. Luego se realizó un análisis y descripción de todos los procesos productivos ejecutados, materiales utilizados y personal involucrado. Una vez recolectada toda esta información, se procedió a confeccionar el flujo de la materia prima, productos en proceso y producto terminado optimizando al máximo los recursos disponibles.

El siguiente paso fue diseñar un prototipo de *layout* de los dos galpones y de la cabina de pintura, que se fue ajustando continuamente, tras analizar los aspectos más importantes en forma conjunta con las personas más experimentadas con las que cuenta la empresa.

Se realizó una visita guiada a una empresa del mismo rubro (Mega S. A., ubicada en la ciudad de Lincoln), para tener una referencia sobre el diseño de una planta productiva de maquinarias agroindustriales de grandes dimensiones. Esta experiencia fue de gran utilidad porque permitió que se tomara nota de ciertos aspectos de vital importancia a la hora de diseñar el *layout* de una nave industrial de este tipo.

También se visitó el terreno donde se construiría la nueva planta industrial para definir la orientación más conveniente de los galpones y la cabina de pintura, como así también la circulación de los vehículos de carga. Esto fue necesario para establecer la ubicación

1. EXPLICACIÓN

El trabajo realizado describe el diseño de una nueva nave industrial de la firma Perkusic Hnos. Esta empresa se dedica a la fabricación de una amplia gama de maquinarias agroindustriales, como zarandas limpiadoras de granos, norias, sinfines, cintas transportadoras, elevadores de granos, etc.

El objetivo planteado por la dirección de la empresa fue que se diseñara el espacio físico necesario para instalar la nueva planta productiva, optimizando al máximo los recursos disponibles. A su vez, este diseño debía permitir una producción que demandara tiempos mínimos y un adecuado flujo de la materia prima, productos en proceso y producto terminado dentro de la planta.

En función de lo solicitado, se realizó el diseño de dos galpones para la producción de maquinarias de gran porte y peso y un tercero donde llevar a cabo el proceso de pintado y secado de las mismas. Este diseño debía ser versátil y flexible, teniendo en cuenta que se fabrica una gran variedad de máquinas y en muchos casos se trata de pedidos exclusivos de cada cliente. Lo desarrollado incluyó la selección y distribución de las máquinas y herramientas, el flujo correcto de la materia prima, productos en proceso y producto terminado, la

de los portones en los distintos galpones. A su vez, se decidió el espacio físico para el estacionamiento y la ubicación del portón de ingreso al predio teniendo en cuenta las calles de acceso.

Para mejorar el diseño de la cabina de pintura, se realizó una visita a una empresa local (Climatécnica S. R. L.), dedicada a la producción de cabinas de pintura. Esto permitió obtener la información necesaria para llevar adelante los cálculos pertinentes.

Dentro del galpón 1 se ubicaron, también, el pañol de herramientas y las oficinas técnicas. El pañol de herramientas se diseñó de acuerdo al espacio necesario para poder almacenar materiales, insumos, repuestos y herramientas de forma ordenada y segura. Las oficinas se dispusieron de manera estratégica encima del pañol de herramientas, para que tuvieran una vista general de la planta, lo que permitiría ejercer un mejor control de los procesos y movimientos que se generen dentro de ella.

En el galpón 2 se ubicaron el baño y el comedor. El diseño del baño se ajustó a la Ley 19587 y al Decreto 351/79, teniendo en cuenta que solo trabajan hombres en la planta industrial. El comedor para los operarios se ubicó encima del baño. Este cuenta con las comodidades necesarias.

Se estipuló, junto con el jefe de planta, que se necesitarían dos puentes grúa por galpón y que cada uno de estos barrera la mitad de cada galpón. Las potencias y dimensiones de los cuatro puentes grúa se calcularon de acuerdo a las medidas de los galpones y los distintos pesos que estos deberían transportar.

Se realizó el cálculo de luminotecnia y se plantearon las distintas alternativas de iluminación posibles para los galpones. Estos cálculos se hicieron en función de la reglamentación vigente, las necesidades y los recursos disponibles.

El diseño de la cabina de pintura tuvo en cuenta los distintos tipos de máquinas a pintar y sus dimensiones, así como los requerimientos mínimos de las distintas reglamentaciones de seguridad e higiene. La cabina se dividió en tres áreas, un área de pintado, otra de secado y una de almacenaje de máquinas pintadas. Se buscó que sus superficies fueran las menores posibles, dado que en el área de pintado continuamente debe renovarse todo el volumen de aire, y en la de secado se debe calentar y hacer recircular el aire. Se dispuso que en uno de los laterales de la cabina estaría ubicado un pañol, donde se almacenarían los tanques de pintura, los diluyentes, las herramientas, los repuestos, etc. Además, en este sector se pensó ubicar un compresor, solo necesario para el proceso de pintado. Tanto delante de la cabina

de pintura como en la parte trasera se colocaron dos portones. También se calcularon la iluminación y la ventilación necesaria.

Se efectuó el cálculo de la instalación eléctrica de todos los galpones. Para este punto se hizo un relevamiento de todos los consumos de la planta y el factor de utilización de los mismos. Se realizó el cálculo de conductores y la distribución de tomacorrientes, tanto para el área de producción como para baños, oficinas e iluminación. Además, se diseñaron los tableros a utilizar y su ubicación.

Por último, se diseñó la instalación neumática, haciendo un relevamiento de todos los consumos, para luego efectuar el dimensionado de la misma y el cálculo de los compresores necesarios.

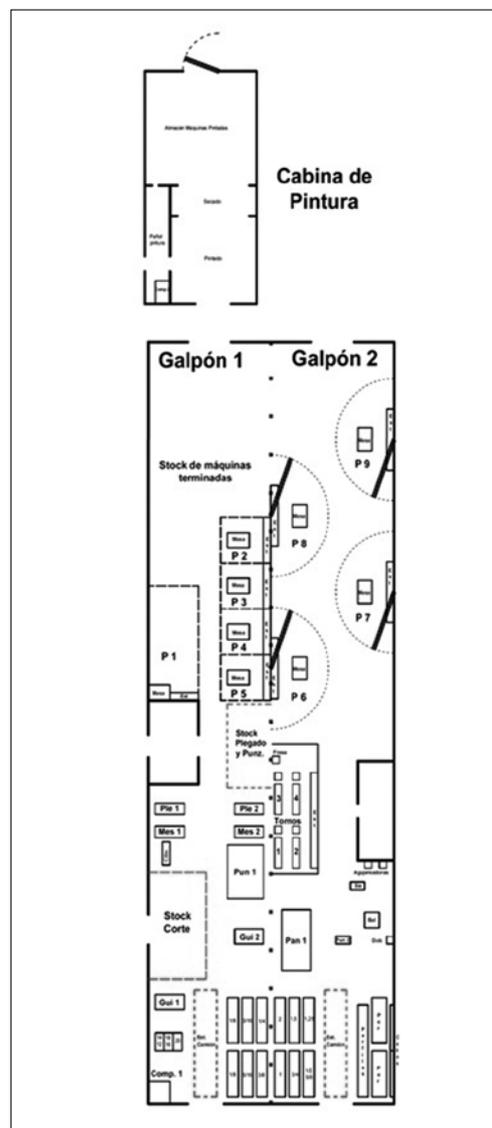


Fig. 1

Fig. 1 Layout final.

Tabla 1

Hoja de cargas

Cantidad	Tipo	Watts	Watts totales	Factor utilización	Consumo final
Oficina técnica y pañol (iluminación + tomacorrientes)			16870		15720
38	Lámpara fluorescente	40	1520	1	1520
2	Aire acondicionado 3500F	2150	4300	1	4300
6	Computadoras	700	4200	1	4200
2	Impresoras	150	300	0,5	150
1	Fotocopiadora	800	800	1	800
1	Heladera	750	750	1	750
1	Tomacorrientes varios	5000	5000	0,8	4000
Baño y comedor (iluminación + tomacorrientes)			5960		4960
24	Lámpara fluorescente	40	960	1	960
1	Tomacorrientes varios	5000	5000	0,8	4000
Iluminación área producción			24615		24615
231	Lámpara fluorescente	105	24255	1	24255
9	Lámpara fluorescente	40	360	1	360
Cabina de pintura (iluminación + maquinaria)			20860		20860
52	Lámpara fluorescente	105	5460	1	5460
10	Lámpara fluorescente	10	400	1	400
1	Compresor	15000	15000	1	15000
Maquinaria área producción			236540		208540
1	Compresor	15000	15000	1	15000
1	Plasma pantógrafo 20amp	7600	7600	1	7600
1	Pantógrafo	1000	1000	1	1000
1	Guillotina 1 (10hp)	7500	7500	1	7500
1	Guillotina 2 (30hp)	22000	22000	1	22000
1	Plegadora 1 (10hp)	7500	7500	1	7500
1	Plegadora 2 (25hp)	18500	18500	1	18500
1	Punzonadora 1 (trupunch 3000)	5900	5900	1	5900
1	Punzonadora 2	7500	7500	1	7500
1	Dobladora 1 (5,5hp)	4000	4000	1	4000
1	Balancín1 (7,5hp)	5500	5500	1	5500
1	Sierra 1 (1,5hp)	1100	1100	1	1100
1	Cilindradora 1 (5,5hp)	4000	4000	1	4000
3	Torno 5,5hp	4000	12000	1	12000
1	Fresa 4hp	3000	3000	1	3000
2	Agujereadora 1,5hp	1100	2200	1	2200
4	Puente de grúa 10,5hp (2 mot. de 2hp, 1 de 1hp y 1 de 7,5hp)	9250	37000	0,5	37000
4	Brazos puestos 6,5hp (1 motor de 1hp y 1 de 5,5hp)	4750	19000	0,5	19000
4	Puestos de trabajo P2 a P5 (mayor consumo 16amp)	6080	24320	1	24320
1	Puesto de trabajo P1 (mayor consumo 20amp)	7600	7600	1	7600
4	Puestos de trabajo P6 a P9 (mayor consumo 16amp)	6080	24320	1	24320
Total			304845		274695

Tabla 1 Consumos eléctricos
y neumáticos.

Consumos de aire comprimido				
GALPONES 1 Y 2				
Cantidad	Máquina	Consumo unitario (Lt/min)	Consumo total (Lt/min)	Presión de trabajo (Lt/min)
Línea 1				
1	Plegadora 1	8	8	5
1	Puesto de trabajo P1	212	212	4.8
4	Tomas de aire	200	800	5
Total línea 1			1020	
Línea 2				
1	Plasma pantógrafo (Hypertherm)	212	212	4.8
6	Puestos de trabajo P2 a P7	212	1272	4.8
2	Tomas de aire	200	400	5
Total línea 2			1884	
Línea 3				
3	Tomas de aire	200	600	5
2	Puestos de trabajo P8 a P9	212	424	4.8
Total línea 3			1024	
Total consumo de aire comprimido galpones 1 y 2			3928	
CABINA PINTURA				
4	Pistolas para pintar	85	340	5
3	Tomas de aire	200	600	5
Total consumo de aire comprimido cabina de pintura			940	

3. RESULTADOS (DESDE LA MIRADA DEL AUTOR)

Para la firma Perkusic Hnos. los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios. La empresa sugirió construir dos galpones de 20 m de ancho por 100 m de largo como máximo, más un tercero destinado a la cabina de pintura. Nuestro diseño de la planta industrial al finalizar el trabajo estableció que lo óptimo era hacer dos galpones de 17 m de ancho por 100 m de largo y 7,2 m de altura, dispuestos uno al lado del otro sin división en el medio, separados solamente por las columnas que forman parte de la estructura. De esta forma logramos ahorrar 600 m² de construcción. Con este resultado fue posible emplear los recursos disponibles para la construcción de las naves industriales de manera eficiente, con un *layout* que permitió optimizar al máximo los procesos productivos y transportes de los productos finales. Se diseñaron las naves industriales

de forma completa sin dejar ningún factor al azar. Se le entregó a la empresa una memoria descriptiva, los distintos planos e indicaciones detalladas sobre todo lo calculado y diseñado.

Para nosotros estas Prácticas Profesionales Supervisadas fueron muy fructíferas porque pudimos aplicar gran parte de los conocimientos adquiridos durante las cursadas de las distintas materias de la carrera universitaria a un proyecto real, de una complejidad considerable, que puede hacerse factible. Además, nos relacionamos con personas con una vasta experiencia dentro de la industria metalmecánica. A su vez, también pudimos realizar algunas visitas a otras empresas que nos sirvieron para observar y comprender su funcionamiento industrial.

Como conclusión, se superaron ampliamente las expectativas, tanto de la empresa para la cual se realizó el trabajo como las nuestras, generando una experiencia de gran valor para nosotros.

DENOMINACIÓN DE LA TAREA DE PPS: DISEÑO Y ARMADO DE UN AUTO DE COMPETICIÓN

Nombre y apellido del postulante: Mariano Hernán Ponce de León

Carrera: Ingeniería Mecánica

Fecha de realización de las PPS: del 17/12/12 al 08/02/13

Lugar de realización (localidad y domicilio): Junín, Colectora RN 188 y Pringles

Empresa coparticipante (razón social): Lyons Motor Sport S. A.

Tutor responsable de la empresa (N y A – cargo y/o profesión): Roberto Ponce de León

Jurado de PPS (terna de profesores N y A): Omar Mosquera, Jacinto Diab y Daniel Galli

Fecha de defensa de PPS: 15/02/2013

Comenzamos el proyecto con el 80% de la estructura terminada: se inició el análisis de las medidas máximas y mínimas que el reglamento técnico permite para la construcción de la carrocería Ford Falcon. Cuando se decidieron dichas medidas, fueron transmitidas al personal encargado de crearla.

Se dirigió el proyecto de construcción de la carrocería, con un tiempo aproximado de diez días. Una vez finalizada completamente, se comenzó con el diseño y construcción de las suspensiones trasera y delantera.

Para el diseño de la suspensión trasera se tuvieron en cuenta las acotaciones y medidas (máximas y mínimas) fijadas en el reglamento técnico.

Para el diseño de la suspensión trasera, se analizó el *antidiving* (antihundimiento), haciéndole varias posiciones a la estructura para cambiar su altura, ya que el reglamento no lo restringe. También se analizó la relación rueda/amortiguador del sistema, tanto al subir las dos ruedas juntas como en el balanceo. Además, se analizó el *roll-steer* (dirección por balanceo) en todo el recorrido de la suspensión cuando el auto se balancea.

En el diseño de la suspensión delantera, si bien está muy acotada por el reglamento técnico, se definió la altura del centro “D” (máxima) y del centro “A” (mínima). Ya con los centros definidos, se analizaron el *antidiving* y *antisquat* (antielevación), respetando la inclinación máxima y mínima de la parrilla de suspensión superior.

Seguido a esto, se analizó la relación rueda/amortiguador del sistema en todo el recorrido de la suspensión y se le introdujeron cuatro variantes como alternativas en la puesta a punto del vehículo.

Luego, aplicando el método de Bobillier, se obtuvieron las alturas del Ackermann y de la cremallera de dirección. Se estudió también, el diseño del Ackermann y se dispuso usarlo paralelo, con la opción de probar uno levemente incrementado.

Se diseñó, calculó y construyó la barra antibalanceo y, por último, se dirigió el proyecto para la construcción de los elementos de la suspensión.

1. EXPLICACIÓN

La Práctica Profesional Supervisada se realizó en tres informes parciales ordenados cronológicamente en intervalos de tres y dos semanas de acuerdo al tiempo requerido para la finalización de cada actividad llevada a cabo. El informe 1 abarcó desde el 17/12/12 hasta el 05/01/13. El informe 2 desde el 07/01/13 hasta el 19/01/13 y, por último, el informe 3 se desarrolló desde el 21/01/13 hasta el 02/02/13.

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

En el primer día de trabajo, tuvimos una charla introductoria con el encargado de la empresa para determinar las metas y los objetivos de la Práctica Profesional Supervisada. Seguido a esto, conocimos a todo el personal de la firma.

Se llevó a cabo una reunión con el fin de fijar las metas y objetivos para la realización del proyecto de construcción de un nuevo vehículo de competición y, al mismo tiempo, se estudió y analizó el reglamento técnico de la categoría Turismo Carretera Pista para adquirir la base necesaria para llevar adelante el proyecto.

3. RESULTADOS (DESDE LA MIRADA DEL AUTOR)

El auto de competición se terminó de armar por completo dos meses después de haber realizado la PPS. Se hicieron las primeras pruebas en pista en el mes de mayo en el autódromo de la ciudad de 9 de Julio, donde se obtuvieron muy buenos resultados iniciales. Esto permitió llegar a la conclusión de que el diseño y la construcción de todas las piezas mecánicas desarrolladas durante la PPS fueron muy satisfactorias. Solo resta seguir haciéndole kilómetros en pista para su desarrollo y así obtener un equilibrio dinámico y aerodinámico para lograr su óptima performance.



SECCIÓN 8

Fichas bibliográficas

Esta sección de *Materiales y Construcciones* está orientada al comentario y difusión de publicaciones de carácter técnico, y se la destina, fundamentalmente, a profesionales del ramo, docentes, estudiantes, empresas y público en general.

Dada la enorme cantidad de material técnico, de variado interés para las ingenierías, que se publica actualmente en el mundo, creemos que es imprescindible que el ingeniero común pueda contar con una guía que le permita mantenerse al tanto de las últimas novedades de real valor.

OBRA ORIGINAL

Autor: Peter Beinhauer

Título: *Standard-Detail-Sammlung. Bauen im Bestand*

Publicado por Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co., Colonia Alemania

Año: 2009

Traducción al castellano

Título: *Atlas de detalles constructivos. Rehabilitación*

Traductor: Rafael Ayuso

Publicado por Gustavo Gili SL, Barcelona, España

248 páginas

Año: 2013

La obra consiste en un atlas muy completo de detalles constructivos, pensados para los procesos de rehabilitación, pues son los más complejos, pero perfectamente aplicables a obras nuevas en las que los condicionamientos son bastante menores. En las figuras que acompañan esta reseña, puede apreciarse la buena factura de estos detalles constructivos que conducen a la ejecución de obras de calidad en todos los sentidos, incluso, en primer término, la calidad de vida de sus usuarios.

Como se expresa en el prólogo: “La obra sirve de referencia tanto a arquitectos como a ingenieros y constructores, y gracias a toda la serie de detalles que se muestran servirá de fuente de inspiración para el

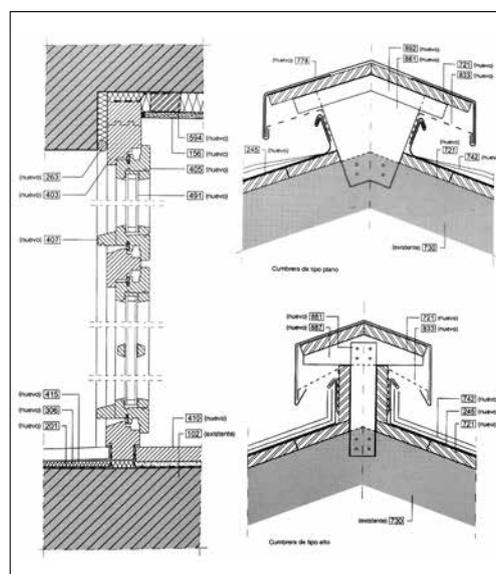


Fig. 1

trabajo cotidiano, de modo que pueda implementarse racionalmente el proyecto de construcción y de detalle” (p. 5).

La obra se divide y ordena en capítulos cuyos contenidos son los siguientes: 1) Cimentaciones (fundaciones); 2) Cerramientos exteriores (muros); 3) Paredes interiores; 4) Ventanas y puertas; 5) Forjados (entrepisos); 6) Balcones; 7) Escaleras; 8) Cubiertas (techos). Al final se incluye un anexo con la bibliografía consultada, numerosa y actualizada al momento de la publicación en alemán.

