

M&C



Materiales & Construcciones

INDICE

EDITORIAL	3
Sección 1: Resúmenes de los trabajos realizados en el LEMEJ-NOBA	6
Título: Tareas realizadas en la ciudad de Vedia.	6
Sección 2: Normas y reglamentos.....	21
Normas RILEM	21
CPC 4 Ensayo a compresión del hormigón (1975 TC14-CPC)	21
CPC6 Ensayo de tracción por compresión diametral en probetas de hormigón	27
1975 TC14-CPC.....	27
CPC 8 Módulo de elasticidad de hormigón en compresión.	35
Sección 3: Información de interés regional	45
Buenas prácticas en el control del hormigón.....	45
Sección 4: Información sobre la región.....	48
Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras de la UNNOBA (LEMEJ)	48
Sección 5: Información sobre las líneas de investigación que se desarrollan en la UNNOBA....	51
Patrimonio y territorio NOBA en el entre siglos XIX-XX: la investigación desde la Universidad	51
Proyecto Interinstitucional: Caracterización tecnológica de la madera de <i>Populus deltoides</i> “australiano 129/60” cultivado en el Delta del Río Paraná.....	60
Sección 6: Descripción de obras y trabajos de Ingeniería.....	68
Huella de Carbono de la Universidad Nacional del Noroeste de	68
Buenos Aires.....	68
Sección 7 : Fichas bibliográficas	79
Fichas Bibliográficas	79

EDITORIAL

¿Desarrollo sostenible o desarrollo sustentable?

Autor: Luis J. Lima

Responder adecuadamente a la pregunta del título tiene, seguramente, mucha más importancia de lo que a primera vista podría parecer. Entre otras cosas porque mucha gente supone que son sinónimos y, en lo que se refiere a la vida humana, no lo son. Por otra parte, y esto tiene que ver con el caso específico del LEMEJ, la sostenibilidad social es uno de los pilares básicos sobre los que se apoya todo su accionar. Veamos entonces de qué se trata todo esto.

Para comenzar a encuadrar adecuadamente el tema, lo primero que hay que preguntarse es ¿qué vamos a entender por desarrollo? pues es a esta idea a la que se aplican los calificativos que hoy nos proponemos analizar y la que, en definitiva, les va a dar los valores semánticos que analizaremos. Si admitimos que en general se denomina desarrollo a la concreción de proyectos que apuntan a adaptar el medio a las necesidades del hombre y de las sociedades de los hombres, vamos a tener planteado el contexto en el que haremos las consideraciones que siguen y, también, su primera consecuencia significativa: este “adaptar el medio a las necesidades del hombre” forzosamente altera el medio y lo hace de diferentes maneras, en la enorme mayoría de los casos deteriorándolo. Los países “más desarrollados” son los que más han avanzado por este camino y, consecuentemente, los que más han deteriorado y deterioran el medio. De todo esto va a surgir que el “progreso” no es un concepto virtuoso por sí mismo, sino que solo lo va a ser en condiciones muy precisas y determinadas.

En forma directa, estos emprendimientos que apuntan al “desarrollo” alteran el paisaje de la corteza terrestre modificando su fisonomía, normalmente para empobrecerla, piénsese en tal sentido en los grandes conjuntos de modernos “molinos de viento” destinados a la producción de energía. Por otra parte, alteran su funcionamiento natural, procesos que han ido moldeando equilibradamente la corteza terrestre desde hace millones de años. Algunos casos de esta última categoría son realmente aterradores, un ejemplo paradigmático lo constituye el caso del Mar Aral, al cual un sistema de irrigación de la antigua URSS, mal evaluado y peor planificado, hizo prácticamente desaparecer, con las tremendas implicancias de todo tipo que esto conlleva, fundamentalmente a las que eran poblaciones rivereñas de pescadores y navegantes comerciales que hoy se encuentran frente a un desierto inhóspito.

Pese a todo esto, las consecuencias indirectas del desarrollo de estos emprendimientos son normalmente mucho peores: el consumo excesivo, y muchas veces abusivo, de materias primas no renovables, el deterioro de la atmósfera como capa protectora de la vida en la Tierra, y su contaminación y la de los recursos hídricos y el terreno.

Todos estos descalabros ecológicos con fuertes e incrementales consecuencias sociales comenzaron a ponerse en evidencia, para el grueso de las gentes, durante la segunda mitad del siglo XX, como consecuencia de una preocupación generalizada planteada por un número creciente de científicos, ecologistas y dirigentes sociales.

En tal sentido, la primera señal de alarma fue el posible agotamiento de los recursos no renovables en un mundo con cada vez más demandas y cuya población crecía sin control. Esta preocupación de tipo ecológico-económico se consideró en la Cumbre sobre Cambio Climático reunida en Estocolmo en 1972, llegándose a la conclusión que el desarrollo, para poder ser considerado un beneficio social, debía ser sustentable. Se definió entonces como Desarrollo Sustentable a “aquella política de desarrollo que hace un uso de los recursos naturales tal que las generaciones futuras puedan seguir utilizándolos de la misma forma”. Lo que apuntaba a lograr que los procesos de desarrollo que la humanidad emprendiese se planificasen y materializasen teniendo como objetivos generales la Preservación de los Recursos Naturales y la Protección del Medio Ambiente (Fig. 1).

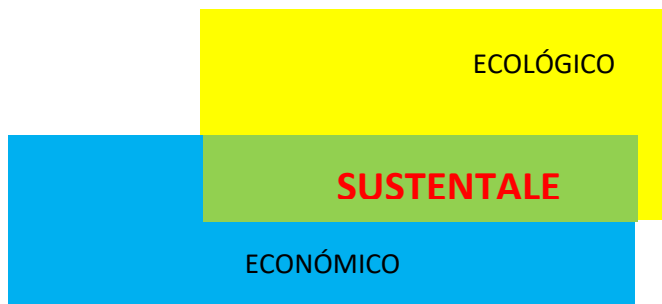


Figura 1: Objetivos generales para la preservación.

Es decir, en consecuencia, que lo que se buscó fue preservar los recursos naturales mediante políticas que, anticipadamente, tendiesen al resguardo de ciertas condiciones que se suponía podían garantizar las condiciones biológicas de vida de las personas y la evolución de un medio ambiente sano.

Evidentemente faltó algo esencial en esta concepción, faltó preocuparse por las necesidades y el bienestar de quienes habitan ese medio ambiente que se trató de proteger, es decir de sus usufructuarios, frente a lo cual todo lo otro pasa a un segundo plano.

Dado que no es concebible que en ciertas circunstancias, mucho más comunes de lo que se pueda suponer, se busque preservar los recursos naturales a costa del bienestar general, resultó evidente que era imprescindible incorporar al análisis la variable social, una especie de “primus inter pares” frente a la ecología y la economía.

Esta falencia se buscó salvar en la Cumbre de Cambio Climático de Río de Janeiro de 1992, en la que se decidió cambiar el criterio de Desarrollo Sustentable por el mucho más abarcador de Desarrollo Sostenible, al que se define como “aquella política de desarrollo social que garantiza que las generaciones futuras puedan aspirar a un bienestar social por lo menos similar al actual”. En otras palabras, mientras la sustentabilidad se refiere al cuidado de los recursos naturales, la sostenibilidad lo hace respecto de la preservación del bienestar social, lo que naturalmente incluye, como condición necesaria, la preservación del medio ambiente y de los recursos naturales. El gráfico siguiente (fig. 2) pone en evidencia la diferencia en los enfoques de las políticas públicas que el cambio de denominación conlleva.

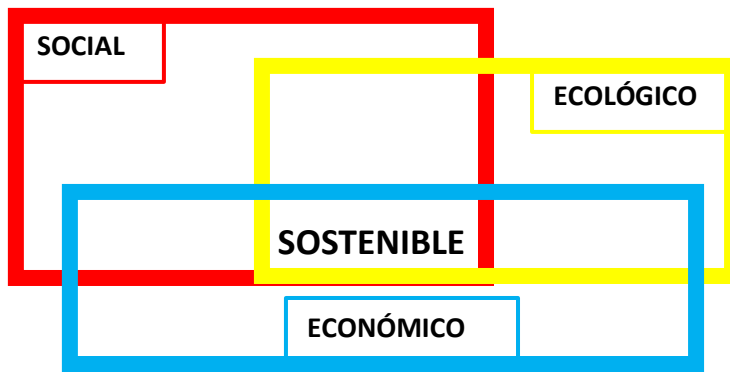


Figura 2: Enfoques sobre políticas públicas

En lo referente a las actividades del LEMEJ, de este cambio de paradigma ecológico surgen, entre otros, fuertes cambios en los criterios con que se debe considerar la aceptabilidad de una construcción. Pongamos un ejemplo elemental: con el criterio de sustentabilidad una estructura construida con materiales más resistentes que lo necesario, era aceptable, más aún se la veía con buenos ojos pues “aumentaba la seguridad”; por el contrario, desde el punto de vista de la sostenibilidad resulta desaconsejable, pues en la fabricación del material se habrá empleado más energía que la estrictamente necesaria, lo que significa se ha deteriorado más el medio en aras de un aumento de la seguridad que nadie pide.

Después de esta explicación pensamos que se ha aclarado el por qué el IIDS se dedica a investigar las condiciones necesarias y suficientes para que un desarrollo de cualquier tipo sea SOSTENIBLE y no solo SUSTENTABLE.

Sección 1: Resúmenes de los trabajos realizados en el LEMEJ-NOBA

Título: Tareas realizadas en la ciudad de Vedia.

Nº Informe: ART – VEDIA – 001

Autor: Ing. Camila de Lara

Fecha: 22/12/2017

Introducción.

La ciudad de Vedia se encuentra ubicada al Noroeste de la provincia de Bs. As., siendo la cabecera del Partido de Leandro N. Alem, y encontrándose en el Km 312,00 de la Ruta Nacional 7 (RN 7), esta ruta atraviesa el territorio argentino de este a oeste, desde la ciudad de Buenos Aires hasta la frontera chilena, siendo de muy alto tránsito de automóviles y camiones. A 55 Km de Vedia, se encuentra la ciudad de Junín y al este la RP 50 (Ruta Provincial 50) que conecta a la misma con General Arenales, Colón y Lincoln.

La RN 7 forma parte del Corredor Vial Nº 3 que fue concesionado por la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) a la Concesionaria "Autovía de Buenos Aires a los Andes S.A.". El Corredor comprende dos tramos de la RN 7: el primero desde Empalme Acceso Oeste (Luján) – Km 63,20 hasta el límite entre las provincias de Córdoba y San Luis – Km 653,94, el segundo desde el límite de las provincias de San Luis y Mendoza – Km 865,49 hasta el acceso a San Martín en la provincia de Mendoza – Km 998,77.

La localidad de Vedia, actualmente posee aproximadamente 10.000 hab. Esta población tiene una distinción muy marcada hacia actividades agrícolas e industriales que se encuentran asentadas en la región desde hace décadas.

La intensa actividad agrícola e industrial que se desarrolla en la región, genera una demanda de tránsito muy importante, con elevada tasa de transporte pesado, industria lechera, ganadera y agrícola.

En el contrato de concesión se incluyó una serie de Obras Nuevas (ONU) para ser ejecutadas por la empresa concesionaria para mejorar la seguridad y operación en las rutas. La ONU 03-09 consistió en la readecuación de dos accesos a la localidad de Vedia, por los accesos del Km 312,50 y 314,00 de la RN 7.

La readecuación de los accesos fue realizada en un plazo de 10 meses por la empresa José Cartellone Construcciones Civiles S.A. quien contrató al Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras de Junín (LEMEJ) de la Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires (UNNOBA) para realizar la verificación, control y ejecución de ensayos de laboratorio e in situ de la mencionada obra.

Ubicación geográfica de las intersecciones.



Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de implantación de la obra nueva de intersección a nivel tipo rotacional Km 312,50 de ingreso a la localidad de Vedia sobre la RN7

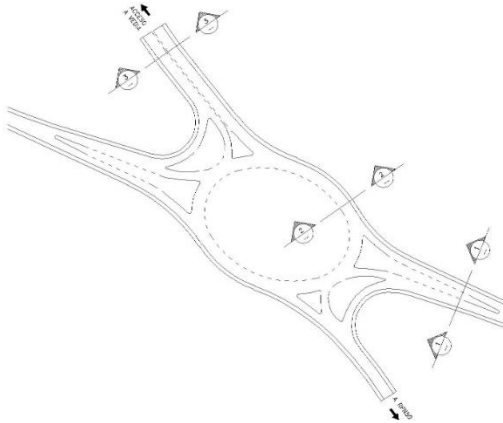


Figura 2. Esquema de intersección a nivel tipo rotacional de acceso a Vedia en la progresiva Km 312,50 sobre la RN7



Figura 3. Ubicación geográfica de la zona de implantación de la obra nueva de intersección a nivel tipo canalizada Km 314,20 de ingreso a la localidad de Vedia sobre la RN7

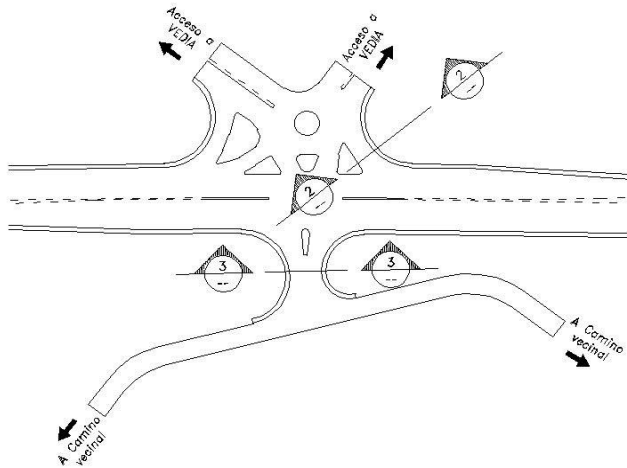


Figura 4. Esquema de intersección a nivel tipo canalizada de acceso a Vedia en la progresiva Km 314,30 sobre la RN7

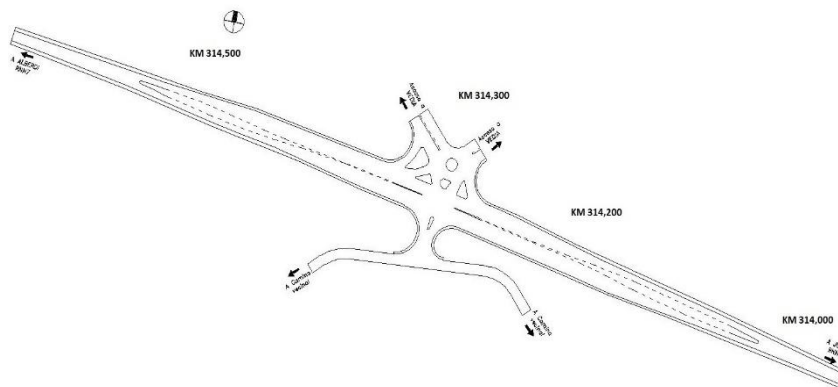


Figura 5. Esquema de intersección a nivel tipo canalizada de acceso a Vedia entre las progresivas Km 314,00 a Km 314,50

Pavimento.

Previo a la ejecución de la obra, se realizaron numerosas evaluaciones para poder determinar cómo estaría conformada la estructura de pavimento en los sectores de las intersecciones. Este proyecto fue realizado por una Consultora que confeccionó previamente una recopilación de antecedentes, relevamiento planialtimétrico con trabajos de campo y posteriormente trabajos de gabinete, diseño geométrico de las intersecciones (geometría de la rotonda y canalización), evaluación del tránsito actual y a futuro, período de diseño y tránsito de diseño del pavimento, caracterización de la subrasante, diseño estructural de la calzada principal, diseño de banquetas, desagües, subbase para dársenas de detención de colectivos, señalización, iluminación y por último cómputo y presupuesto.

Estructura de pavimento.

Las intersecciones del tipo rotacional y canalizada se conformaron con los siguientes materiales y espesores:

- Carpeta de concreto asfáltico 0.05 m de espesor
- Base superior de concreto asfáltico 0.08 m de espesor

- Base inferior de concreto asfáltico 0.08 m de espesor
- Subbase superior de estabilizado granular de 0.20 m de espesor
- Subbase inferior de estabilizado granular de 0.30 m de espesor
- Subrasante de suelo seleccionado tratado con cal al 2% de 0.20 m de espesor
- Terraplén capa superior suelo mejorado con cal de 0.20 m de espesor
- Terraplén capa inferior suelo seleccionado de 0.20 m de espesor
- Base de asiento suelo mejorado con cal de 0.20 m de espesor

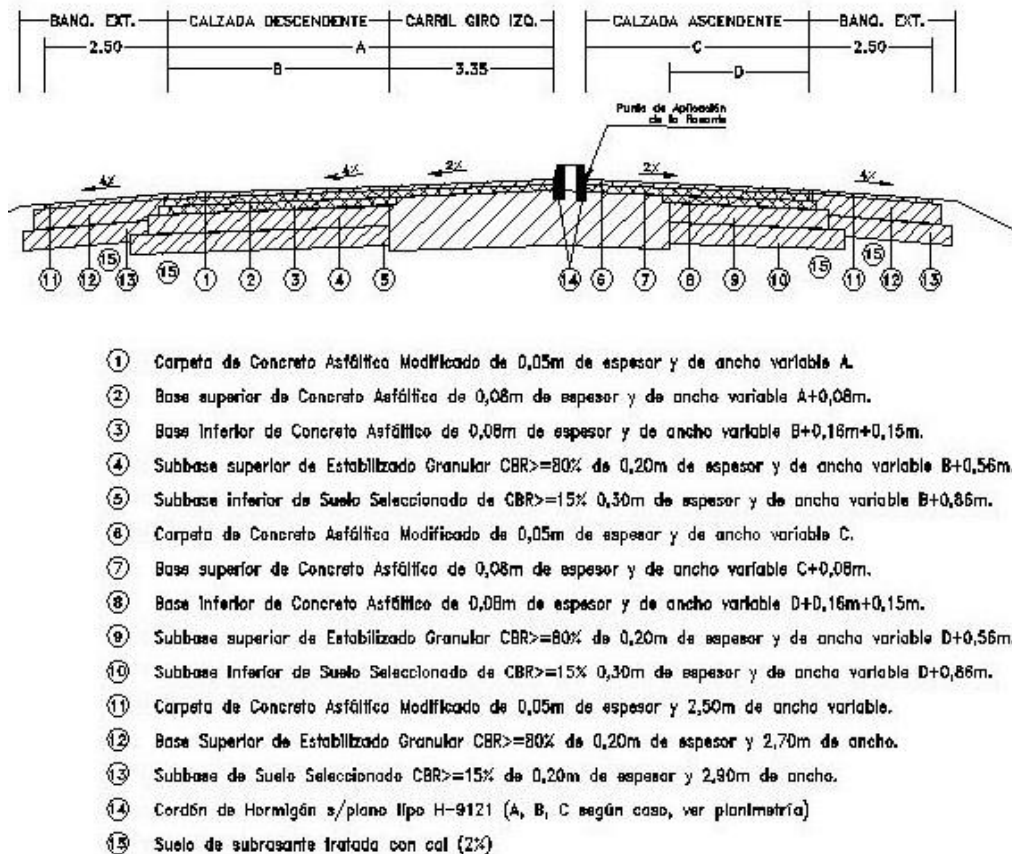


Figura 6. Sección transversal de calzada en los tramos de control de obra Km 314,00 y Km 312,50

Inicio de obra.

Una vez realizado el replanteo de obra, la empresa constructora comenzó con los trabajos de fresado y movimiento de suelo con apertura de caja para preparación de subrasante.

Cantera.

Como primera tarea, el LEMEJ se encargó de caracterizar una muestra de suelo perteneciente a la cantera propiedad del Sr. Mancini, con el objetivo de establecer si la misma podía ser explotada por parte de la empresa constructora para dar cumplimiento a las exigencias del suelo seleccionado que establecen los Pliegos de Especificaciones Técnicas Particulares (PETP), de Especificaciones Técnicas Generales (PETG) y documentación del perfil estructural de obra a utilizar en los trabajos de conformación

de los terraplenes, subbases inferiores de suelo seleccionado y subbases superiores de estabilizado granular para la obra O.N.U. C3-09 Km 312,50 y Km 314,00 de Adecuación Accesos a Vedia.

Para la realización de los ensayos de caracterización de suelo se utilizaron las normas correspondientes a la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), en este caso fueron:

VN-E1-65: Tamizado de suelos por vía húmeda.

VN-E2-65: Límite líquido.

VN-E3-65: Límite plástico, índice de plasticidad.

VN-E4-84: Clasificación del suelo Highway Research Board (H.R.B).

VN-E6-84: Determinación del valor soporte e hinchamiento de suelos.

El perfil del manto donde fue extraída la muestra a ensayar para su posterior caracterización presentó una profundidad de entre -0,50 m a más de -2,00 m.

Para la toma de la muestra, se siguieron los lineamientos de la DNV teniendo en cuenta la cantidad de ensayos a realizar, luego, el material fue sometido a un proceso de secado en estufa a 105 °C durante 24 hs hasta peso constante.

Clasificación del suelo.

El sistema de clasificación de suelos utilizado para su caracterización es el HRB de la norma VN-E4-84, requiere de la ejecución de los siguientes ensayos:

Tamizado de suelos por vía húmeda (VN-E1-65): Se realiza para establecer la distribución porcentual de las partículas finas de un suelo o fracción fina de un material granular de tamaño menor a 2mm.

Límite líquido (VN-E2-65): Se realiza para establecer el contenido de humedad, expresado en porcentaje del peso del suelo seco, existente en un suelo en el límite entre el estado plástico y el estado líquido.

Límite plástico e índice de plasticidad (VN-E3-65): El ensayo de límite plástico se realiza para establecer el contenido de humedad existente en un suelo, expresado en porcentaje del peso del suelo seco, en el límite entre el estado plástico y el estado sólido del mismo.

Luego de finalizados estos ensayos, se pudo obtener, de acuerdo a la clasificación de suelos HRB, que el suelo en estudio resulta ser un suelo que se define **A-2-4 (2)** el cual posee características de suelo limo-arenoso de grano fino mal graduado. Este suelo tiene una compresibilidad baja y una coloración que se aproxima a marrón claro.

Posteriormente se realizó en laboratorio la compactación de suelos, conforme a lo que establece el PETG de la DNV, obteniendo una determinada densidad seca y humedad óptima. Luego se realizó el ensayo de valor soporte relativo (VSR) VN-E6-84 que se define como la resistencia que ofrece al punzado la probeta moldeada con suelo bajo ciertas condiciones de densificación y de humedad y ensayada bajo condiciones previamente establecidas. En este caso el VSR fue de 16,4% cumpliendo con las exigencias establecidas para las capas que componen el núcleo del terraplén.

Conclusiones.

Luego de la evaluación del suelo por diferentes ensayos, para el mejor uso del mismo y la mejor manera de realizar la compactación, se realizaron los siguientes comentarios: Debido a que el suelo en estudio posee características limo-arenosas, la resistencia mecánica puede incrementarse al aumentar la energía de compactación, aumentando el punto de máxima densidad y de esta manera mejorar la resistencia. Estos suelos, una vez compactados en obra, se deben mantener con riegos livianos por gravedad, ya que son muy sensibles a la pérdida de humedad y por lo que son ligeramente volátiles si no son mantenidos o curados con riegos sucesivos hasta la colocación de una nueva capa. En cuanto a los equipos de obra más adecuados para la compactación de estos suelos, se encuentran los rodillos neumáticos y lisos sin vibrar.

Ejecución de capas estructurales de pavimento.

Una vez presentados los resultados del suelo de la cantera, la empresa comenzó a hacer uso del mismo para las distintas tareas de terraplenado, bases y subbases de estabilizados. Se comenzó en el Km 314,00 correspondiente a la intersección del tipo canalizada, para luego continuar por el Km 312,50 correspondiente a la intersección rotacional. En lo que respecta a la estructura, ambas intersecciones estuvieron conformadas por las mismas capas y espesores.

Al momento de realizar el estabilizado granular de la subbase superior, el material existente no era apto para su fin, por ese motivo, se procedió a realizar nuevamente todos los ensayos de caracterización de suelos en una nueva cantera (Cantera de la ciudad de Salto) para evaluar el tipo de tosca de la misma. Finalmente, el material de la base granular estabilizada fue conformado por 60% de suelo de cantera de Mancini y 40% de suelo tosca de la ciudad de Salto, debido a que este último le proporcionó al esqueleto pétreo y material fino de la mezcla de estabilizado granular una cohesión que no era posible brindársela sólo con el suelo de la ciudad de Junín.

Controles de densidad.

A medida que avanzaron las tareas, personal del LEMEJ asistió para realizar los controles de obra in situ y también tomar muestras para su posterior ensayo en laboratorio.

En ambas intersecciones, las tareas que se realizaron fueron las de verificación del estado de compactación logrado por los equipos.

A tal efecto, los trabajos iniciales se comenzaron sobre el Km 314,00 a 314,50 sector donde se realizaría la canalizada, en el mismo se elaboraron los controles de densidad a medida que se iba avanzando con las distintas capas estructurales de la calzada. Una vez ejecutadas las distintas capas en la intersección a nivel canalizada, se continuó con el mismo trabajo sobre el Km 312,50 correspondiente a la intersección rotacional.

Para cada una de ellas, el Pliego de la DNV exigió los niveles mínimos de compactación que son requeridos para su aprobación. Debiendo cumplirse lo que se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Grado de compactación exigido por DNV

Capa estructural	Material	Grado de compactación exigencia por DNV
Base de asiento	Suelo mejorado con cal	> 90 %
Terraplén capa inferior	Suelo seleccionado	> 95 %
Terraplén capa superior	Suelo mejorado con cal	> 100 %
Subrasante	Suelo seleccionado tratado con cal al 2%	> 100 %
Subbase inferior	Suelo seleccionado	> 100 %
Subbase superior	Estabilizado granular	> 100 %

Los ensayos realizados fueron:

VN-E5-93: Compactación de suelos.

VN-E8-66: Control de compactación por el método de la arena.

VN-E33-67: Ensayo de compresión de probetas compactadas de suelo-cal y suelo-cemento.

En los casos en que los resultados de compactación resultaron por debajo de lo exigido por las especificaciones (indicadas para cada capa estructural), se sugirió mejorar el grado de compactación y, una vez finalizado, volver a realizar el control de compactación. Por otra parte, en los casos en que los resultados cumplieron con las especificaciones, sucedió que en algunos sectores se observaron baches de características importantes que hubo que sanear rápidamente, de manera tal que su superficie garantice la estabilidad de la capa siguiente a construir.

A fin de poder controlar en obra el grado de compactación y compararlo con las exigencias estipuladas en el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales (PETG) de la DNV, se realizó en laboratorio el ensayo Proctor según norma VN-E5-93, con el material resultante del mezclado in situ.

En los casos en que el grado de humedad de compactación en obra resultó menor al de la densidad (máxima) humedad del ensayo Proctor de laboratorio, se recomendó para todo proceso constructivo de base de asiento mejorada con cal o cemento, capas inferiores o superiores del terraplén y subbases, lo siguiente:

Mejorar el riego de agua por gravedad, de forma de garantizar una mejor uniformidad en las distintas mezclas con el suelo de asiento o suelo seleccionado.

Mejorar la homogeneidad de la humedad con el suelo, mediante la incorporación de una rastra de disco pesada, de esta manera, se logrará una mejor distribución y uniformidad de la humedad en toda su superficie para garantizar una compactación adecuada y con la energía necesaria que se requiera para llegar a la densidad especificada (Nº de pasadas por sección).

Con respecto a la situación de los baches o complicaciones constructivas, que requirieron ser saneados con suelo - cal ó suelo - cemento, fue necesario garantizar un correcto curado del mismo, antes de proceder a ejecutar la capa estructural superior.

Se sugirió también la importancia de mantener limpios los drenajes longitudinales y transversales existentes en la obra, a fin de garantizar un buen escurrimiento de las aguas hasta algún cauce definido.

Ensayo DCP.

A modo de verificación del grado de densificación y capacidad estructural alcanzados en las distintas capas en su conjunto, se fue realizando in-situ el ensayo DCP.

Este ensayo es muy utilizado en las obras de ingeniería vial, ya que permite medir in-situ las propiedades de las capas del suelo que constituyen la estructura luego de su proceso constructivo, pero el mismo no se encuentra normalizado como ensayo de la D.N.V.

El instrumento DCP mide la penetración por golpe a través de la totalidad de las capas a ensayar bajo carga constante. Su penetración es función de la resistencia al corte in-situ. El perfil de penetración obtenido, no sólo da una indicación de las propiedades de los materiales, sino que también permite conocer el valor del Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R.) in-situ de cada una de las capas que conforman la estructura, a través de una curva de correlación estándar.

Asfalto.

Una vez ejecutadas las distintas capas estructurales de suelo y posteriormente aprobadas, se dio comienzo a la base inferior asfáltica sobre la calzada descendente en la intersección a nivel tipo canalizada, para luego continuar con la base superior asfáltica y por último la carpeta. Una vez finalizados los trabajos en el sector, se prosiguió por la intersección a nivel tipo rotacional, con las capas estructurales de suelo aprobadas, las tareas que se continuaron fueron las de base inferior asfáltica, base superior asfáltica y carpeta.

La mezcla asfáltica en caliente con asfalto convencional C.A.30 utilizada tanto para base inferior como base superior granular y la mezcla asfáltica en caliente con asfalto modificado para la carpeta de rodamiento fueron verificadas mediante ensayos de laboratorio e in-situ.

Para su control se utilizaron las siguientes Normas de la D.N.V.:

VN-E7-65: Análisis mecánico de materiales granulares.

VN-E9-86: Ensayo de estabilidad y fluencia por el método Marshall.

VN-E12-67: Determinación del peso unitario de probetas y testigos asfálticos compactados en laboratorio y en obra.

VN-E17-87: Determinación del contenido de asfalto de mezclas en caliente por el método Abson.

VN-E27-84: Determinación del peso específico y absorción de asfalto de agregados pétreos para mezclas asfálticas en caliente: método Rice.

Tabla 2. Espesores exigidos por Pliego de Especificaciones Técnicas (P.E.T)

Capa estructural	Material	Espesores
Base granular inferior asfáltica	Mezcla asfáltica en caliente para base con asfalto convencional C.A.30	≥ 8 cm
Base granular superior asfáltica	Mezcla asfáltica en caliente para base con asfalto convencional C.A.30	≥ 8 cm
Carpeta	Mezcla asfáltica en caliente para carpeta con asfalto modificado	≥ 5 cm

Fórmula de mezcla asfáltica en caliente para base inferior y superior de obra.

La Tabla 3 describe las composiciones en áridos y en mezcla de la fórmula de obra para la base inferior y superior.

Tabla 3. Composición en áridos y en mezcla asfáltica de la fórmula de obra para base inferior y superior

Material	10-30	6-20	6-12	0-6	Silíceas	Cal	Filler	Asfalto
% Áridos	13,0	37,0		50,0				
% Mezcla	12,4	35,4		47,9				4,3

Para definir la fórmula de obra, la empresa contratista procedió a realizar en laboratorio los ensayos para diferentes porcentajes de asfalto. El resultado final obtenido es el que se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros y exigencias a cumplir en la fórmula de obra para base inferior y superior

Parámetro	Valores	Exigencias P.E.T.G.*	Tamices	Resultante	Límites
			11/2"	100%	
Cemento Asfáltico	4,3%		1"	99,1%	100%
Densidad Marshall	2,405 gr/cm ³		3/4"	92,8%	80%-95%
Estabilidad	964 kg	> 800 kg	1/2"	71,7%	
Fluencia	3,2 mm	2 a 4,5 mm	3/8"	60,6%	
Vacíos	3,6%	3,0% a 7,0%	Nº4	49,2%	
Estabilidad/Fluencia	2997 kg/cm	1800 a 4000 kg/cm	Nº8	34,8%	30%-45%
Relación Betún/Vacíos	74	65% - 75%	Nº40	13,1%	
V.A.M **	13,9%	> 13%	Nº100	6,6%	
Relación Filler/Asfalto	1	≤ 1	Nº200	4,3%	2%-6%

* *Pliego de Especificaciones Técnicas Generales*

** *Vacíos agregado mineral*

Control de calidad en la producción de mezcla asfáltica en caliente.

A medida que se ejecutaban las distintas capas asfálticas, se realizaron los controles en laboratorio e in situ, cumpliendo la normativa de la DNV para la toma de muestras.

Con respecto a la mezcla asfáltica en caliente elaborada en planta y puesta sobre camión se controlaron las siguientes características: porcentaje de asfalto (método Abson), granulometría, estabilidad y fluencia Marshall.

Porcentaje de asfalto. Por medio del ensayo de "Determinación del contenido de asfalto de mezclas preparadas en caliente por el Método Abson", se recuperó un porcentaje de asfalto que luego se comparó con el asfalto de fórmula de obra.

Granulometría. Para la verificación de la granulometría de la fórmula de obra, se realizó un muestreo sobre un tramo de la cinta transportadora de material, para luego, por cuarteos sucesivos obtener una muestra representativa del ensayo a realizar.

Estabilidad y Fluencia Marshall. Con la muestra extraída, se moldearon en laboratorio cuatro (4) probetas para su análisis correspondiente. Para la obtención de la estabilidad, se sometieron las probetas a carga con velocidad constante, la fluencia se obtuvo por medio de la deformación total expresada en mm. que experimentó la probeta desde el comienzo de la aplicación de carga en el ensayo de estabilidad, hasta el instante en que se produjo la falla.

Control de calidad en la capa asfáltica terminada.

Una vez finalizada la ejecución de la capa de mezcla asfáltica se controlaron los siguientes parámetros:

- Densidad de compactación logrado en obra.
- Espesores de capa.

Para la realización de estos dos ensayos, se obtuvieron testigos de pavimento para analizarlos luego en laboratorio.

Por último, luego de la realización de todos los ensayos y verificando su cumplimiento con las Normas y Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, se aprobó el tramo de obra.

A medida que la obra avanzaba, con sus distintas capas de asfalto, se fueron repitiendo los controles, aprobando o no dicho tramo y con los comentarios para mejorar la calidad del mismo en caso que correspondiera.

Fórmula de mezcla asfáltica en caliente para carpeta de rodamiento.

La Tabla 5 describe las composiciones en áridos y en mezcla de la fórmula de obra para la carpeta de rodamiento presentada por la empresa.

Tabla 5. Composición en áridos y en mezcla asfáltica de la fórmula de obra para la carpeta de rodamiento

Material	10-30	6-20	6-12	0-6	Silíceas	Cal	Filler	Asfalto
% Áridos		42,0	3,5	53,0		1,5		
% Mezcla		40,1	3,3	50,6		1,4		4,6

Para definir la fórmula de obra, la empresa contratista procedió a realizar en laboratorio los ensayos para diferentes porcentajes de asfalto. El resultado final obtenido es el que se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Parámetros y exigencias a cumplir en la fórmula de obra para la carpeta de rodamiento

Parámetro	Valores	Exigencias P.E.T.G.*	Tamices	Resultante	Límites
			1"	100,0%	
Cemento Asfáltico	4,6%		3/4"	99,9%	83%-100%
Densidad Marshall	2,423 gr/cm ³		3/8"	69,4%	
Estabilidad	1.359 kg	> 1000 kg	Nº4	54,0%	45%-60%
Fluencia	3,4 mm	----	Nº8	38,5%	33%-47%
Vacíos	3,7%	3,0% a 5,0%	Nº30	19,5%	17%-29%
Estabilidad/Fluencia	4.035 kg/cm	< 4500 kg/cm	Nº40	15,3%	
Relación Betún/Vacíos	75	70% - 80%	Nº50	13,2%	12%-21%
V.A.M**	14,8%	---	Nº100	8,4%	
Relación Filler/Asfalto	1,27	0,8 - 1,3	Nº200	5,8%	5%-8%

* *Pliego de Especificaciones Técnicas Generales*** *Vacíos de Agregado Mineral***Alcantarillas, garita, dársenas y fundaciones del puente peatonal.**

Para el esquema rotacional del Km 312,50 los desagües existentes se reconfiguraron como desagües a ambos lados de la RN 7, del lado norte en sentido descendente de progresivas kilométricas y lado sur en sentido hacia RP 50. Para el esquema de canalizada del Km 314,00 los desagües se dispusieron a ambos lados de la RN 7 en sentido descendente de las progresivas kilométricas.

La ubicación de las alcantarillas en la obra de desagüe pluvial en la intersección rotacional se observa en la Figura 7.



Figura 7. Ubicación de alcantarillas en intersección rotacional

El LEMEJ tenía como objetivo verificar la consistencia del hormigón fresco de cemento portland mediante el ensayo de asentamiento con el cono de Abrams y la resistencia a compresión simple de probetas confeccionadas para los distintos elementos de hormigón que se iban ejecutando como alcantarillas, garita, dársenas y fundaciones del puente peatonal.

Las normas utilizadas para el muestreo, ejecución de ensayos in-situ y en laboratorio, corresponden a las del Instituto Argentino de Normalización y Certificación IRAM.

- IRAM 1541:** Hormigón de cemento portland. Hormigón fresco. Muestreo.
- IRAM 1536:** Hormigón fresco de cemento portland. Método de ensayo de la consistencia utilizando el tronco de cono.
- IRAM 1524:** Hormigón de cemento. Preparación y curado en obra de probetas para ensayos de compresión y de tracción por compresión diametral.
- IRAM 1546:** Hormigón de cemento. Método de ensayo de compresión.

Los hormigones analizados para estos elementos responden a una clasificación según el Pliego General de Especificaciones Técnicas Generales (PGETG) de la DNV

Tabla 7. Clasificación de hormigones según la DNV

Hormigón clase s/CIRSOC*	Resistencia característica a la edad de 28 días σ'_{bk} (Kg/cm ²)	Resistencia media de c/serie de 3 ensayos consecutivos σ'_{bm} (Kg/cm ²)	Cantidad mínima de cemento (Kg/m ³)	Hormigón clase s/DVN
H-4	40	70	200	F
H-8	80	120	250	E
H-13	130	175	320	D
H-17	170	215	340	C
H-21	210	260		B
H-25	250	300		A
H-30	300	350		

* CIRSOC - Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles

Nota: El Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, Edición 1998 de la DNV, adopta los valores del Reglamento CIRSOC 201 (vigencia legal 1982-2012). Pero se encuentra actualmente en vigencia el Reglamento CIRSOC 201 2005 (vigencia legal 2013-actualidad)

Muestreo de la mezcla de hormigón fresco.

El muestreo de la mezcla de hormigón fresco de cemento portland, para la verificación de asentamiento y moldeo de probetas, fue realizado de acuerdo a la Norma IRAM 1541. Primeramente, se extrajo una muestra representativa del pastón para la ejecución de los ensayos. El tamaño de esta muestra representativa fue superior al 40 % del total necesario para la realización de todos estos ensayos. La extracción se produjo en la boca de descarga.

Debido a que el camión era del tipo motohormigonero (equipo mezclador fijo), la extracción se produjo entre el primer $1/4 \text{ m}^3$ y el último $1/4 \text{ m}^3$ del volumen total contenido.

A los fines de no alterar la muestra, el ensayo de moldeo se realizó en inmediaciones de la descarga.

La homogeneidad de la muestra se obtuvo mediante el mezclado previo del material.

Las probetas quedaron en obra, se evitaron los movimientos, golpes y pérdida de humedad. Fueron almacenadas en condiciones de temperatura ambiente de entre 21°C y 18°C .

Asentamiento de hormigón de cemento pórtland.

Para determinar la consistencia del hormigón se utilizó el tronco de cono de Abrams según Norma IRAM 1536. Esta consistencia fue medida por la pérdida de altura (asentamiento) que sufrió el volumen de hormigón fresco, al ser retirado el molde que lo contiene. De esta manera se midió la fluidez de la mezcla.

De acuerdo al tipo de consistencia requerida que va desde muy seca a fluída, los asentamientos podrán ser desde 2 cm a 18 cm. De acuerdo a la Tabla 5.2 de Reglamento CIRSOC 201-2005.

En la Figura 8 se observa un esquema del procedimiento a seguir para realizar el ensayo.

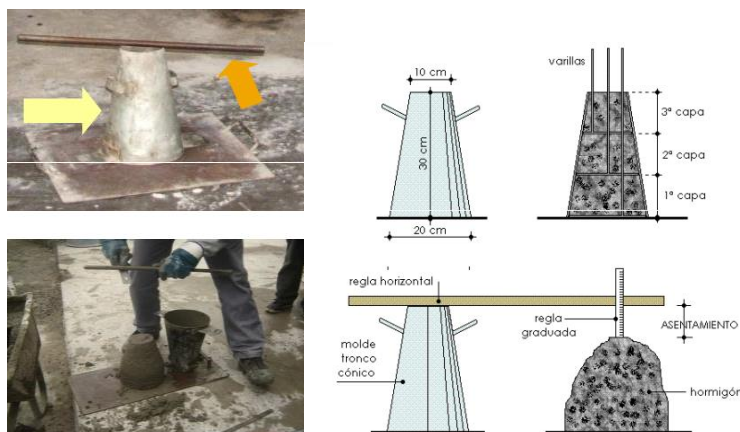


Figura 8. Esquema del procedimiento de ensayo de tronco de cono de Abrams para medición de asentamiento

Moldeo de probetas cilíndricas de hormigón de cemento pórtland.

El moldeo de las probetas cilíndricas de hormigón de cemento portland se ejecutó según Norma IRAM 1524. Debido a que el asentamiento del hormigón resultó ser $\geq$ a 5,0 cm, se realizó la compactación con la varilla normalizada de 16 mm de diámetro.

El diámetro de la probeta adoptado, que es función del tamaño máximo del agregado, fue de 15 cm.

El llenado de las probetas se realizó colocando el hormigón en tres capas de aproximadamente 1/3 de la altura del molde, cada una. Una vez colocada cada capa se la compactó con 25 golpes de la varilla, uniformemente distribuidos sobre su superficie.

Curado de las probetas cilíndricas de hormigón de cemento pórtland.

Al día siguiente del moldeo, las probetas fueron llevadas a una pileta con agua que la empresa poseía en el obrador, para someterlas al proceso de curado, hasta el día de su rotura.

Resistencia a compresión simple de probetas cilíndricas de hormigón de cemento pórtland.

Una vez que las probetas adquieren una edad de 28 días de curado, las mismas son llevadas a rotura por medio del ensayo a compresión, este ensayo se realiza por medio de una prensa que comprime la probeta hasta provocar su rotura, obteniendo así el valor último de carga (carga de rotura) para este hormigón fabricado.

Finalmente se analizaron todos los resultados obtenidos para poder compararlos con las exigencias de la Norma y así, aceptar o rechazar el hormigón colocado en obra.

Sección 2: Normas y reglamentos

Normas RILEM

CPC 4 Ensayo a compresión del hormigón (1975 TC14-CPC)

Proyecto: *Materiales y Estructuras*, Vol. 6, N° 30, noviembre-diciembre 1972. **Final:** noviembre 1975. **Versión Francesa:** noviembre 1975.

CONTENIDOS

- 1 - Alcance
- 2 - Probetas
- 3 - Condiciones de almacenamiento
- 4 - Equipos
- 5 - Procedimiento
- 6 - Resultados de ensayos
- 7 - Informe de resultados

1 - ALCANCE

El objetivo de esta norma consiste en prescribir el procedimiento a emplear en el ensayo de resistencia a compresión de probetas de hormigón endurecido.

2 - PROBETAS

Se utilizarán las probetas descritas por la norma RILEM n° 3: Preparación y Almacenamiento de Probetas, y por la norma ISO 1920-1971: Dimensiones, Tolerancias y Usos de Probetas para Ensayos en Hormigón.

Estas muestras son cilíndricas o cúbicas, moldeadas o cortadas de una pieza de hormigón de mayor tamaño. También es posible utilizar partes de probetas prismáticas utilizadas en ensayos de flexión, siempre que estén libres de fisuras; la longitud de las mismas debe ser, por lo menos, 50 mm mayor que su ancho.

Las probetas cilíndricas deben ser tratadas ⁽¹⁾ de modo que la superficie plana no moldeada cumpla con los requisitos de la § 3 de la norma ISO. R 1920.

Los cubos no requieren tratamiento siempre que hayan sido fabricados utilizando los moldes prescritos por la norma RILEM n° 3.

- (1) el tratamiento consiste en el rectificado o nivelado. Generalmente la operación de corte no será suficiente en sí misma y deberá completarse por medio de tratamientos superficiales. Texto en preparación.

3 - CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Éstas son prescritas por la norma RILEM n°3. Deberán tomarse las precauciones necesarias para evitar el secado durante el traslado de las probetas desde la sala de almacenamiento a la de ensayo.

El empleo de otro método de curado de la probeta deberá constar en el informe.

4 - EQUIPOS

La máquina de ensayo debe ser apta para la utilización en materiales rígidos.

La carga máxima admisible de la máquina deberá ser 1/10 mayor que la carga de rotura de la probeta. La graduación no será mayor que el 1% de la carga de rotura.

La máquina deberá disponer de dos platos de carga de acero con una dureza Rockwell en sus caras de 55 Rc como mínimo.

Al menos uno de los platos (preferiblemente el superior) tendrá un asiento esférico de dimensiones tales que la deformación del mismo bajo cargas normales no exceda la tolerancia de planitud (véase más adelante).

En el ensayo de probetas cúbicas o cilíndricas, los platos de carga deberán ser tan grandes y preferiblemente mayores que las caras de la probeta a la que se les aplica la carga.

Entre las probetas y los platos de la máquina se pueden interponer platos auxiliares del mismo tamaño nominal que las probetas, con un espesor mínimo de $25 \pm 0,4$ mm y siempre que cumplan con los requisitos de los platos de acero de la máquina ⁽¹⁾.

Las superficies de contacto deben estar maquinadas. La tolerancia de planitud ⁽²⁾ será de 1/100 mm por cada 100 mm de lado del cubo o diámetro del cilindro. Cuando, con el uso, la falta de planitud supere dos veces el valor expresado anteriormente, los platos deberán ser maquinados nuevamente.

El asiento esférico tendrá su centro en la superficie del plato, o en un punto cuya distancia a la superficie no sea mayor que 1/200 de la diagonal del plato o de su diámetro según corresponda. El diámetro de la esfera no deberá ser mucho mayor que la dimensión más grande de las probetas en contacto con el plato.

Cuando el ensayo de compresión se realice sobre una muestra utilizada en un ensayo de flexión, se emplearán placas auxiliares, las cuales tendrán la misma dureza que las placas principales y dimensiones tales que generen una superficie cuadrada de contacto (es decir, el tamaño nominal del prisma).

Se recomienda utilizar una plantilla para asegurar que las placas auxiliares permanezcan en posición.

⁽¹⁾ El plato auxiliar no debe ser suspendido en la parte superior de la prensa, porque el centro del asiento esférico no coincidiría con la interfaz entre el plato y la probeta.

⁽²⁾ La tolerancia de planitud se define como la distancia entre dos planos paralelos que encierran la superficie de contacto.

5 - PROCEDIMIENTO ⁽³⁾

Limpiar los platos y las superficies de la probeta en contacto con los mismos. En el caso de cubos y puntas de vigas provenientes de ensayos de flexión, la muestra se colocará en la máquina, de manera que la carga se aplique sobre las caras opuestas a las de moldeado.

Centrar la muestra en los platos o platos auxiliares. El error de centrado no deberá ser mayor que 1/100 del diámetro o lado de la muestra. Las probetas provenientes de ensayos de flexión deben ser como mínimo 25 mm más largas que los platos auxiliares en cada lado.

Cuando la muestra y el plato superior se ponen en contacto, ajustar el asiento esférico para lograr un contacto uniforme.

Aplicar la carga de manera continua y uniforme, sin sacudidas. La duración del ensayo no debe ser inferior a 30 s. La velocidad de aplicación de la carga será tal que un incremento ininterrumpido de tensión pueda estar comprendido entre 0,2 y 1 N/mm² por segundo. Para probetas de baja resistencia se utilizará preferentemente una velocidad de carga de 0,2 N/mm²/s y para las de alta resistencia se empleará una velocidad de 1 N/mm²/s.

Para muestras de muy baja resistencia (menos de 6 N/mm²) la velocidad de carga no será inferior a 0,2 N/mm²/s, pero la duración del ensayo no deberá superar los 30 segundos.

Cuando la muestra comience a deformarse rápidamente antes de la rotura, detener el ajuste de velocidad de aplicación de carga, de modo que, la falla tenga lugar con la velocidad natural de deformación.

Continuar cargando hasta la rotura de la muestra y observar la carga máxima F .

(³) Determinar el tamaño de la muestra con una aproximación del 0,5 % si las dimensiones reales difieren de los valores nominales por más de las tolerancias prescritas (véase la Recomendación N ° 3).

6 - RESULTADOS

La resistencia a la compresión está dada por la expresión:

$f_{cc} = F/A_c$ en N/mm² con precisión de 0,5 N/mm², donde F es la carga máxima registrada durante la rotura expresada en Newton.

A_c , es el área de la sección transversal de la probeta sobre la cual actúa la fuerza de compresión, expresada en mm². El diámetro o el lado de la probeta se miden con una precisión de ± 1 mm.

7 - INFORME DEL ENSAYO

7.1 - Información básica, que siempre será incluida en el informe:

- identificación de la probeta,
- tipo de probeta (moldeada o cortada),
- tipo y tamaño de la probeta,
- condiciones de almacenamiento,
- eventualmente tratamiento,
- edad,
- carga de rotura,
- valor de la tensión de compresión en la rotura.

7.2 - Información adicional

- aspecto general de la probeta (defectos),
- densidad de la probeta (Anexo),
- tipo de hormigón,
- contenido de cemento y composición del hormigón,
- tipo de molde,

- condiciones de moldeado,
- fecha de entrega de la probeta enviada al laboratorio,
- cualquier característica inusual en el tipo

ANEXO

DENSIDAD DE LA PROBETA

La densidad es la relación masa/volumen de la probeta.

La probeta a ensayar se cura bajo agua o en un ambiente completamente húmedo y debe ser pesada antes de ello con una precisión de $\pm 0,25\%$ ⁽¹⁾.

El volumen debe ser calculado mediante la medición de las dimensiones (diámetro, altura, longitud lateral, longitud) con una precisión de ± 1 mm.

Este método proporciona una información sobre el valor de la densidad. Para más precisión, véase el método descrito en la Recomendación Rilem Nº 10.2: Densidad del hormigón endurecido.

⁽¹⁾ En caso de que las probetas estén mojadas, el exceso de agua deberá ser eliminado.

CONTENTS

- 1 - Scope**
- 2 - Specimens**
- 3 - Conditions of storage**
- 4 - Apparatus**
- 5 - Procedure**
- 6 - Test results**
- 7 - Test report**

1 - SCOPE

The aim of the present recommendation is to prescribe the compressive strength test of specimens of hardened concrete.

2 - SPECIMENS

The specimens used shall be those prescribed by the RILEM Recommendation nº 3: Preparation and Storage of Specimens, and in the Recommendation ISO.R. 1920-1971: Dimensions, Tolerances and Use of Specimens for Tests on Concrete.

These specimens are cylindrical or cubic, cast or cut from a larger body of concrete. It is also possible to use parts of prismatic specimens after a flexure test, providing they are free from cracks; the length of such specimens must be at least 50 mm greater than their width.

Cylindrical specimens must be so treated ⁽¹⁾ that the planeness of unmolded surface complies with the requirements of the § 3 of ISO.R 1920 Recommendations.

Cubes do not require treatment providing they have been made in moulds prescribed by the RILEM Recommendation n° 3.

⁽¹⁾ The treatment consists in grinding or capping. Generally, a smooth finish cut is not sufficient in itself and must be completed by means of a surface treatment. One text is under preparation.

3 - CONDITIONS OF STORAGE

These are prescribed by the RILEM Recommendation n° 3. All care shall be taken to prevent drying between the time when the specimen is taken out of the storage room and the test.

Any other method of curing of the specimen shall be mentioned in the report.

4 - APPARATUS

The testing machine shall be suitable for use with stiff materials.

The load scale shall be such that the ultimate load is higher than 1/10 of the scale used.

The graduation shall not be greater than 1 % of the load.

The machine shall have two steel loading platens with faces of Rockwell hardness of at least 55.

At least one of the platens (preferably the upper one) shall have a spherical seat of such dimensions that the deformation of the platen under loads normally used does not exceed the tolerance for planeness (see below).

In testing cubic or cylindrical specimens, the loading platens shall be at least as large, and preferably larger, than the faces of the specimen to which the load is applied. Auxiliary platens, of the same nominal size as the specimens and 25 ± 0.4 mm minimum thick, complying with the requirements of the steel loading platens may be interposed between the specimen and each machine platen ⁽¹⁾.

The surfaces of contact shall be machined. The tolerance of planeness ⁽²⁾ shall be 1/100 mm per 100 mm of edge of cube or of diameter of cylinder. When, with use, the lack of planeness exceeds twice the above value, the platens shall be machined again.

The spherical seat shall have its centre at the surface of the platen, or at a point whose distance from the surface is not more than 1/200 of the diagonal of the platen or of its diameter, as the case may be. The diameter of the sphere shall not be much larger than the largest dimension of the specimen in contact with the platen.

When the compression test is made on a specimen resulting from a flexure test, auxiliary platens shall be used; these shall have the same hardness as the main platens and shall have such dimensions as would produce a square surface of contact (i.e. the nominal size of the prism).

It is recommended that a jig be used to ensure that the auxiliary platens remain in position.

(¹) An auxiliary platen must not be suspended on the upper platen of the press, because the centre of the spherical seat would no longer coincide with the interface between the platen and the specimen.

(²) The tolerance of planeness is defined as the distance between two parallel planes enclosing the surface of contact.

5 - PROCEDURE (³)

Clean the platens and the surfaces of the specimen which will be in contact with them. In the case of cubes and beam ends obtained from a flexural test, the specimen shall be placed in the machine so that the load is applied to faces other than as cast.

Center the specimen on the platens or on the auxiliary platens. The error of centering must be not more than 1/100 of the diameter or of the edge of the specimen. Specimens obtained from the flexural test must be at least 25 mm longer than the auxiliary platens on each side.

At the moment when contact between the specimen and the upper platen is achieved, adjust the spherical seat to achieve uniform contact.

Apply the load in a continuous and uniform manner, without jarring. The duration of the test shall not be less than 30 s. The loading rate shall be such that a non-stop increment of the stresses may be comprised between 0.2 and 1 N/mm² per second. The 0.2 N/mm²/s loading rate shall preferably be used for the low strength specimens and the 1 N/mm²/s rate for the high strength ones.

For the very low strength specimens (less than 6 N/mm²) the loading rate shall not be less than 0.2 N/mm²/s, but the duration of the test shall be less than 30 seconds.

When the specimen begins to deform rapidly prior to ultimate failure, stop adjusting the rate of application of load and allow failure to take place at the existing rate of strain.

Continue loading until failure of the specimen and note the maximum load F .

(³) Determine the size of the specimen to approximately 0.5 % if the actual dimensions differ from the nominal values by more than the prescribed tolerances (see Recommendation N° 3).

6 - RESULTS

The strength in compression is given by the expression:

$f_{cc} = F/A_c$ in N/mm² to the nearest 0.5 N/mm², where F is the maximum load recorded at failure expressed in Newton.

A_c is the cross-sectional area of the specimen on which the compressive force acts, expressed in mm². The diameter or the side of the specimen is measured at the nearest mm.

7 - TEST REPORT

7.1 - Basic information, always to be mentioned in the report:

- Identification of the specimen,
- type of the specimen (cast or cut),
- type and dimensions of the specimen,

- conditions of storage,
- eventually treatment,
- age,
- failure load,
- value of the compressive stress at failure.

7.2 - Additional information

- general appearance of the specimen (defects),
- density of the specimen (Annex),
- type of concrete,
- cement content and composition of concrete,
- type of mould,
- conditions of casting.
- delivery date of the specimens forwarded to the laboratory,
- any unusual feature of the type of failure.

ANNEX

DENSITY OF THE SPECIMEN

The density being the ratio mass/volume of the test specimen.

The test specimen is cured under water or in a thoroughly moist atmosphere and shall be weighed before treatment with a precision down to $\pm 0.25 \%$ ⁽¹⁾.

see the method described in Rilem Recommendation n° 10,2: density of hardened concrete.

⁽¹⁾ In case the specimens are wet, the excess water shall be removed.

CPC6 Ensayo de tracción por compresión diametral en probetas de hormigón 1975 TC14-CPC

Proyecto: Materiales y Estructuras, Vol. 6, No. 30, noviembre-diciembre 1972. Final: noviembre 1975. Versión francesa: noviembre 1975.

CONTENIDO

- 1 - Alcance**
- 2 - Probetas**
- 3 - Dispositivos**
- 4 - Procedimiento**
- 5 - Resultados de ensayos**
- 6 - Informe de ensayos**

1 - ALCANCE

El objeto de la presente norma es describir el ensayo de tracción por compresión diametral de probetas de hormigón endurecido.

2 - PROBETAS

Las probetas se especifican en la Recomendación Rilem No. 3: Preparación y almacenamiento de las probetas y en la Recomendación ISO R. 1920-1971: Dimensiones, tolerancias y uso de probetas para ensayos sobre hormigón.

Las probetas deben ser preferiblemente cilindros con una relación de altura a diámetro de 2 para probetas moldeadas, y una relación de altura a diámetro no menor a 1 para probetas cortadas.

3 - DISPOSITIVOS

3.1 - Máquina de ensayos

Deben cumplir con las normas de las máquinas de ensayo para ensayos de compresión en hormigón.

3.2 - Suplementos

Los dos suplementos deberán ser de madera terciada, cartón; se usarán sólo una vez y tendrán las siguientes dimensiones:

Ancho $a = 15 \pm 2$ mm,

Espesor $t = 4 \pm 1$ mm,

Longitud $>$ a la longitud de la generatriz de contacto de la probeta cilíndrica o del borde de una probeta cúbica o prismática.

3.3 - Piezas de acero para carga

En ensayos sobre probetas prismáticas (cubos o prismas), es necesario colocar una pieza de acero entre el plato de la máquina y el suplemento. Esta pieza no debe ser más corta que la probeta y tener una sección transversal en forma de un segmento de círculo con diámetro de 75 mm, de manera que la carga se aplique a lo largo de una línea en la superficie de la probeta (un ejemplo es dado en la fig. 1).

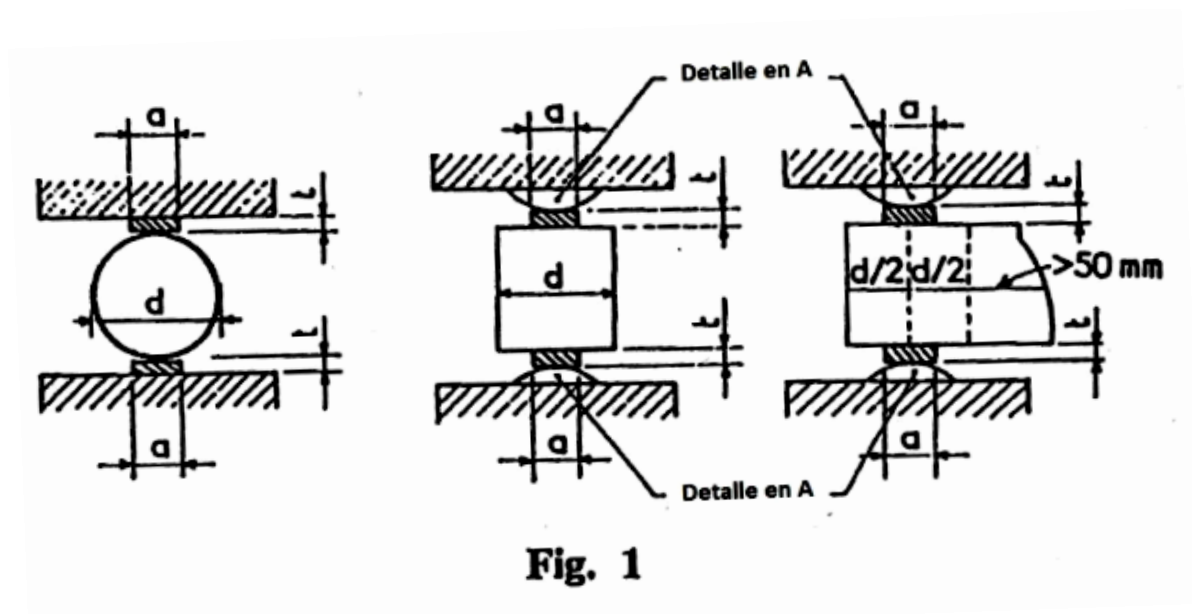


Fig. 1

Figura 1: Colocación de probeta

4.1 - Marcado de probetas

A menos que se utilice un dispositivo de centrado, se marcarán dos líneas a lo largo de las cuales se va a aplicar la carga. Estas líneas deben ser diametralmente opuestas en un plano axial, éstas pueden ser determinadas usando calibres u otros medios apropiados. Los extremos de las dos líneas se deben conectar a través de cada extremo de la muestra a fin de definir claramente el plano de carga (véase la fig. 2).

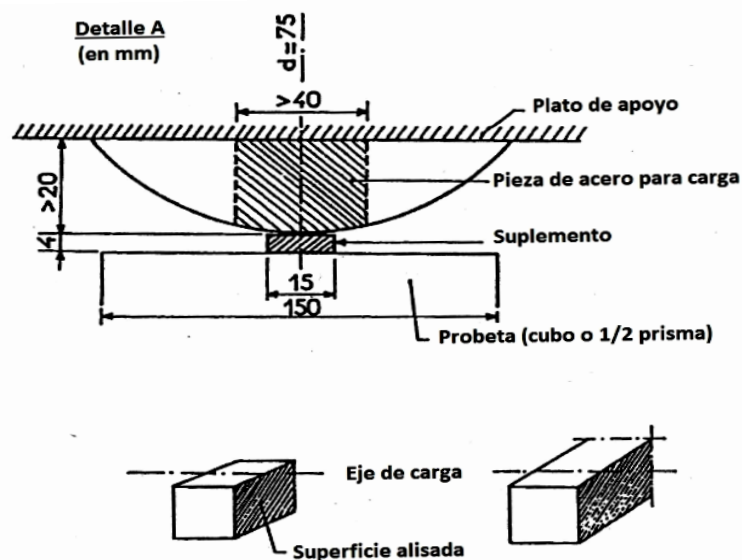


Fig. 2

En el caso de probetas prismáticas y cúbicas, la carga se debe aplicar en las caras que han estado en contacto con las paredes del molde de tal manera que el plano de fractura corte la cara libre (alisada).

4.2 - Medición de probetas

Diámetro

Medir la dimensión en el plano que contiene las líneas marcadas, d , cerca de los dos extremos y cerca del centro de la probeta.

El promedio de las tres mediciones da el valor d .

Longitud

Medir la longitud l a lo largo de cada una de las dos generatrices de contacto.

El promedio de las dos mediciones da el valor l .

Precisión de las mediciones

Todas las mediciones se realizarán con precisión de un milímetro.

4.3 - Preparación de los ensayos

Las superficies de apoyo de la máquina de ensayo y de los suplementos deben ser limpiadas y cualquier grano suelto u otro material eliminado de la superficie de las probetas que vayan a estar en contacto con los suplementos.

4.4 - Colocación de la probeta (ver figura 1).

El cilindro se debe colocar centrado en la máquina con su eje horizontal entre los suplementos, de tal manera que el suplemento superior esté directamente sobre el inferior.

Proceder de la misma forma, ya sea para probetas cúbicas o extremos de viga pero haciendo uso de la pieza de acero.

Asegúrese de que, ya sea mediante el bloqueo de la cabeza esférica de la máquina o por acunamiento de la probeta, la misma permanezca centrada cuando la carga se aplica por primera vez.

4.5 - Carga

Aplicar la carga de una manera continua y uniforme, sin sacudidas. La duración del ensayo no deberá ser inferior a 30 s. La velocidad de carga debe ser tal que un incremento sin detención de las tensiones pueda estar comprendido entre 0,02 y 0,1 N/mm² por segundo. La velocidad de carga de 0,02 N/mm²/s, será preferiblemente utilizada para probetas de baja resistencia y la de 0,1 N/mm²/s para las más resistentes. Para las probetas de muy baja resistencia (menos de 0,6 N/mm²/s) la velocidad de carga no será inferior a 0,02 N/mm²/s, pero la duración del ensayo deberá ser inferior a 30 segundos.

Una vez ajustada la velocidad se mantendrá sin cambios hasta la rotura y se indicará el valor máximo de la carga F en Newton.

5 - RESULTADOS DE ENSAYOS

La resistencia del hormigón a la rotura se expresa con una precisión de 0,05 N/mm² como:

$$f_{ct} = \frac{2 F}{\pi l d}, \text{ en N/mm}^2$$

Donde:

F es la carga máxima en Newton,

l es la longitud de las generatrices de carga de la probeta en mm,

d es el diámetro de la probeta cilíndrica o el borde de las probetas prismática o cúbica en mm.

6 - INFORME DE ENSAYOS

6.1 - Información básica que siempre debe ser mencionada en el informe:

- identificación de la probeta,
- tipo de probeta (moldeada o cortada),
- tipo y dimensión de la probeta,
- condiciones de almacenamiento,
- edad,
- carga de rotura,
- valor de la tensión de rotura.

6.2 - Información adicional

- aspecto general de la probeta (defectos),
- densidad de la probeta (véase el anexo),
- tipo de hormigón,
- contenido de cemento y composición del hormigón,
- tipo de molde,
- condiciones de moldeo,
- fecha de recepción de las probetas enviadas al laboratorio,
- cualquier característica inusual del tipo de falla.

ANEXO

DENSIDAD DE LA PROBETA

La densidad es la relación masa/volumen de la probeta.

La probeta a ensayar se cura bajo agua o en un ambiente completamente húmedo y debe ser pesada antes de ello con una precisión de hasta $\pm 0,25 \%$ (¹).

El volumen debe ser calculado mediante la medición de las dimensiones (diámetro, altura, longitud lateral, longitud) con una precisión de $\pm 1 \text{ mm}$.

Este método proporciona una información sobre el valor de la densidad. Para más precisión, véase el método descrito en la Recomendación Rilem No. 10.2: Densidad de hormigón endurecido.

(1) En caso de que las probetas estén húmedas, el exceso de agua deberá ser eliminado.

CONTENTS

- 1 - Scope**
- 2 - Specimens**
- 3 - Apparatus**
- 4 - Procedure**
- 5 - Test results**
- 6 - Test**

report

1 - SCOPE

The object of the present recommendation is to prescribe the test for tensile strength by splitting of specimens of hardened concrete.

2 - SPECIMENS

The specimens are prescribed by the Rilem Recommendation No. 3: Preparation and storage of specimens and in the Recommendation ISO R. 1920-1971: Dimensions, Tolerances and Use of Specimens for Tests on Concrete.

The specimens should preferably be cylinders with a height to diameter ratio of 3 for cast specimens, and a height to diameter ratio not smaller than 1 for cut specimens.

3 - APPARATUS

3.1 - Testing Machine

Testing machines must conform to regulations for testing machines for compression tests on concrete.

3.2 - Packing Strips

Two packing strips shall be of plywood, cardboard; shall be used only once and have the following dimensions:

Width $a = 15 \pm 2$ mm,

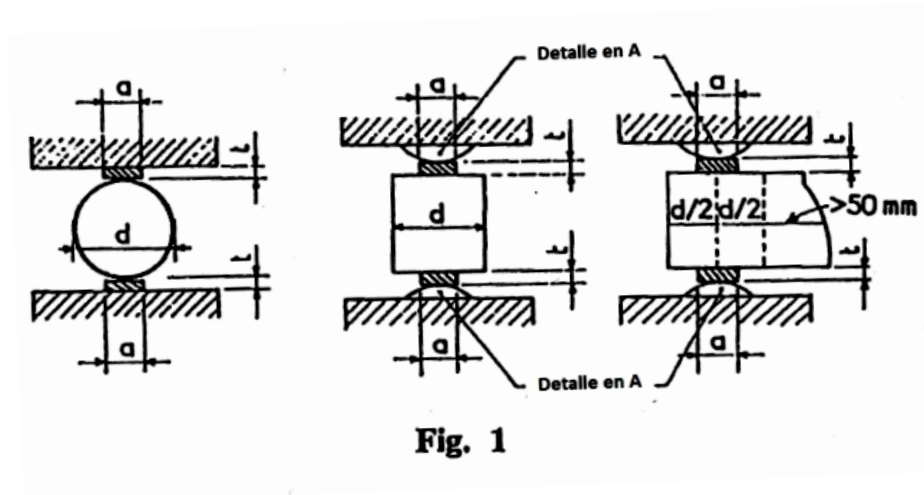
Thickness $t = 4 \pm 1$ mm,

Length $\geq$ the length of the generatrix of contact of the cylindrical specimen or of the edge of a cubic or prismatic specimen.

3.3 - Steel loading Pieces

In tests on prismatic specimens (cubes or prisms), it is necessary to place a steel piece between the platen of the machine and the packing strip. This piece must not be shorter

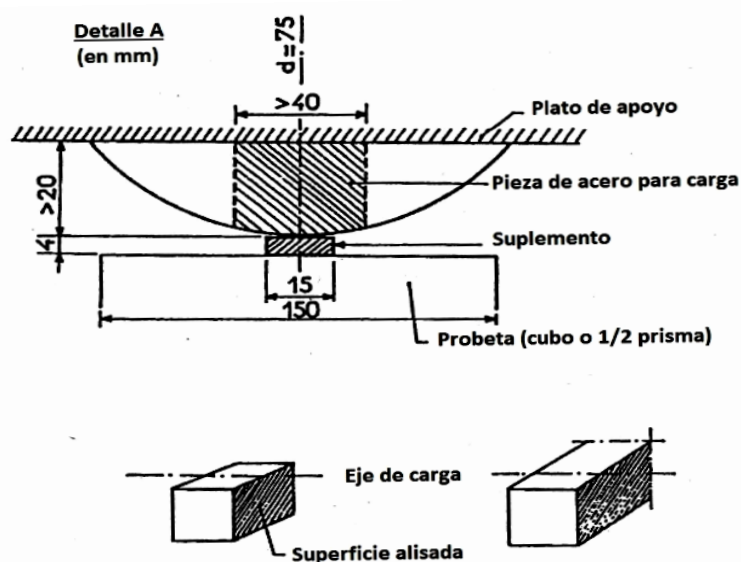
than the specimen and have a cross-section in the shape of a segment of a circle with a diameter of 75 mm, so that the load is applied along a line on the surface of the specimen (an example is given in fig. 1).



4 - PROCEDURE

4.1 - Marking of Specimens

Unless a centering device is used, two lines shall be marked along which the load is to be applied. These lines must be diametrically opposite in an axial plane; they can be established using calipers or other appropriate means. The extremities of the two lines shall be connected over each end of the specimen so as to define clearly the plane of loading (see fig. 2).



In the case of prismatic and cubic specimens, the load shall be applied on the moulded faces in such a way that the fracture plane will include the trowelled surface.

4.2 - Measuring of Specimens

Diameter

Measure the dimension in the plane containing the marked lines, d , near the two ends and near the centre of the specimen.

The average of the three measurements gives the value d .

Length

Measure the length l along each of the two generatrices of contact.

The average of the two measurements gives the value l .

Precision of measurements

All the measurements shall be made to the nearest mm.

4.3 - Preparation for test

The bearing surfaces of the testing machine and of the packing strips shall be wiped clean and any loose grit or other material removed from the surfaces of the specimens which are to be in contact with the packing strips.

4.4 - Positioning of the Specimen (see fig. 1)

The cylinder shall be placed centrally in the machine with its axis horizontal between the packing strips in such a manner that the upper packing strip is directly over the lower strip.

Proceed in the same manner for either cubic specimens or beam ends but in making use of steel piece.

Make sure, either by blocking the spherical head of the machine or by wedging the specimen, that the specimen remains centered when the load is first applied.

4.5 - Loading

Apply the load in a continuous and uniform manner, without jarring. The duration of the test shall not be less than 30 s. The loading rate should be such that a non stop increment of the stresses may be comprised between 0.02 and 0.1 N/mm² per second. The 0.02 N/mm²/s loading rate shall preferably be used for the low-strength specimens and the 0.1 N/mm²/s rate for the strong ones.

For the very low-strength specimens (less than 0.6 N/mm²/s) the loading rate shall not be less than 0.02 N/mm²/s, but the duration of the test shall be less than 30 seconds.

Once adjusted the rate shall be maintained without any change until the rupture and the maximum load F in Newton is noted.

5 - TEST RESULTS

The strength of concrete in splitting' is expressed to the nearest 0.05 N/mm² as:

$$f_{ct} = \frac{2 F}{\pi l d}, \text{ en N/mm}^2$$

Where:

F is the maximum load in Newton,

l is the length of the generatrices of loading of the specimens in mm,

d is the diameter of the cylindrical specimen or the edge of the prismatic specimen or the cubic specimen in mm.

6 - TEST REPORT

6.1 - Basic Information always to be mentioned in the report:

- identification of the specimen,
- type of the specimen (cast or cut),
- type and dimension of the specimen,
- conditions of storage,
- age,
- failure load,
- value of the tensile splitting stress at failure.

CPC 8 Módulo de elasticidad de hormigón en compresión 1975 TC14-CPC

Proyecto: Materiales y Estructuras, vol. 6, Nº 30, noviembre-diciembre de 1972. Final: 1975. Versión Francesa: 1975.

CONTENIDOS

1 - Alcance

2 - Probetas

3 - Curado

4 - Dispositivos

5 - Procesos

5.1 - Resistencia a la compresión

5.2 - Módulo de elasticidad

6 - Resultados de ensayos

7 - Informe de ensayos

1 - ALCANCE

Esta Recomendación cubre el procedimiento para determinar el módulo de elasticidad en compresión; este se designa como el módulo secante, calculado después del número de ciclos de carga especificados por la expresión:

$$E_c = \frac{\Delta f}{\Delta \epsilon} \quad \text{N/mm}^2 \text{ (ver secciones 5.2 y 6)}$$

Donde:

E_c : módulo de elasticidad en compresión

Δf : Diferencia de tensión para mediciones

$\Delta \epsilon$: Diferencia de deformación correspondiente (tensión)

2 - PROBETAS

Las probetas deberán ser preferentemente cilindros 150 mm de diámetro y 300 mm de altura. Por otra parte, se pueden utilizar otras probetas conformes a la Recomendación RILEM No. 3 y la Recomendación ISO R 1820, siempre que la relación de esbeltez sea $2 < h/d < 4$ y, siempre que la dimensión nominal más pequeña de la probeta no sea de 4 veces menor que el diámetro del tamaño nominal más grande del agregado.

Probetas de núcleo perforadas o cortadas de la estructura pueden ser usadas, siempre que las mismas tengan la esbeltez indicada anteriormente, y siempre que el diámetro o el borde (en el caso de prismas) no sea inferior a 100 mm.

3 - CURADO DE LAS PROBETAS

Las probetas deben ser moldeadas, almacenadas y preparadas para los ensayos de acuerdo con la Recomendación RILEM No. 3. Las probetas serán curadas como se especifica en el apartado 5.1.

Otros procedimientos de curado, por ejemplo, en el caso de los núcleos, deben ser indicados claramente en el informe de ensayo.

4 - DISPOSITIVOS

La máquina de ensayo deberá ser capaz de aplicar y mantener la carga requerida. Los instrumentos de medición (por ejemplo, extensómetros de espejo, medidores de deformación por resistencia, medidores por inductancia) para medir el cambio en la longitud deberá tener una longitud de referencia de al menos $2/3$ del diámetro de la probeta, y estarán sujetos de tal de manera que los puntos de medición estén equidistantes de los extremos de la probeta y por lo menos a $1/4$ de la altura de los extremos de la probeta. De la misma manera, la longitud del medidor para probetas prismáticas estará relacionada con la longitud del borde de la sección transversal de la probeta.

Los puntos de medición se proporcionarán con precisión:

— en el caso de probetas cilíndricas, no serán inferiores a dos generatrices diametralmente opuestas,

— en el caso de probetas prismáticas, en el eje mayor de las superficies moldeadas. El dispositivo de medición deberá tener una precisión de al menos 5×10^{-6} .

5 - PROCESO

5.1 - Resistencia a la compresión de hormigón

La resistencia a compresión, f_{cc} , de hormigón es necesaria como un valor de referencia, y se determinará en no menos de tres probetas del mismo tamaño y forma que las probetas para la determinación del módulo de elasticidad, y moldeadas, curadas y almacenadas en condiciones similares.

El ensayo se llevará a cabo conforme con la Recomendación RILEM No. 4. El valor medio de la resistencia a compresión, f_{cc} , de hormigón debe determinar el esfuerzo aplicado en el ensayo de módulo de elasticidad.

5.2 - Módulo de elasticidad (Fig. 1).

La probeta se colocará centrada en la máquina de ensayos y, en tanto sea necesario, los instrumentos de medición, deberán ser colocados en la probeta y la lectura se llevará a cabo previo a la carga. Se aplicará a continuación el esfuerzo inicial de $0,5 \text{ N/mm}^2$ (f_b) y la tensión será leída y registrada.

Posteriormente, la tensión se incrementará continuamente de manera uniforme, sin sacudidas, hasta $f_a = 1/3 f_{cc}$. El aumento de velocidad de carga está comprendido entre $0,2$ y $1 \text{ N/mm}^2/\text{s}$. La Disminución de la carga se llevará a cabo en la misma proporción. La velocidad de carga de $0,2 \text{ N/mm}^2/\text{s}$ se utilizará preferentemente para probetas de baja resistencia y la de $1 \text{ N/mm}^2/\text{s}$ para las de alta resistencia.

El ensayo comprende 10 ciclos de carga continuos de aumento y disminución que varíen entre las tensiones f_b y f_a .

Al final del décimo ciclo de descarga (al valor f_b) la lectura de los instrumentos de medición de tensión se realiza dentro de 30 s.

Inmediatamente después de 30 s, se hace la carga 11ª hacia f_a y la lectura de los instrumentos de medición se realiza dentro de 30 s (ϵ_a).

Por último, la carga se incrementará, aún a la velocidad especificada, hasta la rotura de la probeta. Cuando el instrumento de medición sea susceptible a daños en el momento de la rotura de la probeta, se puede quitar antes de aumentar de la carga. La verdadera resistencia a la compresión de rotura no deberá diferir en más de un 20 % de f_{cc} , en caso contrario, la medición de tensión de esta probeta debe ser desechada para la determinación del módulo.

Los valores ($\epsilon_a - \epsilon_b$) no deberán diferir en más de un 10 % entre las distintas líneas de medición, en caso contrario, el valor no es significativo y la anomalía se incluirá en el informe del ensayo.

Se calcula la media de las diferentes medidas ϵ_a y ϵ_b .

Para obtener información más precisa ϵ_b puede ser medida en la 9ª descarga y ϵ_a se puede medir

en la 10ª carga. El módulo se calcula para el 10º ciclo y se compara con el módulo calculado para el 11º ciclo.

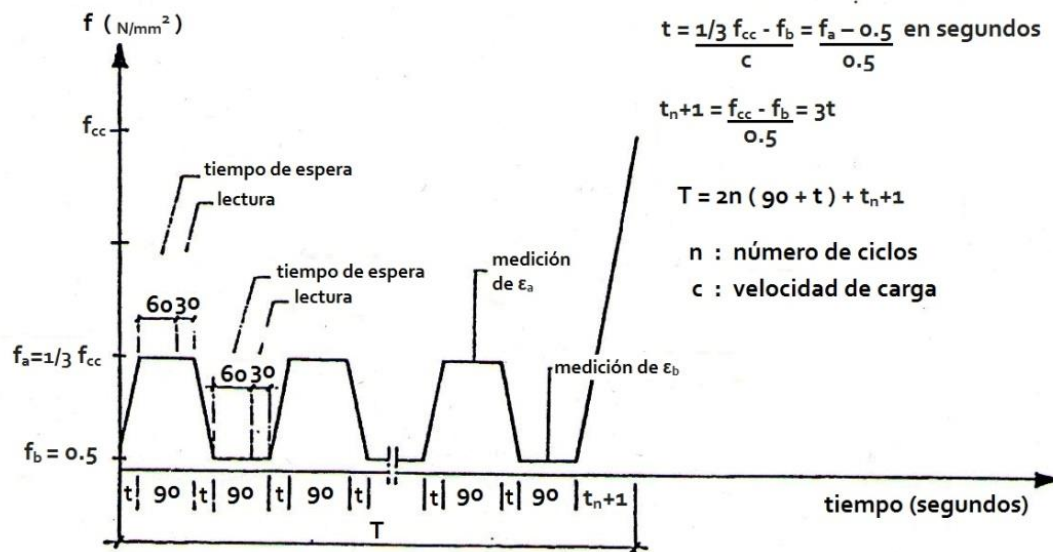


Figura 1

6 - CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD (Fig. 2)

El módulo de elasticidad en compresión E_c se calculará de la siguiente manera:

$$E_c = \frac{\Delta f}{\Delta \epsilon} = \frac{f_a - f_b}{(\epsilon_a - \epsilon_b)} \text{ en N/mm}^2$$

Donde:

E_c = módulo de elasticidad,

$f_a = 1/3 f_{cc}$ en N/mm²,

f_b = tensión inicial = 0,5 N/mm²,

ϵ_a = deformación media bajo tensión f_a ,

ϵ_b = deformación media bajo tensión f_b

7 - INFORME DE ENSAYOS

7.1 - Información Básica, siempre será mencionada en el informe:

- identificación de la probeta,
- tipo de probeta (moldeada o cortada)
- tipo y tamaño de la probeta,
- condiciones de almacenamiento,
- eventualmente, tratamiento superficial,
- edad,
- carga de rotura, valor medio de la tensión de compresión de hormigón f_{cc} y valores individuales,
- tipo de instrumentos de medición y longitud del medidor,

- módulo de elasticidad,
- resistencia a la compresión de la probeta utilizada para la determinación del módulo de elasticidad.
- eventualmente, modificaciones del procedimiento indicado,
- eventualmente, roturas inusuales.

7.2 - Información adicional

- aspecto general de la probeta (defectos)
- densidad de la probeta (véase el anexo)
- tipo de hormigón,
- contenido de cemento y composición del hormigón,
- tipo de molde,
- condiciones de moldeado,
- fecha de entrega de la probeta enviada al laboratorio.

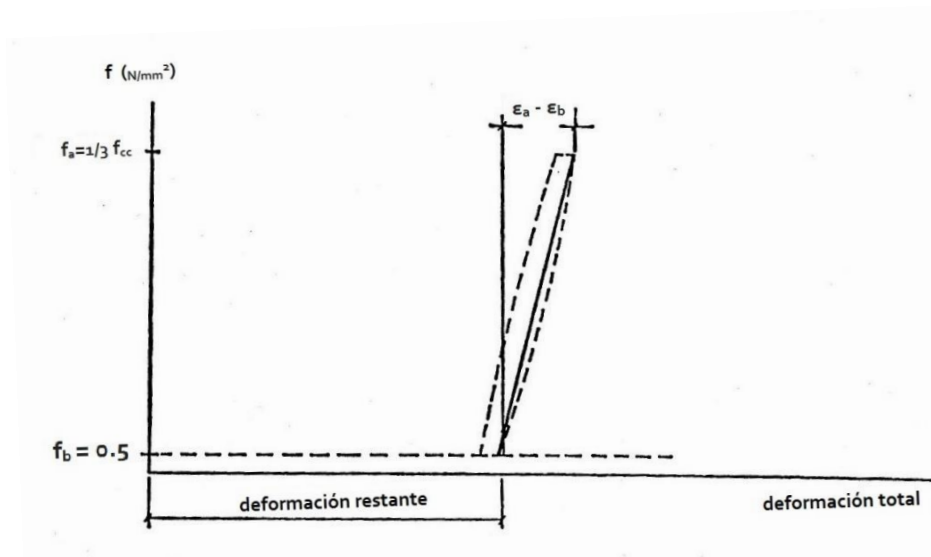


Fig. 2 - Cálculo del módulo de elasticidad

ANEXO

DENSIDAD DE LA PROBETA

La densidad es la relación masa/volumen de la probeta.

La probeta a ensayar se cura bajo agua o en un ambiente completamente húmedo y debe ser pesada antes del tratamiento con una precisión de hasta $\pm 0,25\%$ ⁽¹⁾.

El volumen debe ser calculado mediante la medición de las dimensiones (diámetro, altura, longitud lateral, longitud) al mm.

Este método proporciona una información sobre el valor de la densidad. Para más precisión, véase el método descrito en la Recomendación Rilem No. 10.2: Densidad de hormigón endurecido.

⁽¹⁾ En caso de que las probetas estén húmedas, el exceso de agua deberá ser eliminado.

CONTENTS

- 1 - Scope**
- 2 - Specimens**
- 3 - Curing**
- 4 - Apparatus**
- 5 - Processus**
 - 5.1 - Compressive strength**
 - 5.2 - Modulus of elasticity**
- 6 - Test results**
- 7 - Test report**

1 - SCOPE

This Recommendation covers the procedure for determining the modulus of elasticity in compression; this is designated as the secant modulus, calculated after the number of loading cycles specified from the expression:

$$E_c = \frac{\Delta f}{\Delta \epsilon} \quad \text{N/mm}^2 \text{ (see sections 5.2 and 6)}$$

Where:

E_c : modulus of elasticity in compression

Δf : stress difference for measurements

$\Delta \epsilon$: Corresponding deformation (strain) difference

2 - SPECIMENS

The test specimens shall preferably be cylinders 150 mm in diameter and 300 mm in height. Alternatively, other test specimens conforming to the RILEM Recommendation No. 3 and the ISO Recommendation R 1820, may be used, provided the slenderness ratio is $2 < h/d < 4$ and provided also that the smallest nominal dimension of the specimen is not less than 4 times the diameter of the largest nominal size of the aggregate.

Core specimens drilled or cut out of the structure may be used, provided the cores have the slenderness indicated above, and provided the diameter or the edge (in the case of prisms) is not less than 100 mm.

3 - CURING OF TEST SPECIMENS

The test specimens shall be made, stored and prepared for testing according to the RILEM Recommendation No.3. The specimens shall be cured as specimen in Section 5.1.

Other curing procedures, e.g. in the case of cores, shall be clearly stated in the test report.

4 - APPARATUS

The testing machine shall be capable of applying and maintaining the required load. The measuring instruments (e.g. mirror extensometers, resistance strain gauges, inductance gauges) for measuring the changes in length shall have a gauge length of not less than $2/3$ of the diameter of the specimen, and shall be attached in such a way that the gauge points are equidistant from the ends of the specimen and at least $1/4$ of the height of the specimen from its ends. Correspondingly, the gauge length of prismatic specimens shall be related to the edge length of the specimen cross-section.

The gauges point shall be provided accurately:

- in the case of cylindrical specimens, on not less than two diametrically opposed generators,
- in the case of prismatic specimens, on the major axes of the molded surfaces.

The measuring apparatus shall have an accuracy of not less than 5×10^{-6} .

5 - PROCESSUS

5.1 - Compressive strength of concrete

The compressive strength, f_{cc} , of concrete is required as a reference value and shall be determined on not less than three test specimens of the same size and shape as the specimens for the determination of the modulus of elasticity, and made, cured and stored under similar conditions.

The test shall be carried out in accordance with the RILEM Recommendation No. 4. The mean value of the compressive strength, f_{cc} , of concrete shall determine the stress applied in the modulus of elasticity test.

5.2 - Modulus of elasticity (Fig. 1).

The specimen shall be placed in the testing machine, centered and, as far as necessary, the measuring instruments shall be disposed on the specimen and the reading shall be carried out prior to loading. The initial stress of 0.5 N/mm^2 (f_b) shall then be applied and the strain shall be read and recorded.

Subsequently, the stress shall be increased continuously uniformly, without jarring, up to $f_a = 1/3 f_{cc}$. The rate of increasing of stress is comprised between 0.2 and $1 \text{ N/mm}^2/\text{s}$. The load decrease shall be carried out at the same rate. The $0.2 \text{ N/mm}^2/\text{s}$ loading rate shall preferably be used for the low-strength specimens and the $1 \text{ N/mm}^2/\text{s}$ rate for the high-strength ones.

The test comprises 10 continuous increasing and decreasing loading cycles ranging between f_b and f_a stresses.

At the end of the 10th unloading cycle (at value f_b) the reading of the strain measuring instruments is carried out within 30 s.

Immediately after the 30 s, the 11th loading to f_a is made and the reading of the strain measuring instruments is carried out within 30 s (ϵ_a).

Finally, the load shall be increased, still at the specified rate, up to failure of the specimen. When the measuring instrument is susceptible to damage at the time of failure of the specimen, it can be removed prior to increasing of the load. The true compressive

strength of failure shall not differ from f_{cc} by more than 20 %, if not, the measured strain of this specimen shall be discarded, for determining the modulus.

The values ($\epsilon_a - \epsilon_b$) shall not differ by more than 10 % between the various measuring lines, if not, the value is not significant and the anomaly shall be included in the test report.

The mean of the various measures ϵ_a and ϵ_b is calculated.

For more accurate information, ϵ_b , can be measured also on the 9th unloading and ϵ_a can be measured on the 10th loading. The modulus is calculated for the 10th cycle and compared to the modulus calculated for 11th cycle.

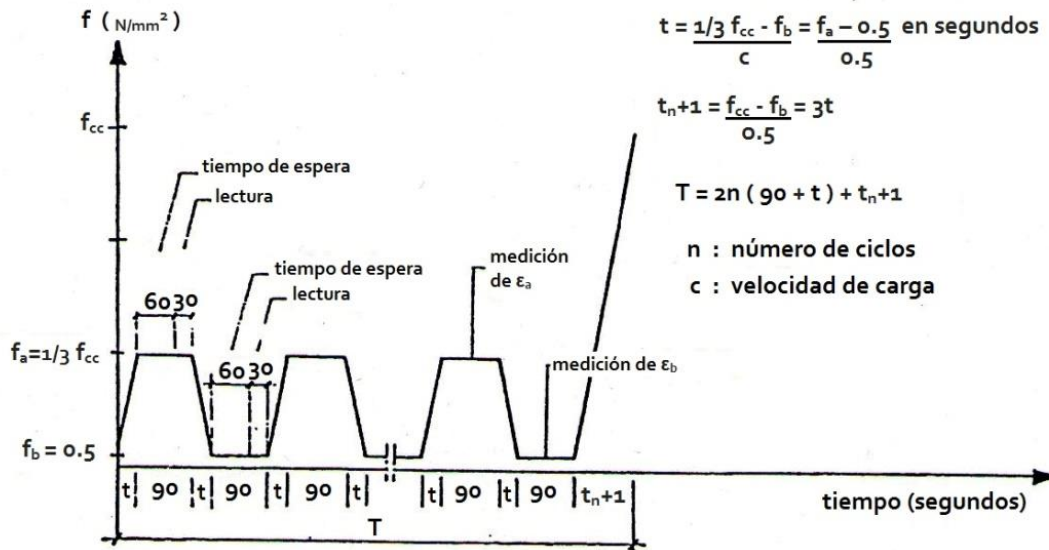


Figura 1

6 - CALCULATION OF THE MODULUS OF ELASTICITY (Fig. 2)

The modulus of elasticity in compression E_c be calculated as follows:

$$E_c = \frac{\Delta f}{\Delta \epsilon} = \frac{f_a - f_b}{(\epsilon_a - \epsilon_b)} \text{ in N/mm}^2.$$

Where:

E_c = modulus of elasticity,

$f_a = 1/3 f_{cc}$ in N/mm²,

f_b = initial stress = 0.5 N/mm²,

ϵ_a = mean strain under stress f_a ,

ϵ_b = mean strain under stress f_b .

7 - TEST REPORT

7.1 - Basic information, always to be mentioned in the report:

- identification of the specimen,
- type of the specimen (cast or cut),
- type and dimension of the specimen,

- conditions of storage,
- eventually surface treatment,
- age,
- failure load, mean value of compressive stress of concrete f_{cc} and individual values,
- type of measuring instruments and the gauge length,
- modulus of elasticity,
- compressive strength of the specimen used for the determination of the modulus of elasticity.
- eventually modifications of the specified procedure,
- eventually unusually fracture.

7.2 - Additional information

- general appearance of the specimen (defects),
- density of the specimen (see Annex),
- type of concrete,
- cement content and composition of concrete,
- type of mould,
- conditions of casting,
- delivery date of the specimen forwarded to the laboratory.

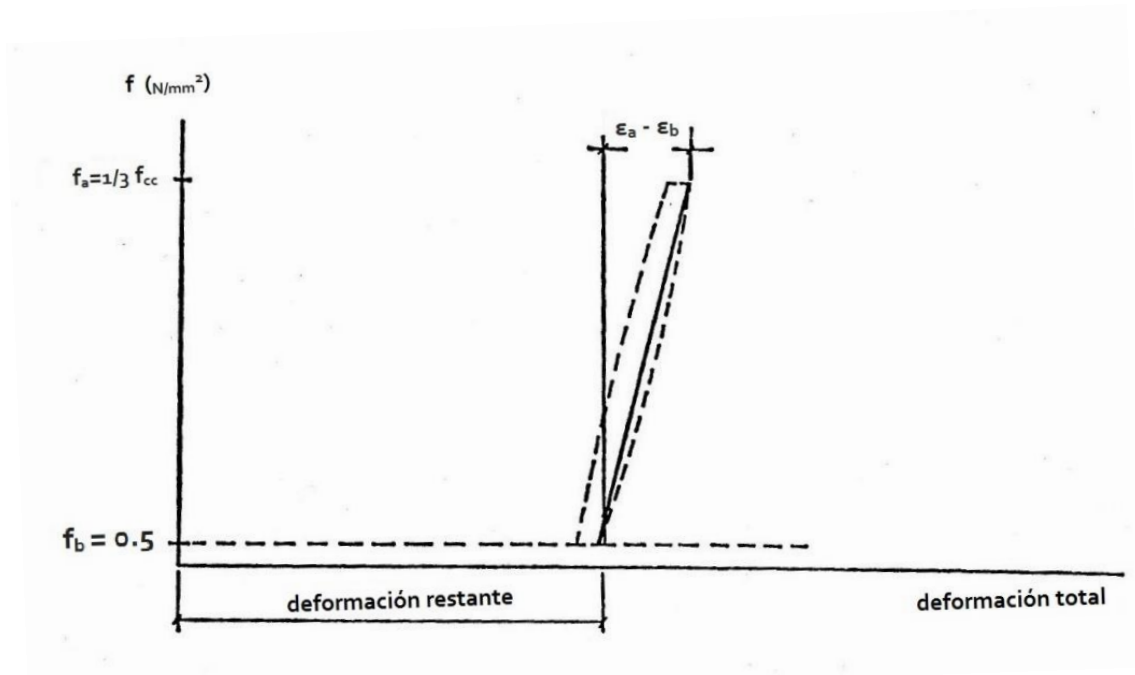


Fig. 2 - Cálculo del módulo de elasticidad

ANNEX

DENSITY OF THE SPECIMEN

The density being the ratio mass/volume of test specimen.

The test specimen is cured under water or in a thoroughly moist atmosphere and shall be weighed before treatment with a precision down to $\pm 0.25 \%$ ⁽¹⁾.

The volume shall be calculated by measurement of the dimensions (diameter, height, lateral length, length) to the nearest mm.

This method gives an information on the value of the density. For more precision, see the method described in Rilem Recommendation No. 10.2: Density of hardened concrete.

⁽¹⁾In case the specimens are wet, the excess water shall be removed.

Sección 3: Información de interés regional

Buenas prácticas en el control del hormigón

Autor: Ing. Alejandro Mateos

LEMEJ

Este artículo está dirigido al responsable en obra de la calidad del hormigón y tiene como fin describir los procedimientos y realizar sugerencias para los correctos moldeo y manipulación de las muestras a ser analizadas en un laboratorio de control de materiales, a fin de que constituyan un fiel registro de las características del hormigón utilizado en la construcción de la estructura de una obra.

Se siguen los lineamientos de la Normativa Argentina actual, y en particular, se tiene en cuenta: la determinación de la consistencia, el muestreo de hormigón, el moldeo de probetas cilíndricas, y la preparación y curado de las mismas hasta su llegada al laboratorio, sitio en donde serán analizadas mediante la realización de un ensayo de compresión.

Las clases de hormigón a las que se hace referencia son las de usos más comunes en la generalidad de las obras: H15, H20, H25 y H30, en las que la denominación coincide con la resistencia característica, expresada en Megapascuales (MPa)¹, de los resultados de ensayos de compresión.

Para abordar el tema, es necesario precisar algunos conceptos; cuando se menciona “pastón”, se refiere a la menor cantidad de hormigón que puede producirse en una unidad de mezclado, por ejemplo, una hormigonera o un vehículo de transporte. Si se nombra “lote”, se tratará de una cierta cantidad –un cierto número de pastones- de hormigón de la misma clase producida bajo las mismas condiciones. Este “lote” incluye a los pastones de los que se extraen las tres (3) muestras que indican la aceptación o rechazo del mismo, como así también los pastones comprendidos entre estos.

El punto de partida del control del hormigón es el momento en el cual la mezcla fresca de la planta de elaboración, si el hormigón se elabora en obra, o el camión motohormigonero, si se mezcla fuera del obrador, se encuentre en condiciones de ser depositada en el encofrado de la estructura, para ser luego compactada por un equipo vibratorio sumergible.

Previamente, el constructor o encargado de la ejecución de la obra solicita a la planta hormigonera (propia o de un tercero) la cantidad de hormigón necesaria, expresada ésta en metros cúbicos. Desde el momento en que el agua de mezclado entra en contacto con el cemento y los agregados, se dispone de 90 minutos o 300 revoluciones (lo que ocurra primero) para completar la descarga del hormigón. Una vez que el vehículo de transporte sale de la planta no se debe modificar el material. El mismo, al llegar a obra, debe tener un asentamiento –denominado plástico o muy plástico– de entre 5 y 18 cm cuando forme parte de una estructura de hormigón armado con un tipo de exposición A

¹ Un Megapascal (MPa) es aproximadamente igual a 10 kg/cm²

² según lo indicado en el Reglamento CIRSOC 201. En el caso de que el hormigón tenga un asentamiento menor que el solicitado, se podrá agregar agua en obra; en este caso la responsabilidad por la performance de ese hormigón será imputable al productor. En cambio, si el asentamiento al llegar a obra está acorde a lo solicitado e igualmente se resuelva adicionarle agua, en este caso el responsable de las prestaciones del hormigón será el usuario. De agregarse agua en obra, deberá hacerse girar el tambor 30 vueltas o más, a velocidad de mezclado, hasta lograr la uniformidad de la mezcla.

Una vez el hormigón en obra, se toman muestras para analizar las siguientes características: densidad, consistencia, contenido de aire, resistencia y uniformidad del pastón. Generalmente, se extraen muestras para la realización del ensayo de consistencia y para el moldeo de probetas a fin de determinar la resistencia a compresión. Como regla general, se acepta que las muestras sean tomadas después de haberse descargado los primeros 0,25 m³ y antes de los últimos 0,25 m³.

Si una vez analizado el hormigón, este no cumple con los valores especificados de consistencia y contenido de aire, el material será rechazado. Por otra parte, si no alcanza la resistencia característica especificada, se establece que los pastones de donde se extrajeron las tres muestras y los comprendidos entre estos, no cumplen con la resistencia especificada. En cambio, si uno de los tres resultados no la obtuviera, pero sí el promedio de ellos, se considera que solo el pastón de donde se extrajo ese resultado no cumple con la resistencia especificada.

Como se mencionó anteriormente, uno de los controles más necesarios que se realiza sobre el hormigón fresco es la medición del asentamiento. Este ensayo nos indica, por un lado, la trabajabilidad³ del material y, por otro, para hormigones sin agregado de aditivos plastificantes, el asentamiento nos proporciona una idea de la cantidad de agua incorporada a la mezcla.

Para los hormigones tratados en este artículo, el asentamiento se mide utilizando un tronco de cono con su placa de apoyo y una varilla de acero de dimensiones normalizadas. Para realizar el ensayo, el molde y la placa donde se asentará éste deben estar humedecidos. Se llena el molde en tres etapas, procurando que cada una de las capas posea el mismo volumen. Al finalizar cada etapa de llenado, se compacta la mezcla con la varilla aplicando 25 golpes distribuidos en toda su superficie. Al momento de incorporar la segunda y tercera capa, se debe tener en cuenta que la varilla tendrá que penetrar 20 milímetros en la capa inmediata inferior. En la última capa, se debe colocar cantidad suficiente de mezcla para que rebase el molde. Si esto no sucediera, se detiene el varillado para completarlo. Una vez cumplida la fase de llenado, se retira cuidadosamente el molde y se mide el asentamiento del hormigón fresco mediante la comparación con el tronco de cono; la medida se indica en centímetros con una tolerancia de $\pm 0,5$ cm.

Para poder determinar la resistencia a compresión del hormigón, que es la propiedad más importante de este material pues en base a ella se desarrollan los algoritmos de

² Refiere al ambiente en el que se encuentra la estructura de hormigón una vez en servicio. A 2: ambiente normal – Temperatura moderada y fría, sin congelación. Humedad alta y media o con ciclos de mojado y secado.

³ Propiedad de la mezcla de hormigón que determina su facilidad para ser colocada en los encofrados.

cálculo, se debe moldear probetas estandarizadas, siendo las utilizadas en Argentina las que poseen un diámetro de 150 mm y una altura de 300 mm, con una relación de esbeltez de 2.

El procedimiento de llenado de los moldes (moldeo), es similar al descripto para el ensayo de asentamiento. En este, se vierte el hormigón en 3 etapas de volúmenes iguales, aplicando 25 golpes de varilla en toda la superficie y haciendo penetrar la vara, para el caso de la segunda y tercera capa, 20 milímetros en la inmediata inferior.

Una vez llenado el molde, las probetas permanecen durante 24 horas en él sobre una superficie horizontal, sin perturbaciones y expuestas a condiciones de temperatura de alrededor de 23 °C y sin pérdida de humedad. Transcurrido este tiempo, las probetas son desmoldadas e identificadas correctamente sobre su superficie curva. Posteriormente, éstas se colocan en una cámara húmeda a 95 % de humedad relativa y 23 ± 2 °C, sin exponerlas a corrientes de agua o goteo, o en su defecto, se sumergen en una pileta con una solución saturada de hidróxido de calcio también a 23 ± 2 °C.

Para ser ensayadas, las probetas se remiten al laboratorio correspondiente en donde se miden el diámetro y la altura de cada una y se le prepara su cabeza y base, a este proceso se lo denomina generalmente “encabezado”. Al momento de ensayarlas, cada probeta se coloca entre los dos platos de caras planas de una máquina de ensayo, la que deberá poseer una capacidad de carga suficiente como para comprimirlas hasta su rotura y registrar la carga máxima alcanzada. Uno de los platos de carga deberá contar con una rótula que le permita ejercer sobre la probeta una fuerza axial de compresión pura.

Antes de iniciar el ensayo, se acerca lentamente la parte móvil de la prensa evitando impactar la probeta. La aplicación de la carga se realiza de manera continua y sin choques bruscos respetando un aumento de la tensión media de $0,4 \pm 0,2$ MPa/s. Posteriormente, se calcula el área del objeto ensayado y con el valor de carga máxima registrada se determina la tensión de rotura a compresión, expresando el resultado en Megapascuales.

Todas las alternativas indicadas en este artículo son a título orientativo y a fin de posibilitar una descripción general de los procedimientos a seguir. Para poder dirimir cuestiones técnicas originadas en una obra particular, deberá remitirse a la normativa argentina vigente o a aquella indicada en el pliego de especificaciones particulares de dicha construcción

Sección 4: Información sobre la región

Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras de la UNNOBA (LEMEJ)

Autor: Ing. María José Castillo

LEMEJ

El Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras (LEMEJ) fue creado por la Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires (UNNOBA), el 16 de mayo de 2014. El LEMEJ se encuentra ubicado en la esquina de Avenida Libertad y Cnel. Borges de la ciudad de Junín. Desarrolla sus actividades en el ámbito funcional del Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Sostenible (IIDS) y la Escuela de Tecnología.



El LEMEJ fue constituido con el objetivo de prestar servicios en diferentes áreas de materiales, estructuras, construcciones y productos industriales. Actualmente, el LEMEJ está dividido en las siguientes áreas: asfaltos, hormigones, maderas, estudios forestales, metales y aleaciones, suelos y agregados. Su área de incumbencia se encuadra fundamentalmente en la región noroeste de la Provincia de Buenos Aires. Sin embargo, actualmente la proyección del laboratorio abarca, además, el sur de la provincia de Santa Fe y el Sudeste de la provincia de Córdoba.



Los servicios prestados por el LEMEJ tienen por objetivo, por un lado, garantizar que todo lo que se libre al uso público tenga un margen de seguridad acorde con la normativa vigente y, por otro, el mejoramiento de su calidad, nivel de prestaciones y durabilidad.

Su primera actividad, en carácter de Consultora Pública Interna, permitió dar respuesta a una necesidad de la propia Universidad, al evaluar la seguridad de la estructura de hormigón armado del Edificio Ferromed, ubicado en las manzanas comprendidas por las calles Libertad, Sarmiento, Entre Ríos y Coronel Borges de la ciudad de Junín. El mismo fue inicialmente construido y utilizado como Hospital Ferroviario y luego, adquirido por la UNNOBA con fines educativos y administrativos. En la primera edición de la revista *Materiales & Estructuras* se describió dicha actividad, la cual permitió hacer las reparaciones necesarias, de modo tal que hoy día el edificio está siendo utilizado para los fines previstos.

Por otro lado, en carácter de Consultora Pública Externa, brinda servicios de asesoramiento a Municipios y Empresas de la región, los cuales, en muchos casos, requieren de los servicios del LEMEJ de forma sistemática y prolongada. Además, ejecuta proyectos de vinculación tecnológica con participación público-privada.

Como respaldo técnico, el LEMEJ cuenta con una Biblioteca propia que contiene las Normas y Reglamentos de aplicación en el país y la región, así como sus equivalentes extranjeros que resultan aconsejables por su calidad o novedad: Normas IRAM, Normas RILEM, Reglamentos CIRSOC, etc. Esto genera un marco conveniente para el análisis de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos y la posterior redacción de los informes.

Nuestro laboratorio trabaja en colaboración, mediante la firma de convenios específicos, con otras Instituciones destinadas a desarrollar actividades similares o complementarias, por ejemplo, la Municipalidad de Junín, la EEST No 1 "Antonio Bermejo" de Junín, el Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario e Investigación Tecnológica (LEMIT) de La Plata, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España (CSIC), etc. Esto permite ampliar las capacidades del laboratorio mediante el

uso de equipamiento compartido, desarrollo conjunto de actividades de investigación e intercambio de conocimientos.

Por otro lado, el LEMEJ realiza actividades de investigación, desarrollo y transferencia. Muchas veces, a partir de los servicios prestados o de consultas o necesidades implícitas en los servicios solicitados por nuestros clientes, surgen ideas, preguntas sin respuesta, curiosidades y dudas, las cuales se transforman en proyectos de investigación. Estas actividades las desarrolla el LEMEJ en forma particular o en colaboración con empresas del rubro. El laboratorio cuenta con una base de datos de actualización constante, la que permite, en función de la apertura de las convocatorias, formular y llevar adelante proyectos de investigación en las diferentes temáticas del laboratorio. Los resultados obtenidos son difundidos, por un lado, a la comunidad científica y, por otro, a los interesados directos, que en nuestro caso suelen ser empresas e instituciones públicas de la región. En este sentido, la revista Materiales & Estructuras es una realización del LEMEJ que permite completar la difusión de conocimientos.

Como parte de esta difusión, en el año 2017 organizó el CLEM+CIMAD 2017: II Congreso Latinoamericano de Estructuras de Madera (CLEM) - II Congreso Ibero Latinoamericano de la Madera en la Construcción (CIMAD), desarrollado en la UNNOBA - Edificio Presidente Raúl Alfonsín-Sarmiento 1169 – Junín entre el 15 y el 19 de mayo. Se presentó una gran cantidad de trabajos de muy buen nivel, los cuales fueron elaborados por investigadores de prestigiosas instituciones internacionales, y además se logró una numerosa afluencia al evento de asistentes de Argentina y demás países. Este congreso permitió la continuidad del CLEM (Congreso Latinoamericano de Estructuras de Madera) y del CIMAD (Congreso Ibero Latinoamericano de la Madera en la Construcción); ninguno pudo lograr la periodicidad propuesta inicialmente, realizándose el primer CLEM en el año 2009 en la localidad de Bío Bío, Chile, y el primer CIMAD en Coimbra, Portugal en el año 2011. En marzo de este año se realizó, en Sao Paulo, Brasil, el III CLEM 2018 y, actualmente, se está programando el III CIMAD para el año 2021 con sede en Madrid, España, con el fin de darle continuidad a lo realizado en Argentina.

Si bien la conformación del laboratorio se inició en febrero del año 2013, la prestación de servicios a terceros se efectivizó a mediados del año 2015.

Entre los trabajos de investigación desarrollados y en ejecución suman un total de 18 proyectos, financiados por la UNNOBA, por el propio laboratorio y por las distintas agencias gubernamentales.

Actualmente, ofrece la posible realización de alrededor de 320 ensayos específicos.

Ha generado más de 40 clientes, muchos de los cuales han contratado los servicios del LEMEJ en diversas oportunidades.

Sección 5: Información sobre las líneas de investigación que se desarrollan en la UNNOBA

Patrimonio y territorio NOBA en el entre siglos XIX-XX: la investigación desde la Universidad

Autores: Melina Yuln; Luis Julián Lima; Silvina Cecilia Carrizo; Federico Montecelli; Alejandra Taghón; Graciela Manzione.

IDS

Introducción

Desde 2009 en el TEAM, Centro de Estudios sobre Territorio, Energía y Ambiente de la UNNOBA, se realizan estudios de vertiente geo-histórica para la región Noroeste de Buenos Aires (NOBA). Se han investigado transformaciones territoriales, con una perspectiva de larga duración y problemáticas específicas referidas al patrimonio arquitectónico, en el contexto socio-productivo regional.

Los trabajos son realizados por un grupo de investigadores y colaboradores que participan desde distintos ámbitos -Dirección de Cultura de la Municipalidad de Bragado y UNNOBA- y diversas perspectivas - historia, la arquitectura, ingeniería, geografía, y gestión cultural. La asociación de especialistas diversos permite dar una mirada compleja sobre la correspondencia entre las transformaciones territoriales y el patrimonio arquitectónico. Se crean nuevas relaciones que complementan intereses y capacidades, contribuyen a la circulación de información y divulgación de conocimiento y articulan acciones dispersas, promoviendo el intercambio entre actores comprometidos con la preservación patrimonial. Esto apunta a generar así conocimiento y reflexiones que sirvan a su puesta en valor.

El análisis de las transformaciones territoriales vinculadas a problemáticas arquitectónicas y constructivas se focalizó, en una primera etapa, en el estudio de las estancias de la región-incluyendo la recopilación de información referente a los establecimientos rurales fundados aproximadamente entre 1870 y 1920. En la segunda etapa, la investigación se centró en los edificios ligados al proceso de modernización en los umbrales del siglo XX, como fueron las industrias, usinas eléctricas, escuelas públicas o salas de teatro; estudiándose más específicamente las construcciones del ferrocarril. En este marco, se ha buscado avanzar en reflexiones y generación de conocimientos ligados al estudio del entorno socio-productivo y la red ferroviaria, como temas estratégicos para la región.

Como parte de las investigaciones realizadas en el marco del proyecto “Patrimonio y territorio en el Noroeste de la Provincia de Buenos Aires: un siglo de transformaciones arquitectónicas e ingenieriles (1850-1950)”⁴, se presenta aquí un análisis geo-histórico de la región NOBA y de su patrimonio arquitectónico, a través de un estudio sobre cascos de estancias.

⁴ Proyecto correspondiente a la convocatoria SIB 2015. Director: Luis Julián Lima.

Las estancias del noroeste bonaerense contaban con equipamiento y edificios subsidiarios para el desarrollo de sus actividades productivas, pero la vivienda principal de esas estancias, constituye un emblema del patrimonio histórico de la región. Aquí se abordan tres casos de estudio, la estancia *El Molino*, en el partido de Alberti y *La Chica*, en el partido de Salto -ambas construidas en la década de 1870- y *Las Petaquitas*, de 1940, en el partido de General Viamonte.

El texto se organiza en dos partes. La primera analiza el proceso de territorialización del NOBA, poniendo en relieve dinámicas clave de construcción territorial, vinculadas a dimensiones políticas, económicas y sociales (Yuln et al, 2013; Carrizo y Yuln, 2014). La segunda parte se destina al devenir histórico de los casos de estudio y el análisis constructivo de las edificaciones en su estado actual.



1. La territorialización del NOBA

El estudio de la territorialización del espacio NOBA permite plantear una periodización que distingue tres momentos: uno de construcción de una frontera impulsado por una política nacional de tierras; otro, de asentamiento poblacional en la región y otro de consolidación productiva para exportación de los productos agropecuarios.

1.1 Construcción de una frontera

En la segunda mitad del siglo XIX, por la ruptura de tratados de paz y la finalización de políticas de gobierno destinadas a negociar con grupos de “indios aliados y amigos”, las estancias situadas al Oeste del río Salado se vieron inmersas en la avanzada de frontera, junto con los fortines militares que intentaban frenar las incursiones indígenas y proteger esas unidades de producción. Estas estancias modelaron la territorialización del espacio fronterizo, que luego consolidaron como espacio productivo.

La frontera indígena, como problemática estatal, recién culminó en la década de 1880 con la política ofensiva de Roca sobre las tribus en la región nor-patagónica. Luego de estas campañas militares contra los indígenas, el vasto territorio disponible adquirió nuevas posibilidades productivas. La historiografía económica denomina el periodo 1880-1914 como “la gran expansión agraria”, es decir, un proceso de crecimiento económico ligado a la disponibilidad de tierras, la inmigración como mano de obra de trabajo, la modernización técnica de la producción y las medidas estatales que acompañaron este crecimiento (Míguez, 2001).

Hasta ese momento, la explotación se limitaba a una ganadería extensiva que no requería de inversiones elevadas, ya que los estancieros evitaban arriesgar capitales que podían ser fácilmente destruidos o saqueados por un malón. Cuando ese riesgo desapareció, se incorporó no solo capital sino también mano de obra -mayoritariamente inmigrante- para poner en producción las tierras que pasaron a dominio del Estado.

La legislación de las tierras públicas intentó definir unidades reducidas, adaptando modelos agrarios estadounidenses que buscaban el prototipo del pequeño productor propietario. Sin embargo, esta legislación tuvo impacto limitado en la conformación de la estructura productiva, que resultó de la rápida venta de grandes extensiones a los estancieros. Este traspaso de tierras públicas a manos privadas le significó al Estado importantes ingresos de fondos, mientras que la venta de lotes a los colonos resultaba lenta y poco rentable (Yuln, 2012). La estancia se consolidó como la unidad de producción y el modelo de ocupación se caracterizó por las propiedades de grandes extensiones.

1.2 Asentamiento poblacional

La puesta en producción de las tierras rurales en la provincia de Buenos Aires se articuló fundamentalmente al desarrollo agro-ganadero de las estancias. El asentamiento poblacional vino asociado a ese proceso y a nuevas dinámicas territoriales que trascendieron esas unidades productivas.

Los pueblos crecieron, convirtiéndose en proveedores de mano de obra y en mercado de servicios para los grandes establecimientos rurales. La expansión de las redes de transporte, comunicación, eléctricas, sanitarias, educativas, bancarias y otras contribuyó a generar nuevas dinámicas socioeconómicas que favorecieron el poblamiento y la conformación de la región.

El ferrocarril se constituyó en un actor que favoreció el proceso de poblamiento rural y el surgimiento y crecimiento de nuevos núcleos urbanos. Desde 1880, la red ferroviaria se extendió rápidamente por la provincia con diversos ramales que tenían la finalidad de conectar los centros agropecuarios con el puerto de Buenos Aires, por eso muchas estaciones se localizaron directamente dentro de las estancias.

Medidas económicas e institucionales facilitadas por el Estado, significaron el aporte de un sistema crediticio instrumentado por bancos. Las entidades bancarias oficiales constituyeron otra red que aportó servicios financieros en distintos puntos de la provincia. De manera que dieron respuesta a las nuevas necesidades, propiciaron diversas iniciativas socioeconómicas y acompañaron las políticas nacionales y provinciales de fomento y promoción de expansión territorial.

A su vez, la colonización de la mano de la inmigración extranjera, comenzó a formar parte de la agenda política nacional hacia finales de la década de 1870. Previamente se ensayaron acciones de gobierno en esta materia, pero fue hacia el último tercio del siglo que se instrumentaron las medidas y prácticas estatales que beneficiaban el asentamiento de poblaciones rurales (Djenderedjian et al, 2010).

1.3 Consolidación productiva

Hasta 1880, la producción agrícola se circunscribía a las chacras que rodeaban los pueblos, mientras que en las estancias, este proceso alcanzaría su máximo desarrollo hacia principios del siglo XX. La incorporación de la agricultura a una producción tradicionalmente ganadera, tuvo como foco el mejoramiento de la carne vacuna, aunque ahora se agregaba el cultivo paralelo de pasturas y cereales mediante un sistema de entrega de tierras a pequeños productores, para la producción intercalada de trigo, maíz y alfalfa.

De esta manera la estructura agraria emergente presentaba una gran diversidad. La gran estancia vacuna convivía con pequeñas y medianas explotaciones mixtas, generando una dinámica que permitía la incorporación de nuevos productores al sistema. Así, los estancieros, los chacareros y los asalariados, coexistían y se complementaban dentro de la estructura productiva. Los empresarios rurales, por su parte, aportaron nuevas prácticas productivas, nuevas tecnologías y mayores inversiones, manteniendo el control y la propiedad de la tierra. Los chacareros constituyeron una categoría que abarcaba diversas situaciones respecto de la tenencia de la tierra, del nivel de inversiones y las estrategias productivas, incluyendo así a colonos propietarios, arrendatarios, subarrendatarios, aparceros, pastores, etc. Finalmente, la incorporación de peones y jornaleros al mercado de trabajo se caracterizó tanto por las relaciones laborales contractuales como por el aluvión de la inmigración europea (Zeberio, 1999).

Junto con la incipiente industria frigorífica se profundizó el proceso de refinamiento de razas de ganado vacuno y para los primeros años del siglo XX se exportaban carnes congeladas. A su vez se produjeron cambios en la cría de ovinos, ya que se sustituyó la tradicional raza merino por otras de procedencia británica, en el marco de un mejoramiento de la estructura pecuaria (Sesto, 2005).

Si bien la provincia mantenía su perfil ganadero, que necesitaba de la producción de pasturas artificiales, la agricultura había crecido de manera que se abastecía el mercado local y se disponía de excedentes exportables. En función de la ganadería, se adoptó un sistema de rotación de cultivos complementado con un régimen de aparcería, es decir, de pequeños agricultores que explotaban parcelas reducidas para asegurar mejores rindes. A todo esto se sumó un proceso de renovación tecnológica que propició el uso temprano de la maquinaria agrícola, ante la escasez de mano de obra. Las estancias de la región NOBA evidencian la incorporación de equipamientos así como el interés por el aspecto arquitectónico en la construcción de los edificios de viviendas principales.

2. Los cascos de las estancias

Las estancias de larga tradición en la región dan testimonio de los procesos de territorialización en el entresiglos XIX-XX, a la vez que dan cuenta de los procesos de conservación o degradación que afectaron sus construcciones, con reducción de su

extensión original, subdivisiones, cambios de uso, intervenciones de mejoramiento y restauraciones.

2.1 Estancia “La Chica”, avanzada de frontera

La estancia La Chica -cercana al pueblo Los Ángeles (Partido de Salto) y a 45 km de la ciudad de Chacabuco- constituye un caso paradigmático de estancias que funcionaron como reductos defensivos en la avanzada de frontera pampeana, en el proceso de territorialización del NOBA. En la década de 1870, la frontera militar se ubicaba varios kilómetros hacia el Oeste de esta estancia. Las defensas no eran completamente efectivas y podía colarse un malón entre la línea de fortines, como la incursión que encabezó el cacique Calfucurá en 1872, que llegó hasta las localidades de Junín, 9 de Julio y Bragado.

La propiedad perteneció a la sucesión del general Ángel Pacheco. Este personaje fue un activo militar que participó en la Campaña al desierto durante el gobierno de Rosas y sus servicios fueron retribuidos, como a la mayoría de los integrantes de esta campaña, con la donación de tierras en la frontera (Infesta, 2003).

La casa principal fue construida en 1874 y el aspecto general de la vivienda es el de una pequeña fortaleza, con una estructura regular y simétrica, techos planos y galerías cerradas con rejas en el frente y el contrafrente. Se desarrolla en una planta y un entrepiso y tiene una torre con mirador que representa una altura aproximada de tres niveles. Esto manifiesta la necesidad de protección, así como la búsqueda de buenas visuales hacia el entorno, para asegurar la defensa.

El casco se localiza en un campo de propiedad privada y está conformado por la vivienda abandonada, rodeada de una serie de edificios complementarios semi-derruidos. La vivienda tiene una planta rectangular y simétrica, y muestra todos los signos de encontrarse en su estado original, sin haber sufrido intervenciones de ningún tipo. Los ambientes son amplios y de techos altos, realizados con mampostería de ladrillo revocado. Los pisos de las habitaciones principales y las aberturas son de madera y la escalera caracol, que conduce al mirador, es de hierro. Es una construcción realizada con ladrillos antiguos, moldeados a mano y asentados en una mezcla medianamente cementicia que contiene conchilla. Estos muros, de un espesor de 60 cm, constituyen su estructura portante. Los muros no presentan signos de deterioro considerable en su capacidad portante pues no se observan fisuras que puedan comprometerla. Aunque podría haber un ligero asentamiento en el ángulo noroeste del edificio, como lo demuestran las fisuras en los muros involucrados.

Las restantes fisuras que se detectan, sin incidencia en la capacidad portante, pueden agruparse en las siguientes categorías: 1) las correspondientes a las bajadas pluviales, que al estar empotradas debilitan el muro, y que conducen las aguas de lluvia a dos cisternas (jagüeles) ubicadas bajo las habitaciones; 2) fisuras secundarias, en la unión entre los arcos de medio punto del frente y las partes del muro que están por arriba de ellos debido a la diferente deformabilidad de ambos tipos de mampostería; en dinteles y coronamiento.

El maderamen que sostiene los techos está en muy malas condiciones, junto con la cubierta de chapa. Lo mismo ocurre con los pisos de madera, pero no así con los que cumplen la función de dinteles en la torre que están en buenas condiciones.

Un posible cedimiento de las fundaciones en el ángulo noroeste del edificio puede requerir el recalzado de las zapatas. Salvo esta intervención, la reparación y puesta en valor de este inmueble implica restauraciones no estructurales y el reemplazo completo de pisos y techos de madera y chapa.



2.2 Estancia “El Molino”, asentamiento de una colonia

En la estancia “El molino”, cerca del río Salado, se formó una colonia agrícola-industrial. Esta estancia es ejemplo de un establecimiento rural que dio origen a un pueblo y luego se convertiría en localidad cabecera del partido de Alberti. A su vez, es representativa de las múltiples relaciones que entablaban estas estancias con el territorio, a medida que se consolidaba la pampa como espacio productivo mixto.

Se situó en un punto geográficamente estratégico, equidistante de las poblaciones de Chivilcoy y Bragado, y próximo al camino que llevaba a los pueblos de 25 de Mayo y Chacabuco. Allí se preveía la extensión de la red ferroviaria hacia el Oeste de la provincia, con mejores perspectivas de progreso.

El molino harinero que allí funcionaba pertenecía a la estancia de Andrés Vaccarezza, quien adquirió esas tierras en 1870. Unas setenta personas constituyeron el núcleo inicial del poblado, que fue creciendo a medida que se crearon otras fuentes de trabajo como aserradero, herrería, panadería, hornos de ladrillo. Vaccarezza decidió dividir parte de sus tierras en manzanas, efectuó el trazado de las calles y los solares se fueron ocupando. En 1877 ya estaba constituida la localidad.

El casco ocupaba unas 25 hectáreas. La casa principal -que sería conocida como la “Casa del Molino”- fue construida en 1871, a 300 metros del camino real, en el sector centro-oeste del campo por ser el de mayor elevación; esto le otorgaba amplias visuales hacia el paisaje que la circundaba. El edificio, además de vivienda familiar, fue escuela, capilla y lugar de asistencia médica para los nuevos pobladores que llegaban a trabajar en la estancia y en el molino que se levantó junto ella el año siguiente. El molino harinero contaría con su panadería.

Dos alas en escuadra formaban la vivienda y la construcción del molino harinero constituyó una tercera ala. Una calle arbolada rodeaba la casa y calles internas que formaban parcelas donde se plantaron montes de sauces, álamos, acacias y árboles frutales. Una avenida de paraísos y rosales conducía desde el camino hasta la puerta de entrada, ubicada en una verja que protegía el frente y daba espacio a un jardín. Hasta el año 1877 la casa mantuvo esta funcionalidad con su fachada principal mirando hacia el norte (Vacarezza et al, 1972).

Al edificio original de la estancia “El Molino” se le agregó, en algún momento, un local comercial en la esquina de las calles Vacarezza y Belgrano, que fue demolido en 1960

recobrando la construcción su aspecto original, por tal motivo parte de la verja perimetral ha sido reconstruida. Es una construcción realizada con ladrillos antiguos, moldeados a mano y asentados en una mezcla medianamente cementicia que contiene barro. Estos muros, constituyen su estructura portante y no muestran signos de deterioro apreciable. No se observan fisuras que puedan comprometerla y el revoque ha protegido a la mezcla de asiento del paso del tiempo.

Las fisuras que se detectan pueden agruparse en dos categorías: 1) las que han sido selladas, que no muestran signos de haber seguido trabajando, pues el material de sello no se ha vuelto a fisurar, y 2) fisuras secundarias, aparentemente sin ninguna incidencia resistente, en dinteles, coronamiento y pilastras de la verja perimetral en su zona original. El maderamen que sostiene los techos está en buenas condiciones, no así algunas partes ornamentales y la cubierta de chapa. Los elementos portantes no requieren ser reforzados.

En la actualidad la vivienda está sometida a un trabajo de restauración, dirigido por los herederos de la familia Vaccarezza, que apunta a la habitabilidad del edificio. Se está realizando una intervención para reemplazar los techos de chapa y el sistema de canaletas embutidas. En una etapa posterior se repararían revoques y enlucidos. Luego se rehabilitaría como sede del Archivo Histórico Municipal de Alberti.



2.3 Estancia “Las Petaquitas”, en la consolidación territorial

“Las Petaquitas” es un ejemplo del rol que jugaron las estancias en la construcción del territorio, contribuyendo a la consolidación de redes de transporte y dinamización socioeconómica.

Esta unidad productiva, originaria de la década de 1850, fue adquirida en 1876, por Eduardo O’Brien. Este inmigrante irlandés en 1890 construyó la vivienda principal y a principios del siglo XX donó terrenos de la propiedad para la instalación de una estación de ferrocarril. En 1907 fue inaugurado el ramal del Ferrocarril Oeste, que correspondía al tramo Suipacha – Lincoln. A partir de allí, el estanciero decidió lotear y rematar parte de sus tierras para fundar la Colonia O’Brien. En 1909 el pueblo fue fundado, aunque quedaron una gran cantidad de lotes sin vender. Estas tierras pasaron en sucesión hasta 1936, cuando fueron subastados en remate judicial los 262 lotes restantes. De esta forma muchos vecinos adquirieron sus terrenos y el pueblo se extendió notablemente (Catálogo de Bienes Patrimoniales de Bragado, 2012). Así en torno a la estación de ferrocarril solicitada por la Estancia “Las Petaquitas” se conformaría la localidad de O’Brien (partido de General Viamonte), que con su nombre homenajea al estanciero.

La estancia ha incorporado equipamientos y dos importantes edificaciones. Una de las mismas es de la década de 1940 y actualmente utilizada por la familia heredera. El edificio principal es una construcción de estilo neo-colonial con una torre con mirador sobre el acceso principal. La vivienda cuenta con dos niveles: sobre la planta baja hay un sistema de galerías con arcos, sobre la fachada principal y con columnas, sobre el patio.

La vivienda de “Las Petaquitas” ha estado habitada por los herederos de O’Brien hasta la actualidad. La construcción mantuvo el estilo colonial, con muros lisos blancos y techos de tejas. El deterioro de los materiales por el paso del tiempo no ha comprometido la capacidad portante de los muros, y al tratarse de una vivienda que siempre ha estado habitada, su estado de conservación es muy bueno.



Consideraciones finales

En la territorialización de la región NOBA confluyeron políticas de Estado que buscaban consolidar el espacio de frontera mediante el asentamiento de pueblos y la puesta en producción de las tierras rurales. En este proceso se multiplican las estancias como unidades de producción y afirmación de un modelo de ocupación pampeano, a través de grandes unidades espaciales, cuya explotación concomitantemente generó loteos y conformación de poblados.

La periodización de ese proceso de construcción territorial en el entresiglos XIX-XX destaca tres fases. La inicial se corresponde con el periodo de frontera, en el que las estancias adquieren una posición de avanzada. La fase intermedia corresponde al proceso de poblamiento, una vez que la frontera con los indígenas dejó de ser una amenaza para los pobladores y para la producción. La última fase se vincula con la consolidación del espacio productivo durante el periodo de expansión agraria que introdujo no sólo mejoras de calidad para la cría de ganado sino también la incorporación de la agricultura, ampliando el horizonte económico a través de una producción mixta (Yuln *et al*, 2013).

Estancias originadas en cada una de las fases de territorialización reflejan en las construcciones de las viviendas principales condiciones particulares. En correspondencia con esto, la diversidad de casos presentados también muestra una diversidad de situaciones respecto del valor patrimonial de la arquitectura rural en la región. Desde ejemplos de abandono, hasta ejemplos de óptima conservación, pasando por casos que han sufrido el desgaste material propio del paso del tiempo, pero que han recibido una oportuna intervención. Este trabajo pretende contribuir a la revalorización del patrimonio arquitectónico en el Noroeste bonaerense, a través del estudio de la estancia como un símbolo de identidad pampeana.

Bibliografía

Catálogo de Bienes Patrimoniales de Bragado: (2012) Municipalidad de Bragado.

CARRIZO, Silvina y YULN, Melina. "Patrimonio arquitectónico en perspectiva geohistórica: la territorialización del noroeste de la Provincia de Buenos Aires". *EURE - REVISTA LATINOAMERICANA DE ESTUDIOS URBANO REGIONALES*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile. 2014 vol. 40 n° 120, p. 73-90, 2014. <http://www.eure.cl/index.php/eure/article/view/391/636>

DJENDEREDJIAN, Julio; BEARZOTTI, Sílcora y MARTIREN, Juan Luis: (2010) *Historia del Capitalismo Agrario Pampeano, Tomo 6, Expansión agrícola y colonización en la segunda mitad del siglo XIX* (2 vol.), Buenos Aires, Teseo- Editorial Universidad de Belgrano.

INFESTA, M. E. (2003) *La pampa criolla, Usufructo y apropiación privada de tierras públicas en Buenos Aires, 1820-1850*, La Plata, Archivo Histórico de la Provincia de Buenos Aires.

MIGUEZ, Eduardo: (2001) "La gran expansión agraria (1880-1914)" en AA.VV, *Nueva Historia de la Nación Argentina*, Tomo VI, Academia Nacional de la Historia, Buenos Aires, Planeta.

SESTO, Carmen: (2005) *Historia del Capitalismo agrario pampeano. Tomo 2: La vanguardia ganadera bonaerense 1856-1900*, Buenos Aires, Siglo XXI Editores.

VACCAREZZA, Jorge; VACCAREZZA, Oscar y VACCAREZZA, Roberto: (1972) *Historia del pueblo Vaccarezza y del partido de Alberti*, La Plata, Archivo Histórico de la Provincia de Buenos Aires.

YULN, Melina. "El territorio cuadriculado. La adaptación de un modelo territorial estadounidense en Argentina, 1850-1890 », *Nuevo Mundo Mundos Nuevos* [En línea], Debates, Puesto en línea el 06 diciembre 2012. <http://nuevomundo.revues.org/64653>

YULN, Melina; CARRIZO, Silvina; LIMA, Luis; MANZIONE, Graciela; MARVEGGIO, Liliana; TAGHÓN, Alejandra. "La territorialización del Noroeste bonaerense a través de sus estancias", en 3º Congreso Iberoamericano y XI Jornada Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio. CIC-LEMIT, La Plata, 2013.

ZEBERIO, Blanca (1999) *Un mundo rural en cambio*, en Bonaudo, Marta (ed.); *Nueva Historia Argentina, tomo IV: Liberalismo, Estado y Orden Burgués (1852- 1880)*, pp. 293- 362. Editorial Sudamericana, Buenos Aires.

Proyecto Interinstitucional: Caracterización tecnológica de la madera de *Populus deltoides* “australiano 129/60” cultivado en el Delta del Río Paraná.

**AUTOR: ING. MIGUEL TORTORIELLO
LEMEJ**

Este artículo es parte del mismo proyecto publicado en el número anterior de la revista Materiales y Construcciones (MC #1-2016).

Como introducción y a modo de recordatorio, se mencionan nuevamente:

a) Las Instituciones Intervinientes

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

b) Las características de la investigación

Tipo de Investigación: aplicada

Área Departamental: Departamento de Informática y Tecnología

Escuela: de Tecnología

Disciplina: ingeniería

Sub disciplina: materiales y estructuras

Campo de Aplicación: materiales de construcción

Línea de Investigación: madera para uso estructural

c) Los Objetivos del Proyecto

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.

En la nota existente en el número anterior de la esta revista, en la sección 5 se trataron sobre este proyecto, temas tales como las características del clon *Populus deltoides* “australiano 129/60”, los motivos de la selección de este clon y de la utilización de este tipo de madera, la confección de madera laminada encolada para uso estructural y su caracterización, los estudios realizados por investigadores españoles sobre vigas de este tipo de maderas, y los antecedentes históricos de aplicación de esta madera en el ámbito de la construcción. La actividad comentada fue la “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”.

En esta oportunidad se tratará otra de las actividades propuestas para el desarrollo del proyecto, la realización de ensayos de laboratorio.

Actividades realizadas en UNNOBA

Todo el estudio realizado en la UNNOBA se llevó a cabo sobre cuerpos de prueba de madera de álamo 'australiano 129/60' proveniente de árboles cultivados en el Delta del Río Paraná, seleccionados al azar en plantaciones comerciales identificadas según espaciamiento, edad, tratamientos silviculturales y fecha de tala raza. Dichos cuerpos fueron previamente acopiados en el Laboratorio de Estructuras de Madera de la Facultad Regional Venado Tuerto de la UTN bajo condiciones controladas de humedad relativa (65 ± 5) % y temperatura (20 ± 2) °C; una vez estabilizados, fueron seccionados y cepillados en sus 4 caras a fin de llevarlos a las dimensiones adecuadas.

Las probetas utilizadas fueron tablas de 1" x 4" de sección y de 50 cm de largo. En el laboratorio de UNNOBA se procedió a la identificación y descripción de las mismas relevando los defectos existentes en cada una de ellas. Todos estos datos se fueron registrando en una planilla como la de la figura 1.

[illegible]

61

Para indicar el tipo de corte y los anillos de crecimiento, además de marcarlo en la planilla, se dibujaron en las figuras la ubicación de los anillos (y la probable presencia de médula). Para tornarlos más visibles se lijaron los extremos de la tabla, y en algunos casos se humedecieron con alcohol (Figura 2).



Figura 2- Visualización de anillos de crecimiento

Para la determinación de la dirección de las fibras se utilizó el trazador que se observa en la figura 3.



Figura 3- Trazador para determinar la desviación de la fibra

Los orificios en las caras de las tablas indican generalmente la presencia de ataque biológico que afectan la resistencia mecánica de la madera. Los existentes se registraron en la planilla; de acuerdo a la cantidad se pueden definir diferentes categorías : sin afectación, afectación leve, moderada e intensa.

Además de la descripción, se procedió al trazado del centro de la tabla, y de los lugares de apoyo y de la aplicación de las cargas, tal como se aprecia en la figura 4.

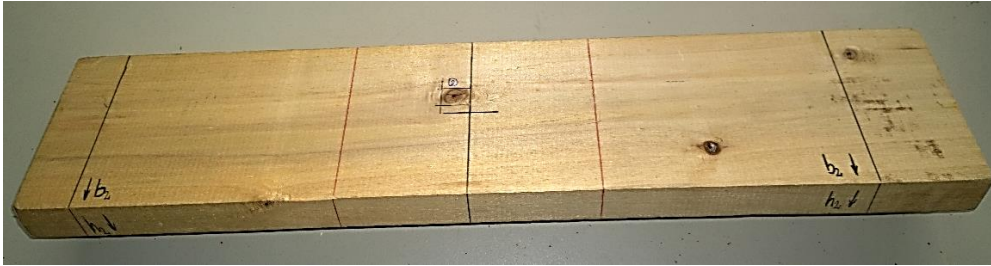


Figura 4- Tabla de sección 1" x 4" y largo de 50 cm lista para ensayar.

Ensayos de tablas

Luego de su relevamiento, se ensayaron 140 tablas a flexión en el laboratorio de la Escuela de Educación Secundaria Técnica N° 1 de Junín, en la máquina hidráulica universal Baldwin de 300 kN de capacidad, tal como se aprecia en la figura 5.



Figura 5.- Ensayo de una tabla a flexión en la máquina Baldwin

En la realización de los ensayos se utilizó el esquema estático de cargas (zonas de apoyo, carga y de medición de deformaciones) del punto 3.2 de la planilla de la figura 8, acorde a las prescripciones de la norma UNE-EN 408:2011.

Para la medición de cargas se utilizó una celda de 50 kN de capacidad máxima conectada a un indicador digital y para el registro de las deformaciones se colocó un comparador digital de gran precisión.

Una vez calibrados y alineados los dispositivos⁵, el ensayo mecánico consistió en proporcionarle gradualmente carga (respetando la velocidad establecida por la norma) a la probeta hasta su rotura.

Durante el ensayo se fueron obteniendo los valores de cargas (cada 50 dN) y las deformaciones correspondientes mediante dos cámaras web. La utilización de un software adecuado permitió capturar en una pantalla simultáneamente estos dos valores anteriores y el tiempo de duración del ensayo, tal como se observa en la figura 6.



Figura 6.- Captura simultánea de carga, deformación y tiempo

Una vez finalizado el ensayo se procedió a fotografiar la rotura de cada probeta en sus cuatro caras (figura 7) y a realizar un croquis y colocar observaciones, si las hubiera, en el ítem 3.4 de la planilla de la figura 8.



Figura 7.- Fotografía de la rotura de la probeta en una de sus caras

⁵ Es de destacar que la mayoría de los dispositivos utilizados para el relevamiento y ensayo de tablas fueron construidos artesanalmente por los alumnos investigadores.

Por último, se procedió a seccionar un trozo de la probeta, en una zona alejada de la de rotura, para:

- Cubicarlo. Se registraron sus dimensiones y se calculó la densidad de la madera de acuerdo a la norma ISO 3131
- Pesarlo: Se lo pesó en una balanza electrónica (de 0,1 gr de apreciación) y se colocó en una estufa a una temperatura de 103 °C durante un tiempo mínimo de 24 horas a fin de llevarlo al 0% de humedad. Se pesó nuevamente en esas condiciones (anhidro) y por diferencia de pesadas, entre el trozo de la probeta recientemente ensayada y el anhidro (extraído de la estufa), se obtuvo el contenido de humedad de la madera al momento del ensayo de acuerdo a la norma ISO 3130.

Todos estos valores, conjuntamente con los de de temperatura y humedad ambientes fueron registrados en la planilla de la figura 8.

3. ENSAYO ESTÁTICO

3.1. Norma utilizada: UNE-EN 408

Fecha:...../...../.....

Temperatura:.....°C

Humedad:.....%

Responsable/s:

3.2 Esquema estático real

3.3. Determinación de E y de la tensión de rotura

Velocidad de carga: mm/segundos

Duración del ensayo: ... segundos

DETALLE	1ª LECT.	2ª LECT.	3ª LECT.	4ª LECT.	5ª LECT.	6ª LECT.	7ª LECT.	ROTURA
Cargas (kg) (dN)	100	150	200	250	300	350	400	
Lectura deformaciones w (en mm)								
Tiempo (s)								

3.4 Descripción de la rotura:

Esquema de 4 lados (h₁,h₂,b₁,b₂)

Descripción y cita parámetros intervinientes

3.5 Determinación del contenido de humedad y la densidad aparente para el contenido de humedad dado (Trozo)

Peso húmedo	Peso seco (gr)	Dimensiones normales trozo (mm)				Promedio	Observaciones
		e ₁ =	e ₂ =	e ₃ =	e ₄ =	e=	
Masa normal	Masa anhidra (Kg/m3)	b ₁ =	b ₂ =	b ₃ =	b ₄ =	b=	
		h ₁ =	h ₂ =	h ₃ =	h ₄ =	h=	

Figura 8.- Planilla de registro del ensayo y propiedades físicas

Todos los valores obtenidos de cada una de las probetas fueron registrados en una única planilla de cálculo. Esto permitió el análisis y procesamiento de los datos.

Con los valores obtenidos de los ensayos mecánicos se determinaron:

- a) La resistencia a la flexión axil de acuerdo a la expresión 1

$$f_m = \frac{3Fa}{bh^2} \quad (1)$$

En donde:

f_m : resistencia a la flexión en (Newton por milímetro cuadrado)

F: carga (en Newton).

a: distancia entre un punto de carga y el apoyo más próximo (en milímetros)

b: anchura de la sección transversal (en milímetros)

h: altura de la sección en los ensayos de flexión (en milímetros)

- b) El módulo de elasticidad global en flexión se determinó mediante la expresión 2

$$(2) \quad E_{m,g} = \frac{3al^2 - 4a^3}{2bh^3 \left(2 \frac{w_2 - w_1}{F_2 - F_1} - \frac{6a}{5Gbh} \right)}$$

En donde:

$E_{m,g}$: módulo de elasticidad global en flexión (en Newton por milímetro cuadrado)

G: módulo de elasticidad transversal (en Newton por milímetro cuadrado)

l: longitud base de medida de deformaciones (en milímetros)

$F_2 - F_1$: incremento de carga (en Newton)

$w_2 - w_1$: incremento de deformación para $F_2 - F_1$ (en milímetros)

El módulo de elasticidad transversal "G" se consideró infinito, de acuerdo a lo permitido por la norma UNE-EN 408:2011 para los casos en que se desconoce su valor.

Los valores obtenidos para la resistencia a la flexión se ajustaron a la altura de referencia de 150 mm; los valores de módulo de elasticidad se ajustaron a la humedad de referencia del 12% y los valores de densidad también se ajustaron a la humedad de referencia del 12%, los tres de acuerdo a lo establecido en la norma UNE-EN 384.

Resultados obtenidos

La tabla 1 presenta los valores obtenidos de la resistencia a flexión, módulo de elasticidad global y densidad para las 140 probetas ensayadas en la UNNOBA en el año 2012.

Tabla 1.- Valores característicos del *Populus deltoides* "australiano 129/60" cultivado en el Delta del Río Paraná de acuerdo a ensayos realizados en la UNNOBA

VALORES OBTENIDOS DE 140 ENSAYOS REALIZADOS EN LA UNNOBA						
PARÁMETRO	VALORES OBTENIDOS				DESVÍO ESTÁNDAR	COV %
	MEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO	PERCENTIL 5%		
Resistencia a la flexión (N/mm^2)	37,2	15,6	55,6	24,3	7,7	21%
Módulo de elasticidad global (N/mm^2)	9.139	4.007	11.952	6.994	1.276	14%
Densidad (Kg/m^3)	411	347	517	368	30	7%

Esta serie de ensayos realizados en la UNNOBA forman parte de otras cuatro llevadas a cabo en el laboratorio de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Venado Tuerto.

Los valores obtenidos del total de estas 5 series demuestran que la madera de Populus deltoides “australiano 129/60” es apta para la confección de vigas de madera laminada encolada para uso estructural.

Los resultados forman parte de la base de datos de la Norma IRAM 9662/4 y fueron anexados a Suplemento Nº 4 del Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601.

Sección 6: Descripción de obras y trabajos de Ingeniería

Huella de Carbono de la Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires.

Medición de la Huella de Carbono Institucional

El presente informe es una recopilación de la información más relevante vinculada al desarrollo de la Huella de Carbono, de la Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires, Argentina

Autores: Equipo del área de SSHHyPA de la Unnoba y la Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático.

1 RESUMEN EJECUTIVO

El cambio climático es una de las problemáticas ambientales con incidencia global más importante de los últimos años. Sus efectos negativos se están observando a lo largo y ancho del Planeta. Este calentamiento global está directamente asociado a la actividad humana, principalmente por medio de sus niveles de consumo.

Los gases de efecto invernadero (GEI) surgidos de estas actividades humanas (agropecuarias, ganaderas, industriales, etc.) generan mayores emisiones de GEI, el resultado de ellos es el fortalecimiento del efecto invernadero provocando el cambio climático y sus consecuencias.

En este marco decenas de organizaciones, empresas, gobiernos están tomando un compromiso trascendente en el accionar concreto frente al problema. Una de las acciones más destacadas a nivel mundial es el desarrollo institucional de la “Huella de Carbono”.

La huella de carbono es una de las herramientas más simples, pero a la vez precisa, para conocer cuál es el impacto de nuestra actividad institucional en el ambiente. De esta manera se miden los GEI emitidos en el accionar diario de la institución, permitiendo a futuro conocer con mayor detalle nuestra actividad y así saber en qué rubros estamos emitiendo más GEI posibilitando el desarrollo de políticas concretas para su reducción, así como anticipar la dependencia a las energías fósiles en nuestras actividades.

La Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires, a través de su máxima autoridad el Dr. Guillermo Tamarit, es una de las instituciones que se suman de manera global a reducir su impacto ambiental y realizar acciones concretas frente al cambio climático.

Luego de un intenso trabajo de meses, el equipo compuesto por técnicos de la Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires y de la Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático, han elaborado el presente informe donde se detalla la huella de carbono de la Universidad.

A modo de resumen, durante el año 2015 la Universidad ha producido un total de 2.950 t.CO₂eq. Esto implica que por integrante de la universidad se produce un total de 0,4 t.CO₂eq al año. El principal rubro emisor lo representa, en orden de prioridades, el transporte con 64%. Esto incluye tanto el transporte propio de la institución como el de los empleados para llegar a las instalaciones. El segundo rubro emisor es el energético con 22%.

2. OBJETIVOS DEL INFORME

- Medir la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) producidos por la institución.
- Conocer los mayores rubros emisores de GEI generador a partir de las labores institucionales de la Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires.
- Brindar un panorama completo del impacto ambiental de la institución para posteriormente establecer un plan de acción y políticas que permita la reducción de dicho impacto.
- Informar y capacitar a los miembros de la institución a los desafíos del cambio climático.

3. PRESENTACIÓN DEL EQUIPO TÉCNICO

Ing. Agr. Ricardo Eugenio Bertolino, Ing. Marcelo Goldar, Ing. María Paula Finarolli, Victoria Doblari, Mgter. Miguel Angel Cinquantini, Lic. Olivier Habonneaud, Téc. Carlos Rodrigo Amanquez

4. EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

La huella de carbono consiste en la medición de la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos directa o indirectamente por un individuo, organización, evento o producto; muestra el impacto ambiental a través de la realización de un inventario de las emisiones asociadas a los diferentes GEI. Una vez calculada la magnitud de la huella se pueden implementar medidas de mitigación y compensación.

Su análisis se basa en metodologías que representan un estándar a nivel mundial para los estudios de Huella de Carbono. La idea general de las metodologías es tener en cuenta los flujos físicos de las actividades analizadas (flujos de personas, objetos y energía) y determinar mediante una serie de cálculos las emisiones de GEI que generan.

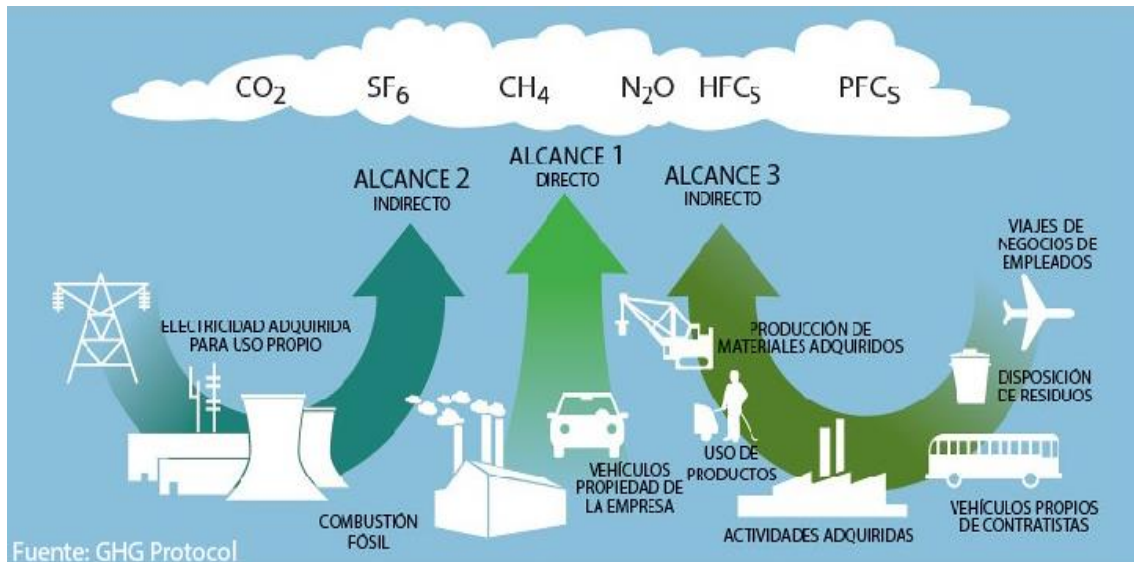


Ilustración 1: Fuentes de emisiones de GEI generalmente analizadas para el cálculo de la huella de carbono (por alcances)

Existen diversos referenciales y normas para el cálculo de la huella de carbono (Norma ISO 14064, GHG Protocol): nosotros utilizaremos el método Bilan Carbone®.

El método Bilan Carbone® es una metodología de contabilización de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) desarrollada por la ADEME en Francia (Agencia del Medio Ambiente y Manejo de la Energía). Fue pensada para ayudar a las organizaciones (empresas, administraciones, etc.) a actuar con los desafíos del cambio climático y la dependencia con las energías fósiles (petróleo, gas, carbón).

El Bilan Carbone constituye hoy en día la metodología más avanzada para la evaluación de las emisiones directas e indirectas de los GEI provenientes de un proceso o de una entidad. En otros términos, este método tiene como vocación permitir una estimación del impacto global, en cuanto a las emisiones de GEI, de todos los procesos necesarios a la existencia de una entidad (o de un proceso, o evento), o de lo que depende directamente de ella.

El perímetro de un Bilan Carbone® puede incluir hasta 9 categorías de emisiones de GEI, a su vez divididas en subcategorías: Energía, Procesos de fabricación, Flete, Transporte de personas, Residuos, Insumos, Ciclo de fin de Vida, Activos inmovilizados, Envases, Etc.

4.1 Gases de Efectos Invernadero

Aunque los científicos estiman que hay más de 42 GEI existentes hoy en día; el Bilan Carbone® se limita al estudio de los 6 GEI definidos por el Protocolo de Kioto.

Gas	Origen	Repartición
CO ₂ (Dióxido de carbono)	Combustión, combustibles fósiles (gas, petróleo), deforestación	76,7%
CH ₄ (Metano)	Descomposición de las moléculas orgánicas (relleno sanitario, granjas porcinas, etc.)	14,3%
N ₂ O (Óxido de nitrógeno)	Fertilizantes agrícolas, industria química	7,9%
HFC – PFC – SF ₆	Gases refrigerantes	1,1%

Fuente IPCC. El Ozono y el Vapor de agua no se toman en cuenta en los inventarios del IPCC.

Comparación entre gases

El efecto de la emisión en la atmosfera de un kg de GEI no es el mismo según el gas. Cada gas tiene un “poder de calentamiento global” (GWP por sus iniciales en inglés), índice que compara el poder relativo de siete gases y su contribución al efecto invernadero. El GWP compara los GEI al CO₂ y por lo tanto el GWP del CO₂ es 1. Para los otros GEI, el Bilan Carbone® establece el GWP a cien años tal como lo estableció el informe del IPCC: por ejemplo, el GWP del Metano (CH₄) es de 21, el del N₂O de 310, etc.

Unidades de mediciones de los GEI

La unidad de medición de los GEI no es el GWP sino el gramo equivalente carbono (gC o geqC) y sus múltiplos (kg equivalente carbono / kgC, y tonelada equivalente carbono / tC o teqC).

En el CO₂, el peso del carbono solo es de 12/44 del total, o sea 0,274 del total. Por lo tanto, decimos que 1 kg de CO₂ corresponde a 0,274 kg de equivalente de carbono (y 1kg eqC = 44/12 kg eqCO₂)

Para los otros gases, el equivalente carbono corresponde a la formula siguiente:

Equivalente carbono del gas = peso del gas (en kg) * GWP a 100 años * 0,274
Ej: 1kg de metano (CH₄) = 21 kg eq.CO₂.

Cómo se miden los GEI

Convirtiendo los datos observables de la actividad en equivalente CO₂, gracias a factores de emisiones como por ejemplo:

Datos	Equivalentes CO ₂
1 Kw/h de electricidad	486 gramos
1 Kg de papel	1.320 gramos
10 Km de Subte	430 gramos
10 Km de colectivo	630 gramos
1 gramo de gas refrigerante R22	1.810 gramos
1 comida a base de carne bovina	4.500 gramos
1 comida vegetariana	440 gramos
1 Kg de residuos sólidos urbanos	383 gramos

5. RESULTADOS GENERALES – 2.950 t.eqCO₂

Las emisiones totales de GEI de la Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires representan 2.950 toneladas de CO₂ equivalente, repartidas de la siguiente manera entre las categorías:

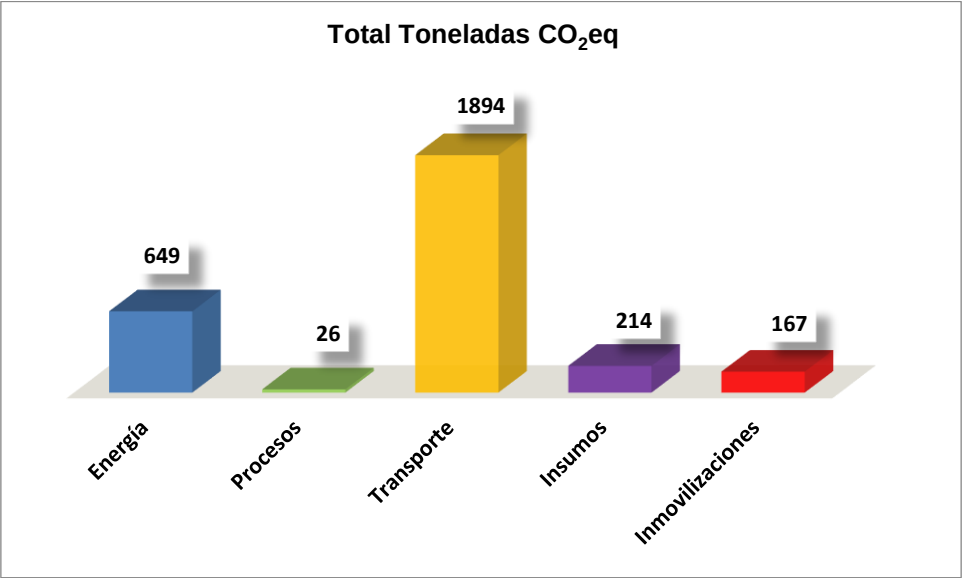
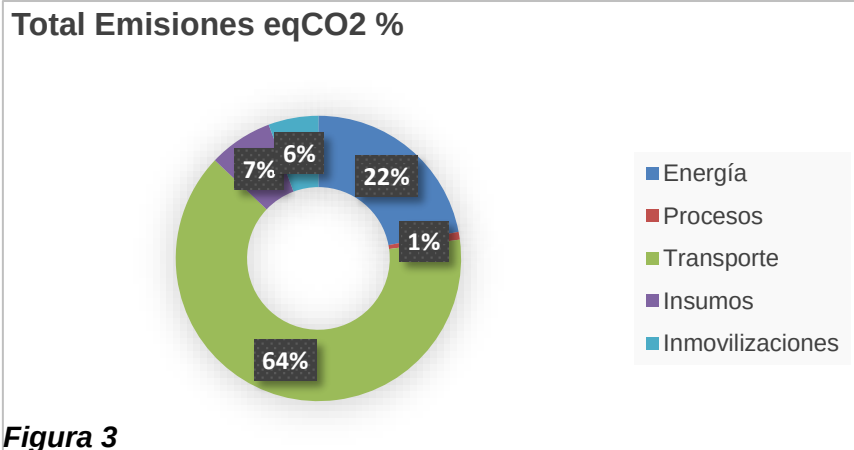


Figura 2

Insistimos en recordar que se trata de una estimación: los resultados no deben ser analizados detalladamente, sino según un orden, una jerarquía de cada categoría con respecto a las otras.

El transporte representa el 64% de las emisiones totales, siendo el rol de los alumnos, docentes, no docentes y empleados administrativos estratégico para potenciales reducciones en el balance total.

**Figura 3**

Consideraciones del margen de error

Para cada categoría, existe una incertidumbre, consecuencia de (1) los datos recolectados y (2) de la conversión en CO₂.eq. (Factores de emisión).

Cabe destacar que la categoría correspondiente al Transporte, es la que resulta en una mayor cantidad y porcentaje de emisiones, es a su vez la que posee el mayor margen de incertidumbre dado a la poca disponibilidad y calidad de los datos obtenidos.

Sin embargo, para el estudio general, esto no cambia la importancia de cada categoría con respecto al balance general.

Promedio de emisiones por persona (0,4 t.eqCO₂)

El promedio de emisiones por integrantes de la universidad representa 0,4 t.eqCO₂ (total de 8.117, alumnos, docentes y no docentes) correspondiente a recorrer 1.500 km en auto.

Emisiones de GEI según la ISO 14.064

La ISO 14064 define una norma de contabilización de las emisiones de GEI y establece criterios que delimitan los tipos de emisiones, según los alcances, o "Scope":

Alcance I: Emisiones directas de GEI: provienen de fuentes que son propiedad o están controladas por la entidad. Incluyen el calor, electricidad o vapor generado por calderas que se encuentren en las instalaciones de la entidad, químicos y materiales resultantes de los procesos de producción y vehículos con que cuenta la entidad. En el estudio: transporte en vehículos propios.

Alcance II: Incluye el Alcance I, agregando las emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad, adquirida y consumida durante el funcionamiento de la entidad (iluminación, calefacción/climatización, por ejemplo). Para el estudio: consumos de energía eléctrica.

Alcance III: Incluye los alcances anteriores (I+II), pero también abarca a todas las otras emisiones indirectas que no son propiedad ni están controladas por la entidad. Para el estudio: insumos, transporte domicilio-universidad, perdidas eléctricas, etc.

Indicadores

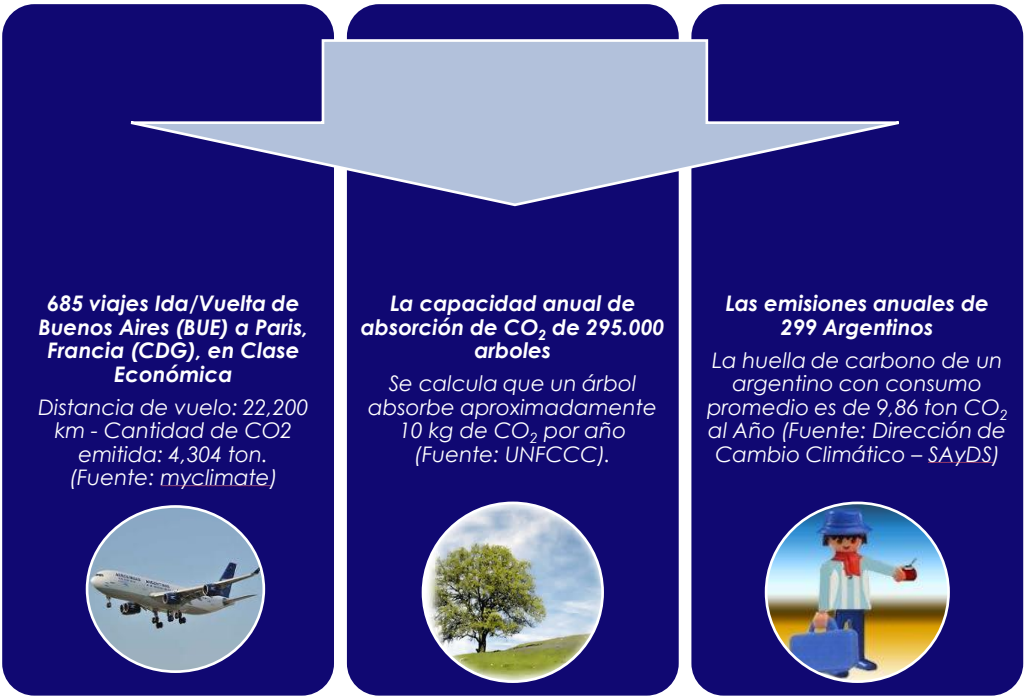


Figura 4

6. RECOMENDACIONES PARA REDUCIR LA HUELLA DE CARBONO

La evaluación de la huella de carbono permite la identificación de puntos críticos de emisión (puntos de mayor emisión de gases efecto invernadero), con la finalidad de focalizar los recursos y esfuerzos en esas áreas específicas para reducir en parte las emisiones generadas en base a una estrategia de gestión de emisiones, la cual consiste en un grupo de medidas y acciones que tienen por finalidad evitar o disminuir la generación de emisiones de GEI a la atmósfera.

El concepto de reducción de emisiones se refiere a todas aquellas acciones y/o actividades realizadas dentro de la organización y sus unidades dependientes, materializadas en proyectos como por ejemplo aquellos de eficiencia energética, reducción en consumo de combustibles e insumos, mejoras en la logística, entre otras.

Reducir las emisiones implica idear una estrategia orientada a la optimización de los sistemas operativos, lo que se puede traducir en una reducción de los costos de operación.

Según la Huella de Carbono actual de la Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires, dentro de las cinco categorías analizados, dos de ellas son las más importantes en cuanto a emisiones de GEI, las mismas así mismo posibilitan un accionar concreto y rápido. Tanto el transporte como la energía ocupan el primero y segundo puesto de mayor emisión de GEI según el actual inventario.

Ambas categorías permiten, por su tipo de consumo y uso, establecer estrategias que permitan rápidamente reducir sus emisiones, principalmente a través de una reducción de su consumo, es decir, reducir el uso o consumo de combustible fósil y electricidad

El resto de las categorías, es decir, inmobilizaciones, procesos e insumos, también constituyen un factor de emisión de GEI pero en comparación con las primeras dos categorías es mucho menor, por ello estos rubros se contemplan como acciones en general dentro del apartado de recomendaciones.

Es importante destacar que el desarrollo de la huella de carbono es año a año una estrategia muy valiosa para la institución, ya que permita esclarecer concretamente si las políticas implementadas están dando los resultados esperados.

6.1 OBJETIVOS DE REDUCCIONES

Se estima que para mantener los niveles actuales de CO₂ en la atmosfera, tomando en cuenta la evolución de las emisiones al nivel mundial, tenemos que dividir por 4 nuestras emisiones de acá al 2050, un objetivo mundial bautizado Factor 4.

Si aplicamos este objetivo a la UNNOBA, representa una reducción anual del 2,14% de sus emisiones, lo que permitiría reducir aproximadamente 630 tCO₂eq para llegar a 2.320 tCO₂eq en un plazo de 10 años, tomando como base el 2015.

En base a estas suposiciones, podemos aplicar este esfuerzo al conjunto de las categorías e implementar un plan de acción repartido según las categorías de emisiones y el corto/mediano/largo plazo.

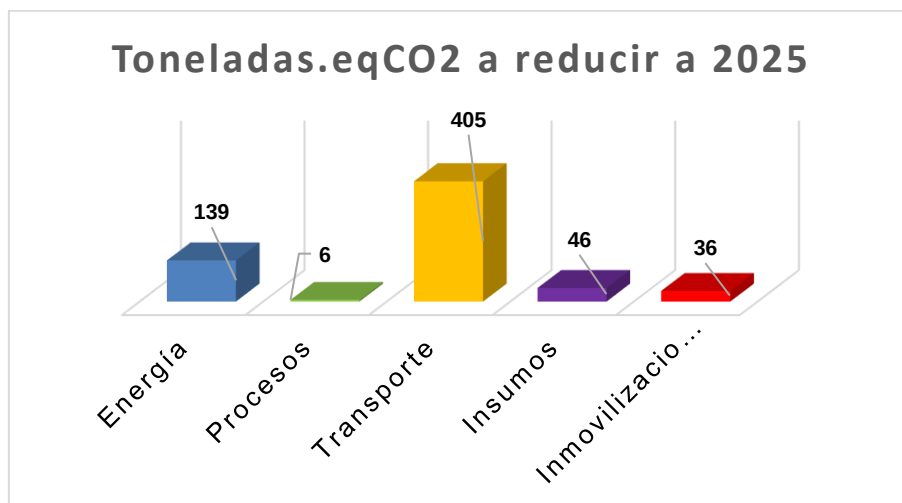


Figura 5

6.2. RECOMENDACIONES GENERALES

6.2.1 Eficiencia energética

El primer planteo que debe hacerse es el ahorro energético en general, no solamente mediante la utilización de artefactos y equipos más eficientes, sino mediante conductas de reducción del consumo y consumo responsable.

Esto significa que el ahorro energético, si bien incluye medidas de tipo técnico –como usar luminarias LED en vez de convencionales, o heladeras de alta eficiencia- parte de un conjunto de conductas concretas que deben expandirse y consolidarse en los

planteles municipales que se vinculan a la eliminación de todo derroche o uso negligente de la energía. Como suele decirse en el ámbito energético “el kilowatt hora más barato, es el que no se consume”.

Existen hoy diversas tecnologías tanto en iluminación, como en informática, refrigeración y en cualquiera de los campos en que intervenga la transformación de la energía, para producirla de un modo eficiente. Estas tecnologías, si bien pueden tener un costo inicial más elevado que la de los equipos y artefactos convencionales, compensan en el tiempo, la inversión inicial.

6.2..2 Cambios esperados en el comportamiento y hábitos

En este apartado se consignan aquellas pautas que dependen de los comportamientos y hábitos y que se esperan como resultado de la sensibilización y las capacitaciones, teniendo en cuenta no sólo la electricidad sino también otros tipos de energía y recursos.

Mejoras de comportamiento para los sistemas de iluminación

- Aprovechar al máximo la luz natural: evitar obstáculos que impidan la entrada de luz solar o generen sombras, y realizar la mayor cantidad de tareas posibles utilizando esta iluminación.
- Ajustar la iluminación a las necesidades del puesto de trabajo, tanto en intensidad como en calidad.
- Dar aviso al personal de mantenimiento del edificio, si es que se observa alguna luminaria rota o sucia que puede generar una pérdida de eficiencia en la iluminación.
- El control en el apagado durante el día, de las luminarias ubicadas en espacios exteriores, también es una parte importante de la gestión eficiente del consumo energético.

Mejoras de comportamiento para los sistemas informáticos

- Evitar dejar conectados los aparatos electrónicos que no se estén usando y evitar dejar encendidos los equipos informáticos en períodos de inactividad de más de 1 hora.
- Dado que el monitor es el componente que consume mayor energía eléctrica, apagarlo cuando no se utilice la computadora durante periodos cortos, con lo que se ahorrará energía y al volver a encenderla no se deberá esperar a que se reinicie el equipo.
- Apagar las impresoras de modo manual ya que genera un menor consumo que permitir que se apaguen en modo automático.

Mejoras de comportamiento para la climatización

- Aprovechar la regulación natural de la temperatura.
- Evitar dejar encendido el sistema de climatización en salas que no se estén utilizando.
- Evitar ajustar el termostato del aire acondicionado a una temperatura más baja de lo normal: no enfriará más rápido y generará un gasto innecesario.

- En muchos casos, es posible combatir el calor simplemente con un ventilador, ya que produce la sensación de descenso de la temperatura entre 3°C y 5°C, con un menor consumo eléctrico.
- Evitar tener las puertas y ventanas abiertas mientras está funcionando el sistema de climatización, así se impide el ingreso de aire del exterior al ambiente climatizado.

Mejoras de comportamiento para heladeras y freezers

- No introducir alimentos calientes en su interior y enfriar bien la comida antes de guardarla en la heladera.
- Regular la temperatura del refrigerador de acuerdo a la estación del año. Ajustar el termostato en 6° C en el compartimiento de refrigeración y -18° C en el de congelación.
- Dejar unos 15 cm entre la parte trasera de la heladera, la pared y los laterales, de modo que se facilite la ventilación y aumente el rendimiento.

Mejoras de comportamiento para el consumo de gas

- Se deben calefaccionar sólo aquellos ambientes donde haya gente y a una temperatura que puede ser de hasta 16°C.
- Siempre que se pueda, hay que dejar entrar los rayos del sol en las oficinas y aprovechar de este modo la fuente de calor natural.
- Nunca se deben usar las hornallas y/o el horno para calefaccionar los ambientes.
- Mantener el piloto encendido sólo cuando se usan los artefactos. El 5% del total de gas natural consumido en la República Argentina está dado por los artefactos que no se usan y continúan encendidos en modo piloto.

Mejoras de comportamiento de la gestión de otros recursos como el papel

- Es recomendable que cada escritorio de trabajo o cada oficina o aula disponga de contenedores para la recogida de papel.
- Una de las formas más efectivas de reducir el consumo de papel en una oficina es utilizar las dos caras de cada hoja, en lugar de sólo una cara.
- Se aconseja la colocación de un cartel indicador en cada oficina o aula, que especifique las pautas establecidas para el ahorro del papel.
- Es de utilidad además colocar mensajes de concientización en el cuerpo o pie de página de los mails.
- Se debe evitar imprimir documentos innecesarios o de aquellos que tienen muchos espacios libres.

6.2.3 Energías limpias y renovables

No podemos dejar de mencionar, al tocar la temática energética, las llamadas energías limpias y renovables (solar en sus distintas formas, eólica, biocombustibles, mini y micro hidráulica, geotérmica y otras) cuya expansión –hoy a un ritmo significativo aunque no suficiente- es esencial en la transición hacia nuevos modelos energéticos sustentables. Una vez establecido firmemente el ahorro general y la eficiencia energética, lo razonable

será proveer cada vez en proporciones mayores la energía primaria a partir de fuentes limpias y renovables.

Partiremos de la premisa que un plan de energías limpias y renovables constituye la siguiente etapa luego de la puesta en marcha del plan de ahorro energético.

7. GLOSARIO

Cambio climático: Cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante períodos de tiempo comparables.

Efecto invernadero: Es el aumento de las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) causando un aumento en la temperatura del planeta, cuya magnitud dependerá de la proporción del incremento de la concentración de cada gas invernadero, de las propiedades radiactivas de los gases involucrados, y de las concentraciones de otros GEI ya presentes en la atmósfera.

Gases de Efecto Invernadero (GEI): Gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación de determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la tierra, la atmósfera y las nubes.

Carbono equivalente (CO₂eq): Unidad de medida usada para indicar el potencial de calentamiento global de los Gases de Efecto Invernadero, comparándolos con el dióxido de carbono (CO₂). Los gases de efecto invernadero distintos del CO₂ son convertidos a su valor de carbono equivalente (CO₂eq) multiplicando la masa del gas por su potencial de calentamiento global.

Mitigación: Corresponde a la intervención humana para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de GEI. También es atribuible a la disminución de los posibles efectos adversos de los peligros físicos, exposición y vulnerabilidad asociada al cambio climático. Su aplicación se asocia a propender hacia una economía más baja en carbono, que contribuya al desarrollo sustentable y a los esfuerzos mundiales de reducción de emisiones.

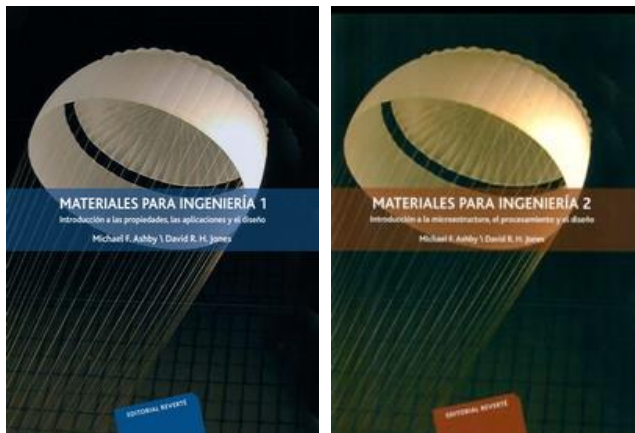
Emisiones: Se entiende la liberación de gases de efecto invernadero o sus precursores en la atmósfera en un área y un período de tiempo específico.

Factor de emisión: Es una herramienta que permite conocer el carbono equivalente (CO₂eq) que se emite a la atmósfera por el uso de diversos tipos de energías.

Panel intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC): Establecido por el Programa Ambiental de Naciones Unidas (UNEP) y por la Organización Meteorológica Mundial (WMO) en 1988 para proveer al mundo una visión científica respecto del estado del conocimiento del cambio climático y su potencial impacto ambiental, social y económico.

Sección 7: Fichas bibliográficas

Fichas Bibliográficas



Obra original

Autor: Ashby, Michael F.; Jones, David R. H.

Título:

Engineering Materials 1. An Introduction to Properties, Applications and Design

Engineering Materials 2. An Introduction to Microstructures, Processing and Design

Publicado por: Elsevier Butterworth-Heinemann

Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP 30 Corporate Drive, Burlington, MA 01803

Año: 2006.

Traducción al castellano

Traductores: Juan Baselga Llidó, Belén Levenfeld Laredo, Julio Bravo de Pedro, José Manuel Torralba Castelló, Javier González Benito, Alejandro Várez Álvarez, Elena Gordo Odériz.

Título: Materiales para ingeniería 1. Introducción a las propiedades, las aplicaciones y el diseño.

Materiales para ingeniería 2. Introducción a la microestructura, el procesamiento y el diseño.

Publicado por Editorial Reverté, Barcelona, España.

Año: 2009.

Comentario

Las innovaciones tecnológicas a menudo son consecuencia del uso inteligente de nuevos materiales, pero también muchos desastres en ingeniería están causados por un mal uso de los mismos. Por ello es vital que el ingeniero profesional conozca cómo se seleccionan los materiales y sepa cuáles se ajustan a las demandas de un diseño en particular; es decir, demandas económicas, estéticas, de resistencia y de durabilidad.

Por otro lado, el ingeniero debe comprender las propiedades de los materiales y sus limitaciones, y esta obra resulta una guía útil. Este libro es adecuado para un curso de Materiales de Ingeniería impartido a estudiantes sin conocimientos previos en la materia. Está pensado para enlazar con las enseñanzas de diseño, mecánica y estructuras, y para satisfacer las necesidades de los estudiantes, enfatizando las aplicaciones de

diseño. El texto es conciso, ofrece casos prácticos de aplicación y dispone de numerosos ejemplos al final de cada capítulo. En virtud de todo esto la obra, desarrollada en dos tomos, presenta a los diversos capítulos ordenados en grupos, de los que en el tomo 1 cada uno describe una clase particular de propiedades, mientras que en el tomo 2 lo hace de cada una de las cuatro clases básicas de materiales. Cada grupo, en el tomo 1, finaliza con un capítulo de casos prácticos en los que la comprensión y los datos para cada propiedad se aplican a problemas ingenieriles prácticos que atañen a los materiales, mientras que el tomo 2 está ilustrado también por casos prácticos diseñados para ayudar a entender mejor aún el material básico estudiado.

Los capítulos en que se dividen y ordenan los contenidos son los siguientes:

Tomo 1:

Los materiales de ingeniería y sus propiedades
El precio y la disponibilidad de los materiales
Los módulos de elasticidad
Enlace atómico
Empaquetamiento atómico en los sólidos
Bases físicas del módulo de Young
Casos prácticos de diseño limitado por el módulo
Límite elástico, resistencia a la tracción y ductilidad
Dislocaciones y deslizamiento en cristales
Métodos de endurecimiento y deformación plástica de policristales
Aspectos vinculados al flujo plástico
Casos prácticos de diseño según el límite elástico
Fractura rápida y tenacidad
Micromecanismos de la fractura rápida
Casos prácticos de fractura rápida
Probabilidad de fractura en los materiales frágiles
Fallo por fatiga
Diseño según la fatiga
Casos prácticos de diseño a fatiga
fluencia y fractura por fluencia
Teoría cinética de la difusión
Mecanismos de fluencia y materiales resistentes a la fluencia
El álabe de una turbina: un caso práctico de diseño limitado por la fluencia
Oxidación de los materiales
Casos prácticos de oxidación seca
Corrosión húmeda de los materiales
Casos prácticos de corrosión húmeda
Fricción y desgaste
Casos prácticos de fricción y desgaste
Diseño con materiales
Caso práctico final: materiales y energía en el diseño de coches.

Tomo 2:

Metales

Estructuras metálicas

Constitución de equilibrio y diagramas de fase

Casos prácticos de diagramas de fases

La fuerza motriz para el cambio estructural

Cinética del cambio estructural: I – Transformaciones difusivas

Cinética del cambio estructural: II – Nucleación

Cinética del cambio estructural: III – Transformaciones desplazativas

Casos prácticos de transformaciones de fase

Aleaciones ligeras

Aceros: I – Aceros al carbono

Aceros: II Aceros aleados

Casos prácticos con aceros

Técnicas de producción, conformado y unión de metales

Cerámicas y vidrios

Estructura de las cerámicas

Las propiedades mecánicas de las cerámicas

Estadística de la fractura frágil y estudios de casos prácticos

Obtención, conformado y unión de cerámicos

Tema especial: cementos y hormigones

Polímeros

Estructura de los polímeros

Comportamiento mecánico de los polímeros

Producción, transformación y unión de polímeros

Materiales compuestos: con fibras, partículas y espumas

Tema especial: la madera

Diseño con materiales

Casos prácticos de diseño

Fallos y desastres en ingeniería- El último test del diseño.

Figura 1