Hacia la eficiencia de recursos y la descarbonización de materiales de construcción en Argentina

Sector industrial cemento y hormigón

Supported by:

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection

INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE

based on a decision of the German Bundestag

Hacia la eficiencia de recursos y la descarbonización de materiales de construcción en Argentina. Sector industrial cemento y hormigón / Ezequiel Gaspes, Stefan Landauer, Adriana B. García, Narjissa Pauels – 1ra. ed. ilustrada. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Ezequiel Gaspes, 2022.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: online

ISBN 978-987-88-4074-1

1. Desarrollo Sustentable. 2. Competitividad. 3. Desarrollo Industrial. I. Gaspes, Ezequiel. II. Landauer, Stefan. III. García, Adriana B. IV. Narjissa Pauels.

CDD 690.3

© Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Marzo 2022.

ISBN 978-987-88-4074-1

9 789878 840741

La información de esta presentación fue preparada en nombre de GIZ con el mayor cuidado y precisión posibles.
Sin embargo, GIZ no garantiza que el contenido proporcionado sea correcto o completo.

Autores

Mag. Stefan Landauer, Concepto y coordinación por GIZ
Mag. Adriana Beatriz García, Autora. Consultora externa por GIZ
Lic. Ezequiel Gaspes, Coautor. Consultor externo por GIZ
Mag. Narjissa Pauels. Colaboración y soporte por GIZ

Colaboradores

PERSONAS ENTREVISTADAS

Ing. Matías Polzinetti. Asociación Fabricantes de Cemento Portland (AFCP) e Instituto de Cemento Portland Argentino (ICPA)
Ing. Gastón Fornasier. Asociación Argentina de Hormigón Elaborado (AAHE) –Loma Negra – Intercement
Dr. Carlos Milanesi. Cementos Avellaneda
Ing. Raúl López. Lafarge-Holcim Argentina
Ing. Graciela Alejandra Benítez. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)
Arq. Inés Dolman. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)
Dr. Claudio Zega. Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT)
Ing. Florencia Mitchell. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS)
Mag. Hernán Capeluto. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS)

REVISORES

Dr. Luis Fernández Luco
Dirección Nacional de Cambio Climático, Secretaría de Cambio Climático, Desarrollo Sostenible e Innovación, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

EDICIÓN Y DISEÑO

Lic. Luz Brandán. Edición
Dg. Andrea Suris. Diseño y armado

© Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Marzo 2022

Esta presentación ha sido preparada por encargo del proyecto global **Iniciativa Eficiencia de Recursos y Acción Climática (IREK II) implementado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH** en el marco de la cooperación intergubernamental entre Argentina y Alemania.
El proyecto se financia a través de la **Iniciativa Internacional de Protección del Clima (IKI) del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Seguridad Nuclear y Protección al Cosumidor (BMUV)** de Alemania.
El proyecto global IREK II se enfoca en la cooperación con países emergentes seleccionados del G20, que presentan retos y oportunidades en materia de eficiencia de recursos. Su objetivo es contribuir al desarrollo y la implementación de conceptos integrados para la mejora de la eficiencia de recursos y la protección del clima, centrándose en el fortalecimiento de competencias de actores clave en el sector público y privado.

Supported by:

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection

INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE

based on a decision of the German Bundestag

Contenidos

Índice de tablas 6

Índice de figuras 6

Siglas y acrónimos 7

Glosario 7

Prólogo 9

1. INTRODUCCIÓN 10

Alcances y limitantes 11

Objetivos del trabajo 12

Metodología del estudio 13

Estructura de planificación 16

2. EL PLAN SECTORIAL 18

Contexto del sector de la industria de la construcción 19

- Antecedentes de la industria 19
- Desarrollo de la industria del cemento y del hormigón 22
- Sostenibilidad en la industria del cemento y del hormigón 24

Situación actual del sector 29

- Datos básicos del sector 29
- Problemática general 33
- Reglamentos de construcción y/o edificación de gobiernos locales 41

Actores sociales – partes interesadas 46

- Destinatarios del plan 46
- Actores del proceso 46

3. DESARROLLO DEL PLAN 48

Visión 49

Instrumentos de estrategia 51

Resumen de propuesta de instrumentos 51

Matriz de priorización e impacto 51

Pautas de desarrollo de medidas 53

Medida 1. Adaptar las normas IRAM 1531 y 1512. Hormigón con agregados reciclados o desarrollar una norma nueva de agregados reciclados 53

Medida 2. Adaptar las normas de cementos IRAM 50000, 50001, 50002 y 1685 o desarrollar una norma nueva adiciones minerales 59

Medida 3. Incrementar el uso de hormigón reciclado en obras públicas 62

Medida 4. Incorporar al CIRSOC incremento de hormigón reciclado y cementos con adiciones minerales 64

Medida 5. Contribuir al desarrollo de un sello de producción sostenible para el hormigón reciclado y productos sostenibles derivados de su uso 66

Medida 6. Incorporar hormigón reciclado y cementos con adiciones minerales en reglamentos de construcción / edificación de gobiernos locales 68

Barreras para la implementación 70

Actividades que contribuyen a una hoja de ruta 71

Conclusiones 74

4. ANEXOS 76

Fuente de datos e informacion utilizada para el análisis 77

Referencias bibliográficas 81

Índice de Tablas

Tabla 1. Normas vigentes de cementos....36

Tabla 2. Tipos de cementos y componentes Norma IRAM 50000:2017 mod. 2019....37

Tabla 3. Tipos de cementos y componentes Norma IRAM 50002:2009 mod. 2017....39

Tabla 4. Propuesta de instrumentos....51

Tabla 5. Matriz de priorización e impacto....52

Tabla 6. Resumen de la situación actual de agregados....53

Tabla 7. Porcentaje admisible de incorporación de agregado grueso según uso estructural y no estructural....54

Tabla 8. Porcentaje admisible de incorporación de agregado fino según uso estructural y no estructural....56

Tabla 9. Comparación situación actual vs. propuesta....57

Tabla 10. Resumen situación actual cementos....59

Tabla 11. Situación actual: obras públicas....62

Tabla 12. Situación actual: reglamentos....64

Tabla 13. Situación actual: distinciones....66

Tabla 14. Situación actual: regulaciones de gobiernos locales....68

Tabla 15. Tabla Indicadores consolidados del período. Producción de cemento....77

Índice de Figuras

Figura 1. Metodología aplicada para el estudio....13

Figura 2. Estructura del Plan....16

Figura 3. Proyección estimada de la población....19

Figura 4. Esquema de la cadena de valor del sector....20

Figura 5. Insumos en el proceso de construcción....21

Figura 6. Propuesta de disminución de emisiones de CO_2 de la GCCA....24

Figura 7. Procesos industriales y uso de productos, Inventario GEI 2016....25

Figura 8. Condiciones de aplicación de agregados reciclados en hormigones por especificación analizada....34

Figura 9. Mapa de actores clave por sector....46

Siglas y Acrónimos

AAHE: Asociación Argentina del Hormigón Elaborado

AATH: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón

AFCP: Asociación de Fabricantes de Cemento Portland

CEPAL: Comisión Económica para América Latina

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

DNV: Dirección Nacional de Vialidad

FICEM: Federación Interamericana del Cemento

GCCA: Global Cement and Concrete Association (Asociación Mundial de Productores de Cemento y Hormigón)

GEI: Gases de efecto invernaderof

GIZ: Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional

ICPA: Instituto del Cemento Portland Argentino

INDEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial

IRAM: Instituto Argentino de Normalización y Certificación

LEMIT: Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica, Comisión de Investigaciones Científicas (Buenos Aires)

WBCSD: World Business Council for Sustainable Development (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible)

Abreviaturas y unidades

Mt: millones de toneladas

m^3: metro cúbico

CO_2eq: dióxido de carbono equivalente

Glosario

Adiciones minerales: materiales minerales naturales o de origen industrial, finamente molidos, que pueden agregarse en la fabricación de cementos y hormigones. Algunas adiciones no requieren molienda, pueden utilizarse con la finura obtenida en sus procesos primarios (por ejemplo cenizas volantes, humos de sílice).

Agregado reciclado: árido resultante del procesado de residuos de materiales de la construcción y, en particular, de hormigón recuperado de obras o de planta elaboradora no colocado en obra (endurecido u obtenido por lavado de restos de hormigón fresco).

Agregado grueso reciclado: fracción gruesa recuperada de hormigón de demolición de obras, trituración en planta de elementos prefabricados, trituración en planta elaboradora de restos de hormigón endurecido u obtenidos por lavado de restos de hormigón fresco, en ambos casos no colocados en obras.

Agregado grueso mixto: fracción gruesa compuesta por la mezcla de áridos, naturales o partidos, o rocas partidas y agregados reciclados.

Componentes minoritarios: minerales naturales o derivados del proceso de fabricación del clínker o adiciones minerales (escoria granulada de alto horno, filler calcáreo, puzolanas naturales o industriales, ceniza volante silícea) que pueden agregarse en la fabricación de cementos.

Hormigón reciclado: mezcla elaborada en la que forman parte de sus componentes materiales recuperados de hormigones de demolición, o restos recuperados de la producción de hormigón elaborado en estado fresco o endurecido o de piezas premoldeadas que no fueron a obras.

Prólogo

Promover el uso eficiente de los recursos en la industria del cemento y el hormigón es una prioridad para enfrentar el desafío -social y ambiental- de aumentar la competitividad, la innovación y el empleo, y contribuir a la reducción de emisiones de GEI.

El incremento acelerado en el uso de recursos globales, experimentado en los últimos 50 años, ha intensificado problemas como el cambio climático, la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad. La producción de materiales fue responsable del 23% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) en 2015, y este porcentaje sigue en crecimiento. El sector de la construcción es uno de los principales consumidores de materiales y generadores de GEI dentro del conjunto de procesos industriales.

Por este motivo, promover el uso eficiente de los recursos en la industria del cemento y el hormigón se presenta como una prioridad para enfrentar el desafío - social y ambiental - de aumentar la competitividad, la innovación y el empleo, y contribuir a la reducción de emisiones de GEI. Al mismo tiempo, la articulación entre los sectores público, privado y científico-tecnológico es una condición necesaria para el desarrollo de políticas e instrumentos de mejoras tecnológicas y prácticas concretas en el sector de la construcción.

En línea con los objetivos globales de acción climática convenidos en el Acuerdo de París, Argentina está comprometida con la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. En este contexto, el proyecto Iniciativa Eficiencia de Recursos y Acción Climática, implementado por la Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ) apoya a Argentina en la elaboración de propuestas de medidas e instrumentos, a nivel de sectores productivos estratégicos para el país y con potencial de reducción de emisiones de GEI. Las acciones del proyecto son financiadas por el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Seguridad Nuclear y Protección al Consumidor de Alemania (BMUV) a través de la Iniciativa Internacional de Protección del Clima (IKI).

El presente documento, es el fruto de un trabajo profesional y de un proceso de consulta con actores clave: público, privado y académico. Presenta un análisis sectorial, la identificación de las principales problemáticas y la propuesta de medidas para la reducción de emisiones de GEI.

"Hacia la eficiencia de recursos y la descarbonización de materiales de construcción en Argentina", intenta contribuir a la discusión política sobre el desarrollo futuro de una industria de materiales de construcción y plantea un escenario de opciones específicas para la acción que, sin duda, resultarán relevantes para la estrategia nacional de cambio climático de Argentina.

Desde el proyecto se espera, además del desafío de implementar las medidas propuestas, avanzar sobre el análisis de otros sectores productivos con la mirada puesta en el desacople del crecimiento económico, del uso de recursos y la emisión de GEI.

1

Introducción

1

Introducción

Este documento propone estrategias y acciones asociadas a la disminución de GEI, en la industria del cemento y del hormigón.

En la cadena de valor de la construcción argentina existen variados materiales y productos, que son aplicados en procesos constructivos de obras, tanto públicas como privadas. La industria cementera y de elaboración de morteros y hormigones en su aplicación cotidiana, sin duda generan, más allá de la escala de las obras, una impronta notable en escenarios productivos de la nación.

A su vez, estos sectores se encuentran dentro de los principales consumidores de materiales y generadores de gases de efecto invernadero GEI, dentro del conjunto de procesos industriales, según consta en el Inventario de GEI de Argentina[1]. Ahí radica uno de los motivos que lleva a buscar alternativas para lograr mejoras que generen impactos en estos aspectos.

ALCANCES Y LIMITANTES

En las páginas del presente documento se introducen estrategias enfocadas en la eficiencia de recursos que contribuyen a la disminución progresiva de emisiones de GEI en la industria de la construcción, en particular, en las áreas productivas de cementos y hormigones.

Las estrategias y acciones asociadas a la disminución de GEI, en la industria del cemento y del hormigón, de manera más amplia, pueden incluir varios enfoques tales como la eficiencia energética, el coprocesamiento de materiales como combustibles alternativos, la captura de CO_2, el aprovechamiento de recursos, la reducción del factor clínker, etc.

Es importante aclarar que las pautas y estrategias expresadas en este documento se circunscriben a la eficiencia de los recursos -sin considerar energía ni agua- y al planteo de herramientas que faciliten el reaprovechamiento de materiales y subproductos industriales como insumos en los procesos de fabricación y durante la ejecución de las construcciones.

1. https://inventariogei.ambiente.gob.ar

2

Objetivos

OBJETIVO GENERAL

1. Describir
2. Identificar y validar
3. Proponer

El objetivo general del presente trabajo es "contribuir a la discusión política en curso sobre el desarrollo futuro, orientado hacia una industria de materiales de construcción descarbonizados en Argentina, mediante estrategias de eficiencia de recursos (ER) y enfoque en la eficiencia de materiales en la industria del cemento y del hormigón".

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Describir el estado de situación actual del sector del cemento y del hormigón en Argentina.
- Identificar y validar con actores clave, medidas factibles que contribuyan a la reducción de emisiones e incrementen la eficiencia en el uso de recursos en el sector.
- Proponer insumos para una hoja de ruta que contribuya a mejorar la eficiencia de recursos y reducir las emisiones de GEI en la industria del cemento y del hormigón en Argentina.

Los destinatarios principales del presente documento son el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Desarrollo Productivo de Argentina; el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Seguridad Nuclear y Protección del Consumidor de Alemania; las cámaras empresarias sectoriales; las instituciones y organizaciones técnicas y tecnológicas.

3

Metodología del estudio

Para la elaboración de la iniciativa se establecieron como premisas, la participación de actores del sistema y el impulso hacia un salto en la calidad de materiales en la cadena de valor de la construcción, teniendo en cuenta el aprovechamiento de subproductos, su aporte en la producción y la mejora del ciclo de vida de materiales.

A partir de una planificación detallada, el trabajo se estructuró en cinco aspectos (ver **figura 1**). Comprendió una primera caracterización sectorial, seguida de la identificación de medidas de eficiencia de recursos, para las cuales luego se procedió al cálculo de reducción de emisiones. A partir de esta información se realizó la ponderación de las medidas y finalmente se consolidó la propuesta de eficiencia de recursos y reducción de emisiones para la industria del cemento y del hormigón.

FIGURA 1
Metodología aplicada para el estudio.

Este proceso se llevó adelante entre julio y noviembre de 2021. Durante ese período se realizaron una serie de actividades, comprendiendo:

- Recopilación de documentos, estudios y avances disponibles relacionados con la fabricación de cementos y hormigones, investigaciones, desarrollos e innovaciones, así como también regulaciones y normas técnicas sobre la temática, tanto a nivel nacional como internacional. Se buscó caracterizar el estado del arte, e identificar potencialidades y limitantes del aprovechamiento de recursos en el sector.

- Confección de un mapa de actores que pudieran realizar aportes y/o suponer resortes clave (positivos / negativos) para la elaboración de la propuesta e identificación, elaboración y posterior implementación de medidas de eficiencia de recursos y reducción de emisiones en el sector.

- Elaboración de una propuesta de estructura del Plan, con los bloques correspondientes (ver **figura 2**). Una primera propuesta de la visión estratégica a 2030 para el sector, incorporando los criterios de eficiencia de recursos y reducción de emisiones, a ser validada con actores clave de los sectores público y privado.

- Reunión de *Kick off* con representantes de la Dirección Nacional de Cambio Climático de la Secretaría de Cambio Climático, Desarrollo Sostenible e Innovación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina, donde se presentó el objetivo del trabajo, la estructura propuesta del Plan y la visión estratégica para el sector del cemento y el hormigón previamente desarrollados.

- Primera ronda de consulta e indagación a expertos reconocidos y representantes de diferentes actores clave seleccionados: Asociación Fabricantes de Cemento Portland AFCP; Instituto de Cemento Portland Argentino ICPA; Asociación Argentina de Hormigón Elaborado AAHE; y Asociación Argentina de Tecnologías del Hormigón AATH. Se buscó intercambiar ideas respecto a alternativas para mejorar la eficiencia de recursos y reducir las emisiones en el sector, relevando potencial impacto cualitativo y cuantitativo de las mismas.

- Identificación de potenciales medidas de eficiencia de recursos que pudieran contribuir a reducir las emisiones tanto en la industria del cemento como del hormigón.

- Identificación de barreras y oportunidades para llevar adelante las potenciales medidas individualizadas, realizando un primer análisis de brecha, necesidades y/o déficits de la industria cementera y de la industria del hormigón, para llevarlas a la práctica, así como un análisis de factibilidad de implementar las medidas individualizadas.

- Priorización de seis medidas en función a factibilidad y potencial impacto de las mismas.

- Estimación de los tiempos y montos de la inversión requerida para la instrumentación de cada una de las seis medidas priorizadas.

- Cálculo de reducción de las emisiones para cada una de las medidas, planteando escenarios posibles de implementación de las mismas a 2030 en función a los volúmenes de producción de cemento y hormigón. Se toma la referencia de 2019 en base a la información de AFCP y AAHE (Argentina), en cuanto

a los valores de referencia sobre emisiones de CO_2eq y se calcularon las emisiones directas correspondientes a la producción de cada material. Ponderación de las medidas en función a impacto, costo y tiempos de implementación de las mismas.

- Elaboración de una propuesta preliminar del Plan de eficiencia de recursos y reducción de emisiones para la industria del cemento y del hormigón de Argentina a 2030.

- Segunda ronda de consulta y validación con actores clave, sometiendo la propuesta preliminar del Plan a discusión y relevando los aportes de cada uno de los interlocutores.

  - Se realizó una presentación a la Secretaría de Cambio Climático, Desarrollo Sostenible e Innovación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en la que participaron autoridades, expertos en temáticas de cambio climático y de construcción sostenible.
  - Se concretaron nuevas rondas de trabajo ampliando la participación de referentes sectoriales del campo técnico, profesional, regulatorio y de desarrollo tecnológico, incluyendo representantes de ICPA, AAHE, AATH, AFCP, LEMIT, INTI, CIRSOC y de las empresas cementeras Loma Negra, Lafarge-Holcim (Argentina) y Cementos Avellaneda.

- Análisis de documentación específica a los efectos de validar los datos considerados en el documento.

- Elaboración de la versión final del Plan de eficiencia de recursos y reducción de emisiones para la industria del cemento y del hormigón de Argentina a 2030.

- Realización de un proceso de revisión del documento por parte de expertos del país con impronta internacional, tanto representantes de la academia y de asociaciones representativas de la producción y de asociaciones civiles técnico-profesionales, así como por parte del área técnica de cambio climático del sector público.

De esta manera, la propuesta final del Plan de eficiencia de recursos y reducción de emisiones para la industria del cemento y del hormigón de Argentina a 2030 se consolida luego de un proceso interactivo y participativo, con la incorporación de las contribuciones de actores clave a nivel nacional.

ESTRUCTURA DE PLANIFICACIÓN

FIGURA 2
Estructura del Plan.

1. Definición del marco estratégico

Allí se presenta una breve descripción de los antecedentes de la industria de la construcción en Argentina. El desarrollo de la industria de cementos y producción de hormigón elaborado. La situación actual y los datos más relevantes.

2. Partes interesadas

Se describen los grupos de interés relevados y la determinación de actores clave involucrados. Desafíos y oportunidades que surgen del análisis.

3. Desarrollo del Plan Estratégico

Visión y objetivos del Plan. Aspectos críticos o barreras a superar. Planteo de instrumentos posibles y su priorización. Actividades o pasos que contribuyen a una hoja de ruta.

4. Mejores prácticas

Estrategias relacionadas con la difusión de la inserción de materiales y tecnologías sostenibles en la construcción.

2

El plan sectorial

1

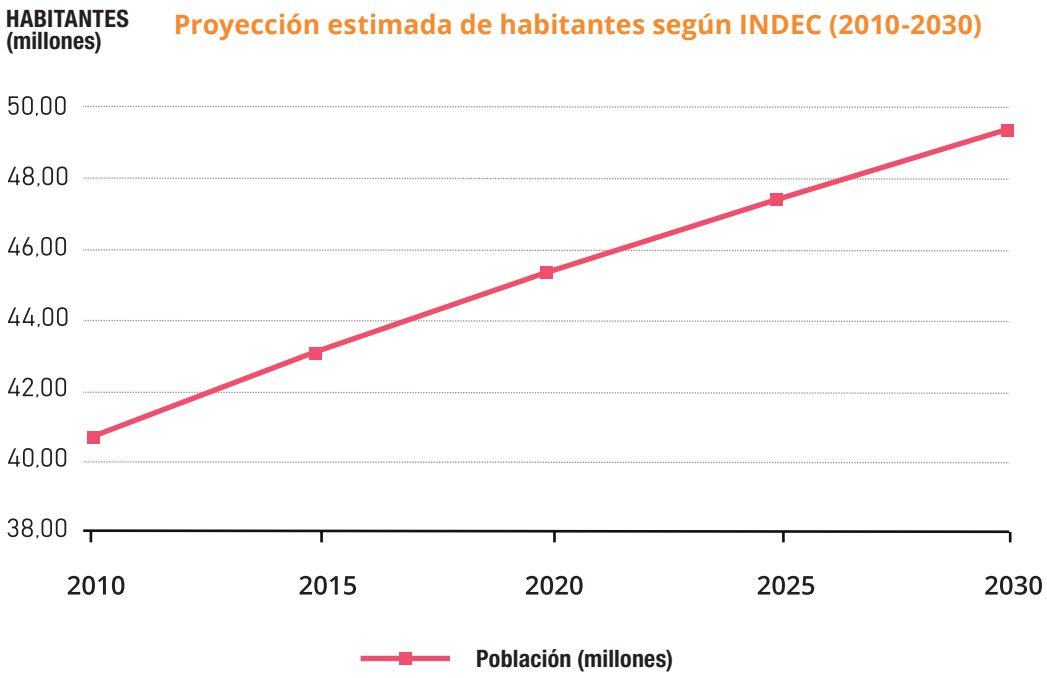
Contexto del Sector

ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Argentina se caracteriza por poseer un territorio extenso, su superficie total es de 3.761.274 km² (INDEC, 2019). La población distribuida de acuerdo al Censo Nacional 2010 era de 40.117.096 habitantes, es decir, una densidad de 10,7 habitantes/km² (INDEC, 2010).

Las proyecciones nacionales de población del país (ver **figura 3**), basadas en los resultados del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas de 2010 estiman que, actualmente, la población sería de 45.808.747, y se espera que llegue a 49.407.265 en 2030 (INDEC, 2021), caso en el que la densidad de población ascenderá a 13,1 habitantes/km².

FIGURA 3
Proyección estimada de la población.



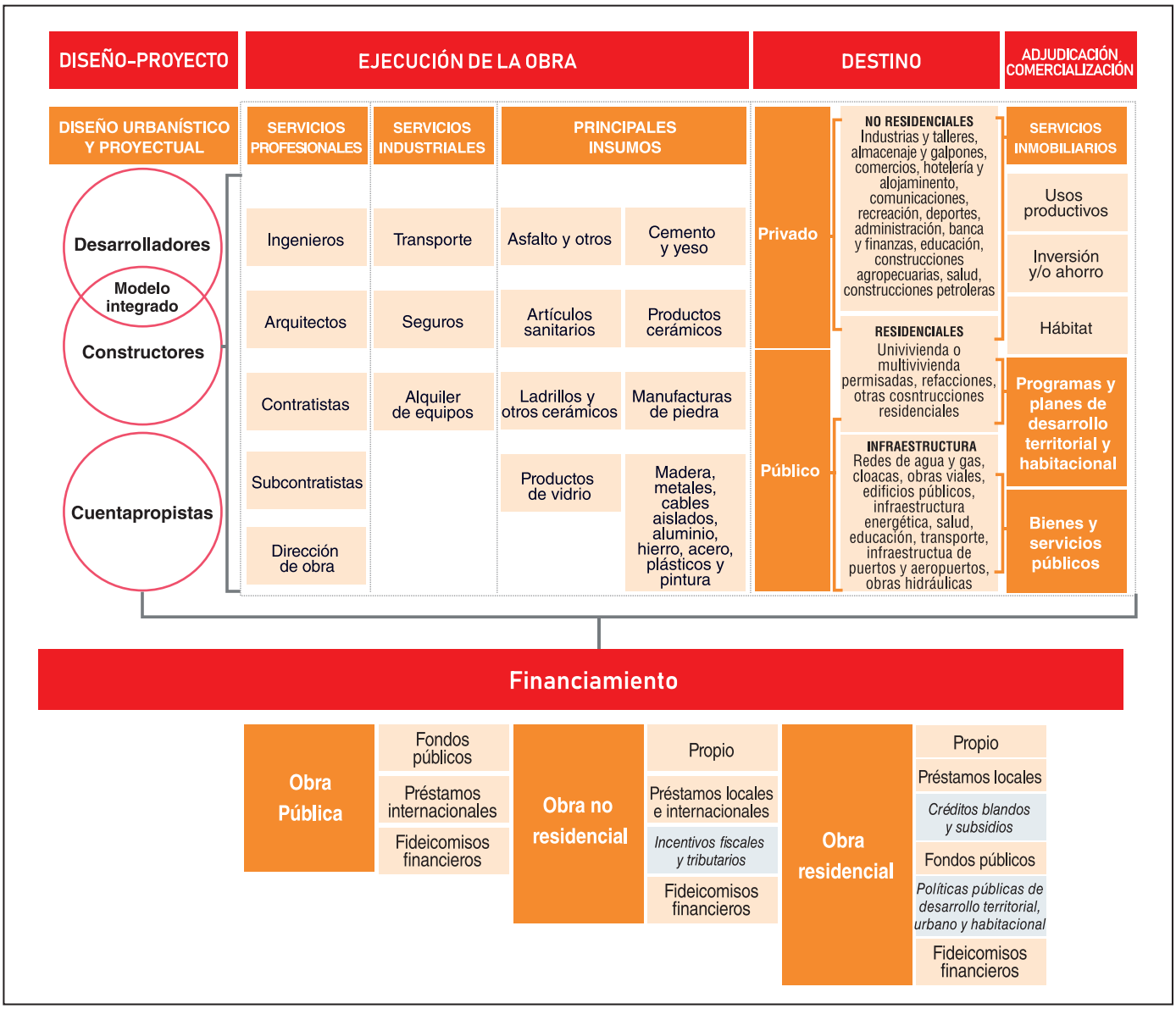
Fuente: Proyecciones y estimaciones nacionales. Cuadro 1. Población estimada al 1 de julio de cada año calendario. Total del país (INDEC, 2021).

La industria de la construcción históricamente ha estado vinculada con el progreso de las sociedades.

La industria de la construcción históricamente ha estado vinculada con el progreso de las sociedades, debiendo adaptarse a contextos tecnológicos, económicos y sociales de cada región. Las organizaciones han ido adaptándose, incorporando nuevas tecnologías y metodologías en busca de mejoras de su competitividad.

La publicación "Informe de Cadena de Valor. Sector de la Construcción" (Ministerio de Economía de la Nación, 2020) expone la trascendencia del sector y su incidencia en la economía, en materia de inversiones, capacidad en la generación de puestos de trabajo, y su articulación con otras ramas de la producción. El sector representa un 3,6% del Valor Agregado Bruto (VAB, 2019) de la economía del país.

FIGURA 4
Esquema de la cadena de valor del sector



Fuente: figura extraída del Informe Cadena de Valor. Sector de la Construcción (Ministerio de Economía de la Nación, 2020).

Por su parte, el empleo en la construcción es el 6% del total de empleo registrado en la economía, aunque se estima un alto grado de informalidad, siendo de aproximadamente un 75% en 2019. Cabe destacar que por sus características, las actividades del rubro requieren diferentes grados de especialización o competencias para ejecutar y aplicar adecuadamente los materiales en las obras.

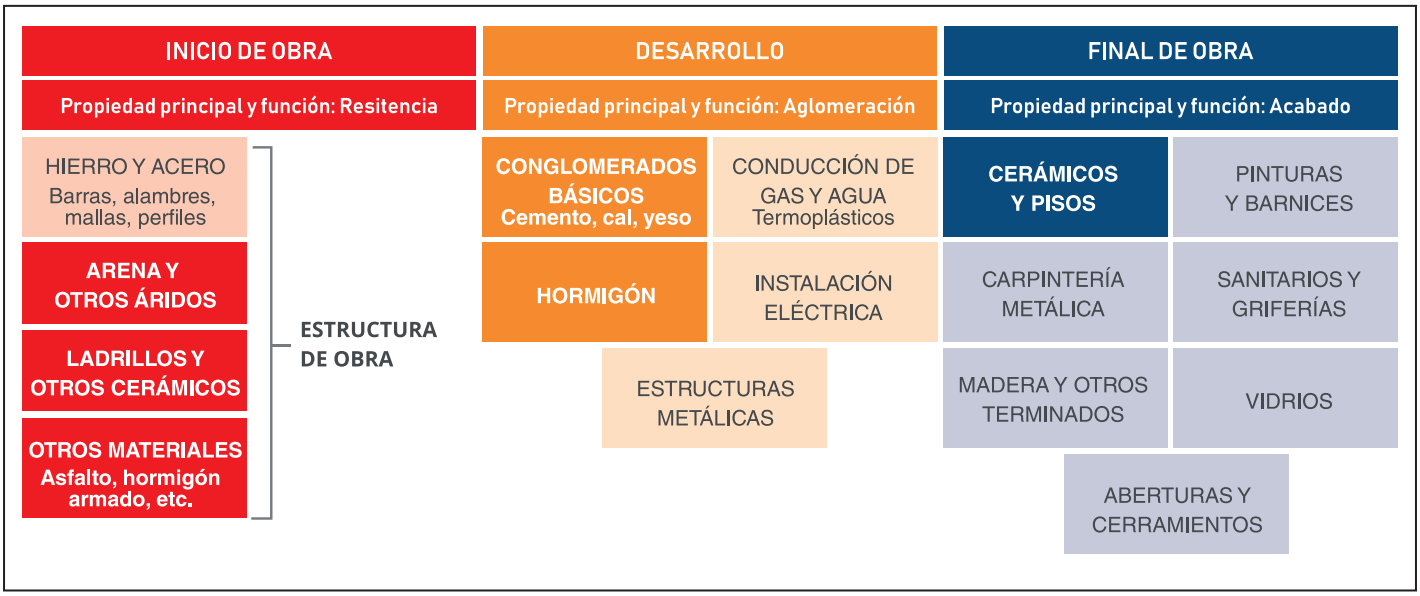
Las actividades productivas y de servicios se vinculan a etapas de desarrollo de proyectos, ejecución de las obras principales y complementarias, la provisión de insumos y servicios durante la ejecución, evaluación de la conformidad y comercialización de las construcciones (ver **figura 4**).

Se trata de obras públicas y privadas ejecutadas en áreas urbanas, suburbanas y rurales. Se destinan a viviendas, industria, comercio, educación, salud, transporte, energía, deportes y entretenimiento, turismo e infraestructura pública (vías de comunicación, transporte, hidráulicas y servicios, entre otras).

Dentro de la gama de productos e insumos más utilizados en obras se mencionan los morteros y hormigones (ver **figura 5**) de uso estructural, no estructural, y productos derivados tales como morteros premezclados para revoques y mampostería y adhesivos para revestimientos.

Dentro de los aglomerantes cementicios empleados, se destacan los cementos para propósitos estructurales (de uso general, con propiedades especiales, y para hormigones para pavimentos ejecutados con tecnologías de alto rendimiento), los cementos de albañilería, cales, yesos.

FIGURA 5
Insumos en el proceso de construcción.



Fuente: Informe Cadena de Valor. Sector de la Construcción (Ministerio de Economía de la Nación, 2020).

DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN

En 1907 se inició la Fábrica Nacional del Cemento Portland en Córdoba, Argentina.

La industria del cemento en Argentina se remonta a mediados del siglo XIX con la influencia de la escuela europea. Luego de varios intentos, en 1907 se inició la "Fábrica Nacional de Cemento Portland" en Córdoba. Desde entonces, la industria cementera continúa evolucionado tecnológicamente para dar respuesta a los requisitos de calidad de nuevas obras civiles y de infraestructura.

En principio, se fabricaron los denominados cementos puros (clínker + yeso). Más adelante, se incorporaron adiciones minerales -activas o cuasi activas - finamente molidas, puzolanas y, posteriormente, las escorias de alto horno obtenidas como subproducto residual de la industria siderúrgica. Las adiciones minerales se utilizan finamente molidas como reemplazo parcial de clínker en la producción de cementos principalmente. Esto requiere de estudios específicos para definir el rango de proporciones más adecuado. La preocupación por temas de sostenibilidad han generado cada vez más interés en el uso de este tipo de insumo en la fabricación.

Hacia fines del siglo XX, se suma a la gama de adiciones minerales el filler calcáreo como adición inerte. Se trata de un material inorgánico de origen mineral natural (roca caliza), compuesto principalmente por carbonato de calcio y que está finamente molido.

El desarrollo de cementos con adiciones minerales, el estudio de sus propiedades, las cuestiones vinculadas a la sostenibilidad, temas como los costos de producción, transporte, el uso de recursos no renovables, el control de conformidad y aptitud, propiciaron modificaciones en la concepción y la tipificación de cementos locales y sus propiedades.

Como consecuencia, a principios del 2000 se cambiaron las normativas: IRAM 50000, cementos de uso general (2000); IRAM 50001, cementos de uso especial (2000). Posteriormente se agregaron las normas IRAM 50002, cementos para uso vial (2009); IRAM 50003, evaluación de la conformidad (2017). Algunas de las normas mencionadas han sido actualizadas en diferentes épocas.

Actualmente, se estan desarrollando en el mundo, estudios mediante los que se ha logrado activar arcillas especiales por calcinación, constituyendo una nueva opción para su aprovechamiento como adiciones minerales artificiales, cuyas propiedades puzolánicas resultan adecuadas. En Argentina se observa la inserción de procesos de innovación en la industria de fabricación para la generación de cementos con adiciones minerales combinadas de filler calcáreo y arcillas activadas en reemplazo de puzolanas naturales (Irassar, E. et al, 2019).

Casi paralelamente al desarrollo de la industria cementera se fue desarrollando la industria del hormigón elaborado, con numerosas plantas distribuidas por

La industria evolucionó desde ofrecer hormigones tradicionales hasta generar nuevos hormigones con propiedades especiales y de alto desempeño

todo el territorio nacional, con diferente grado de desarrollo tecnológico y posibilidades de prestación.

La influencia europea y el uso de tecnologías, en particular, de origen alemán eran habituales en las construcciones en las décadas del 40 y 50. Hacia 1960 se redactó el Proyecto de Reglamento Argentino para Estructuras de Hormigón (PRAEH), que fue aplicado durante años aunque no llegó a ser aprobado como Reglamento (INTI-CIRSOC, 2006).

Hacia 1982 se elabora el Reglamento CIRSOC 201-82 (Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles), de aplicación obligatoria en las Obras Públicas Nacionales, aunque muchas provincias los adoptaron como obligatorios para obras provinciales, municipales y de carácter privado.

En esa etapa también se comenzó a expandir el uso de aditivos químicos en el diseño de mezclas. Se buscaron mejoras de desempeño de los hormigones en estado fresco y endurecido. Características tales como la fluidez, el logro de mayores resistencias y la durabilidad comenzaron a ser críticas para la evolución de la tecnología. Sumado a esto, la posibilidad de menores costos permitió una ventaja competitiva notable del producto en el mercado.

Más tarde, en 1996 se encara el estudio de una segunda generación de Reglamentos, con base en la línea americana utilizada en países de la región. Se elabora el Reglamento CIRSOC 201 M: 96. Proyecto, cálculo y ejecución de estructuras de hormigón armado y pretensado para obras privada municipales. En el año 2013 entra en vigencia el Reglamento CIRSOC 201:2005, Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón.

Hacia el año 2000, el panorama de fabricantes de cemento Portland varió, lo conformaban cuatro grupos empresarios predominantes que desarrollan actividades hasta la actualidad, Grupo Loma Negra C.I.A.S.A., Minetti (actualmente Lafarge-Holcim Argentina), Cementos Avellaneda S.A. y Petroquímica Comodoro Rivadavia S.A.

Estos grupos modificaron el mercado del hormigón elaborado cuando sumaron a sus organizaciones unidades de negocio destinadas a su producción, adquiriendo plantas en diferentes zonas del país. Actualmente, algunas de las empresas comercializan además alguno o varios de estos productos: cales, ligantes hidráulicos, pegamentos, pastinas, agregados pétreos y premoldeados.

La evolución en la industria pasó de ofrecer al mercado hormigones tradicionales a generar nuevos hormigones con propiedades especiales y de alto desempeño. Se crean e implementan en obras los primeros hormigones autocompactantes y hormigones con calidades denominadas H-45 y H-60.

Actualmente, se pueden observar variedades de hormigones en las obras que responden a nuevos diseños estructurales y a sus exigencias estructurales de resistencia y durabilidad. En algunos casos en el área metropolitana se han logrado calidades de muy elevado desempeño (H-80 y H-110) y con características especiales como por ejemplo autocompactantes.

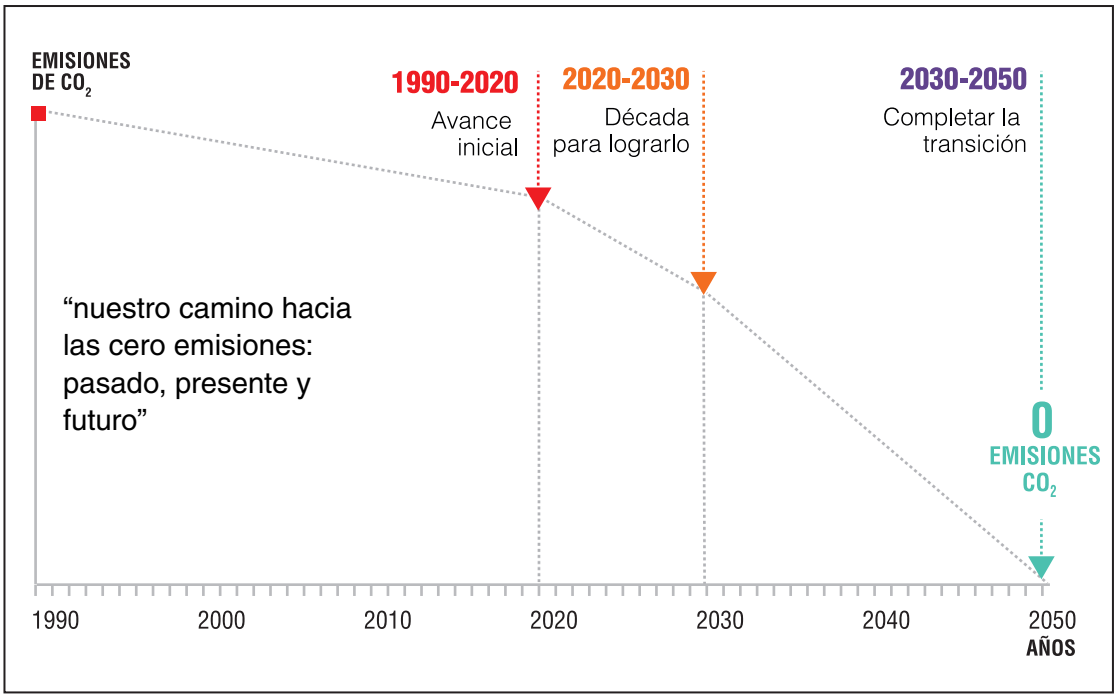
SOSTENIBILIDAD EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO Y EL HORMIGÓN

El hormigón puede reutilizarce total o parcialmente.

El hormigón es un material que posee características que lo hacen uno de los más utilizados en la construcción, con una alta resistencia y durabilidad, puede reutilizarse total o parcialmente, requiere bajo a nulo mantenimiento, entre otros. La Global Cement and Concrete Association – GCCA estima una producción anual de aproximadamente 14.000 millones de m^3 de hormigón a nivel mundial (GCCA, 2020).

La GCCA ha publicado un documento resumen de la Hoja de Ruta para Hormigón Carbono Neutral Neto al 2050, que refleja la ambición, visión y compromiso colectivo de la industria del cemento y hormigón en concretar su descarbonización completa a ese plazo, a través de una reducción paulatina de las emisiones de CO_2. En tal sentido, se propone para el 2030 una reducción del 25% por m^3 en hormigones y de un 20% por tonelada de cemento, tomando como base 2020 (ver **figura 6**).

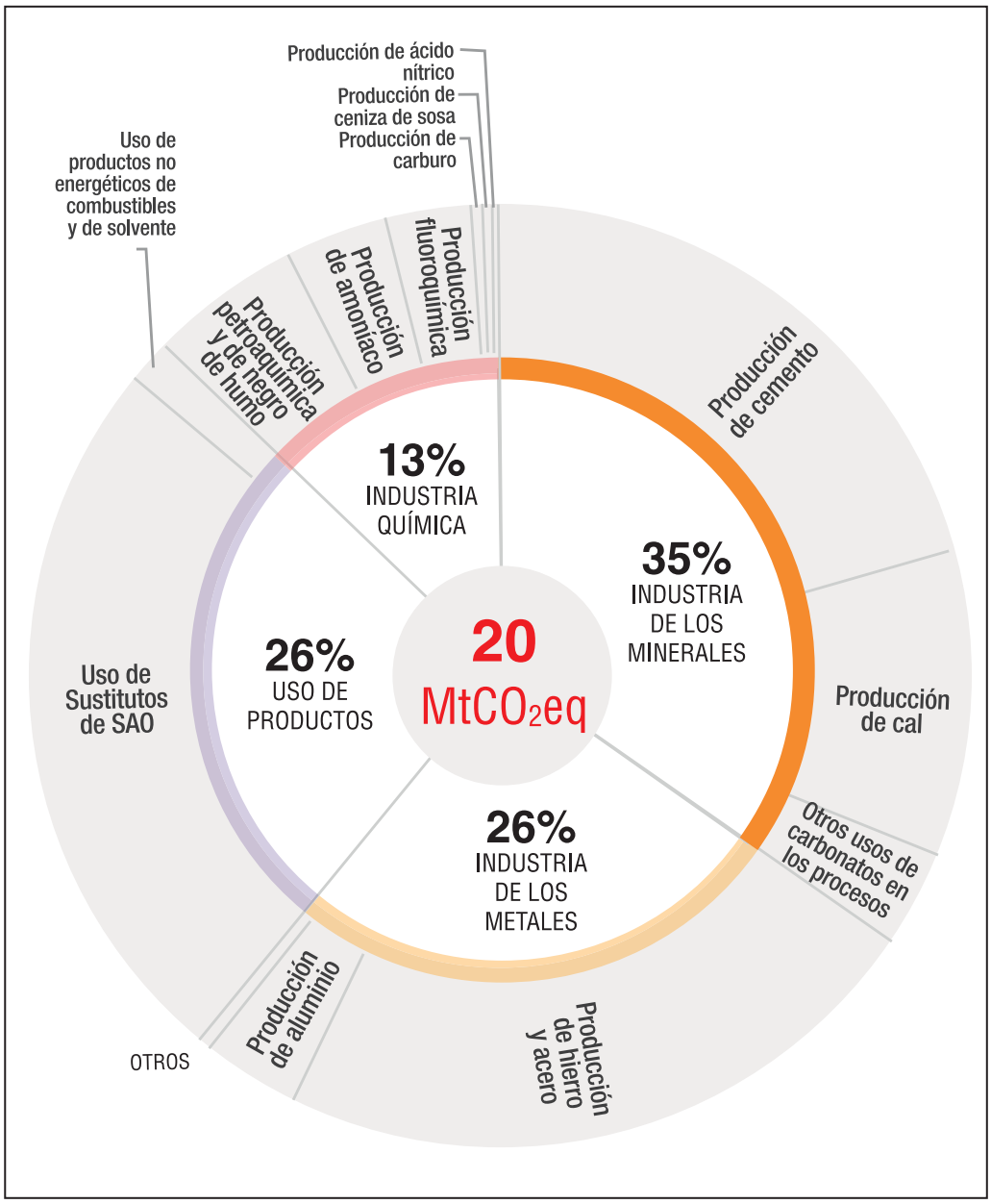
FIGURA 6
Propuesta de disminución de emisiones de CO_2 de la GCCA



Fuente: Futuro del hormigón. Gráfico Plan 2050. (GCCA, 2020).

En Argentina, dentro del sector "Procesos industriales y uso de productos" la principal fuente de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) lo constituye la industria de los minerales que para el año 2016 representaba un 35% de las emisiones (ver **figura 7**), alcanzando unas 7 Mt CO_2eq anuales: 4,13 Mt CO_2eq corresponden a la producción de cemento y 2,16 Mt CO_2eq a la producción de cal[2].

FIGURA 7
Procesos industriales y uso de productos, Inventario GEI 2016.



Fuente: Inventario Nacional de GEI de Argentina. Sector procesos industriales y uso de productos. Datos 2016. https://inventariogei.ambiente.gob.ar/files/inventario-nacional-gei-argentina.pdf

2. Según fuente del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación. https://inventariogei.ambiente.gob.ar/resultados, 15-11-2021

El proceso de fabricación del clínker, producto intermedio en la producción del cemento, genera CO_2 gaseoso tanto en forma directa como indirecta que es emitido a la atmósfera. Fundamentalmente proviene de la descarbonatación de la caliza, del proceso de combustión y la molienda, entre otras operaciones.

La perspectiva de la sostenibilidad a promovido el estudio de materiales más amigables con el medio ambiente.

La perspectiva de la sostenibilidad ha provocado un interés de estudio creciente para el logro de materiales más amigables con el ambiente (productos cementicios, morteros, hormigones y productos secundarios alternativos).

En octubre de 2021, la Asociación de Fabricantes de Cemento Portland (AFCP), organizó una serie de cuatro encuentros con especialistas destinados a difundir conocimientos específicos sobre Economía Circular, Innovación y Acción por el Clima. Las mismas contaron con el auspicio e interés de otras entidades del sector:

- Instituto del Cemento Portland (ICPA)
- Asociación del Bloque de Hormigón (AABH)
- Asociación Argentina de Carreteras (AAC)
- Asociación Argentina del Hormigón Elaborado (AAHE)
- Asociación Argentina del Hormigón Estructural (AAHES)
- Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (AATH)
- American Concrete Institute (ACI) - Chapter Argentina
- Asociación de Ingenieros Estructurales (AIE)
- Cámara Argentina de Consultoras de Ingeniería (CADECI)
- Centro Argentino de Ingenieros (CAI)
- Cámara Argentina de la Construcción (CAMARCO)
- Consejo Empresarial Argentino para el Desarrollo Sostenible (CEADS)
- Cámara de la Industria de Premoldeado de Cemento Portland (CIPCP)
- Sociedad Central de Arquitectos (SCA)
- Unión Industrial Argentina (UIA).

Existe un creciente interés en investigación, desarrollo e innovación tecnológica de materiales sustentables por parte de las instituciones de ciencia y tecnología.

Existen diferentes grupos y centros de investigación distribuidos en el país que han desarrollado líneas de investigaciones sobre uso de áridos y hormigones reciclados, así como también estudios sobre adiciones minerales o materiales suplementarios en la elaboración de cementos.

- Desde fines de los 90', el Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT), dependiente de la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la Provincia de Buenos Aires, registra trabajos científicos e investigaciones sobre agregados reciclados para hormigones. Se iniciaron con estudios que evaluaban las diferentes propiedades de los agregados gruesos reciclados de acuerdo a lo que expresa el artículo "Hormigones reciclados: investigaciones realizadas en el LEMIT durante los últimos 18 años" (Di Maio, A. 2018). Se trata de una de las líneas de trabajo del LEMIT que inició en 2001

y continúa hasta la actualidad. Así lo expresa uno de los referentes consultados, Dr. Ing. Claudio Zega, cuya tesis doctoral, trata sobre propiedades físico-mecánicas y durables de hormigones reciclados.

En 2014, en el VI Congreso Internacional y 20° Reunión Técnica "Ing. Aberto S.C. Fava" se presentaron varios artículos que tratan el tema de hormigones sostenibles, agregados gruesos y finos reciclados y su comportamiento en mezclas de morteros y hormigones desde el punto de vista mecánico y de durabilidad (Sosa, M, Zega, C y Di Maio, A, 2014).

Además, se expusieron trabajos vinculados a la reutilización en hormigones de subproductos industriales y residuos cerámicos de demolición (Zito, S y Rahhal, V, 2014).

Otros estudios basados en la sostenibilidad de materiales de construcción se han orientado a la optimización de mezclas para la fabricación de bloques y adoquines (Agnello, J., Benitez, A. y Fernández Luco, L., 2014).

- En 2015, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI organizó su Primera Jornada de Reducción, Reutilización, Reciclado y Revalorización (las denominadas 4R) de residuos industriales. Como corolario de ella en 2016 se publicó el libro "El valor de los residuos: distintos modos de reducir, reutilizar, reciclar y revalorizar residuos industriales" en el cual se resumen trabajos elaborados por especialistas, orientados, entre otros, a elementos premoldeados y pavimentos con agregados reciclados y reutilización de celulosa en mezclas cementicias (INTI, 2016).

Dentro de las universidades pueden mencionarse algunos ejemplos líneas de investigación y proyectos de I+D+i:

- En UTN Facultad Regional Avellaneda, Grupo Calidad para la Producción y los Servicios Ca.Pro.Ser., se realizan actividades en investigación en ingeniería civil sobre construcciones sostenibles desde el año 2004. Se trata del desarrollo de nuevos materiales y hormigones que reutilizan subproductos residuales de la industria (reaprovechamiento de polímeros, reciclados, diseño de premoldeados, etc.) (García, A. et al, 2014), (García A., Mazzeo J., Ruiz, L. y Martínez, G., 2014).

Desde 2015 orientado a la aplicación en obras viales de hormigones reciclados con aprovechamiento de agregados generados por demolición y subproductos. (García, A. et al, 2020), (García A., Martínez G. y Mazzeo J., 2017).

- Otro caso es el Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Materiales y Calidad (CINTEMAC). Se han desarrollado investigaciones sobre el uso de reciclado de residuos constructivos de diversa procedencia, propiedades fí-

sico mecánicas y durabilidad (2004-2006) y (2007-2010) (Andrada, C., Baronetto, C. y Positieri, M., 2008).

- En la Universidad Nacional del Sur, también se realizan actividades de investigación cuya producción se presenta en eventos científicos. En algunos casos se estudia el comportamiento de materiales en ambientes agresivos, evaluando patologías como corrosión en estructuras de hormigón reciclado (Meneses, R., Moro, J. y Ortega, N., 2014).

- En la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, se llevan a cabo desarrollos sobre sostenibilidad. El póster "Blended cement with illitic calcined clay and calcareous material" de los autores F. Irassar, V. Bonavetti y Castellano, C. fue premiado entre 127 presentaciones en el 15th Congreso Internacional de Química del Cemento, República Checa (ICCC 2019), tópico Materiales Cementantes Suplementarios. Recientemente se ha publicado un artículo científico del tema en la Revista Hormigón ISNN-e 2718-9058 (Bonavetti et al, 2021).

2

Situación actual del Sector

DATOS BÁSICOS DEL SECTOR

La industria de cementos está representada en el país por Loma Negra S.A., Lafarge-Holcim, Cementos Avellaneda y los miembros de la AFCP.

Actualmente la industria de cementos está extendida en todo el país. Está representada por cuatro grupos empresarios de productoras de cementos Loma Negra S.A., Lafarge-Holcim (Argentina) S.A., Cementos Avellaneda S.A. y Petroquímica Comodoro Rivadavia S.A. (PCR), todos ellos miembros de la Asociación de Fabricantes de Cemento Portland (AFCP).

En 2019[3] la producción anual alcanzó las 11.923.660 t, que incluyen 11.081.728 t destinados a cementos de uso estructural y 841.932 t destinados a cemento de albañilería (AFCP, 2020).

El despacho de cemento se realiza en bolsas de 50 kg o a granel, mediante carga en silos móviles de vehículos de transporte carretero o ferroviario, o en big-bags. En general, se entrega a granel a empresas elaboradoras de hormigón y fabricantes que industrializan piezas premoldeadas o productos derivados industrializados, y a empresas constructoras. El resto de los proveedores comerciales, obras y usuarios lo adquieren en bolsas. Los cementos de albañilería se despachan en bosas de 40 kg (AFCP, 2020).

Producción industrial del cemento Portland (AFCP).

PRODUCTORAS DE CEMENTOS (AFCP)		
CEMENTO DE USO ESTRUCTURAL: 11.082 MILES DE TONELADAS ANUALES	CEMENTO DE ALBAÑILERÍA: 842 MILES DE TONELADAS ANUALES	TOTAL 11.924 MILES DE TONELADAS (2019)

3. Dado el impacto en las economías mundiales que trajo la pandemia por COVID-19 se han tomado como referencia los valores de la producción correspondientes a 2019.

La industria cementera contempla la producción de cementos de uso general, con propiedades especiales, para hormigones de uso vial para calzadas de pavimentos ejecutadas con terminadoras de alto rendimiento y de albañilería.

La Asociación Argentina del Hormigón Elaborado AAHE agrupa entre 200-250 empresa del rubro. De ellas 36 se encuentran certificadas según los requisitos de la norma IRAM ISO 9001. De acuerdo al informe anual de AAHE en 2019 las empresas asociadas a ésta generaron 5.436.186 m^3 de hormigón elaborado.

Producción Industria del hormigón (asociadas AAHE).

Asociación Argentina del Hormigón Elaborado AAHE • 200 A 250 empresas del rubro asociadas	5,44 millones de m^3 TOTAL de hormigón elaborado (AAHE, 2019)	36 empresas certificadas según norma IRAM ISO 9001

De acuerdo a la información suministrada por distintos actores clave entrevistados se estima que el volumen de hormigón correspondiente a asociados de AAHE representa un 50% del volumen total de la producción anual, mientras que otro 50% de morteros y hormigón es producido por empresas no asociados a la AAHE, incluyendo hormigoneras, constructoras, productoras de elementos premoldeados y pretensados, fabricantes de morteros de base cementicia. No se considera aquí a los morteros y hormigones que se dosifican y elaboran en obra.

Producción de otras empresas del sector (no asociadas AAHE).

Otras empresas del sector • Productoras de hormigón (no asociadas AAHE) •Empresas constructoras •Elementos premoldeados y pretensados •Otros productos y elementos constructivos de morteros y hormigones	5,50 Millones de m^3 totales de hormigón elaborado (AAHE, 2019)

Existen empresas que realizan la industrialización de productos y piezas de hormigón para obras, aunque es habitual, la elaboración de morteros y hormigones "in situ". En todos los casos se requieren de controles exhaustivos de la calidad final de los materiales y de sus procesos productivos. En el caso de productos industriales, los parámetros de calidad pueden ser controlados con mejores posibilidades en la planta de fabricación. En el caso de hormigones, además de los controles del productor, se realizan controles de recepción en las obras.

PROBLEMÁTICA GENERAL DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO Y EL HORMIGÓN VINCULADA A MATERIALES

A continuación se presenta un breve análisis de la situación actual del sector, asociada al uso de materiales, que sirve como base para la elaboración del Plan de Eficiencia de Recursos y la Descarbonización de materiales de construcción que se desarrolla más adelante en este documento.

AGREGADOS EN HORMIGÓN

La estructura granular de las mezclas de hormigón está compuesta mayoritariamente por agregados ocupando alrededor del 70-90% de la masa, dependiendo del tipo y calidad de hormigón, y su prestación. Se trata en la mayoría de los casos de áridos que son extraídos de la naturaleza, si bien se han utilizado otros subproductos como las escorias.

Desde hace varios años, se están explorando opciones de utilización de agregados que surgen como subproductos del proceso de elaboración de mezclas, residuales en la construcción y productos de demolición de hormigones y obras. Existen numerosos estudios publicados en el mundo y en nuestro país sobre el reaprovechamiento de áridos gruesos y finos como material reciclado.

La Iniciativa de Sostenibilidad del Cemento (CSI) del Consejo Empresario Mundial para el Desarrollo Sostenible en su publicación "The Cement Sustainability Initiative. Recycling Concrete" (WBCSD, 2009), enunciaba proporciones de agregados reciclados gruesos y finos utilizados en diferentes zonas del planeta. Algunos ejemplos de utilización de agregados reciclados en ese momento eran Japón con un 80%, EE.UU. un 82% y en Europa un 30%. Estos porcentajes han sido superados actualmente.

Se presenta el análisis de porcentajes de agregados reciclados de residuos de construcción y demolición (RCD) (ver **figura 8**) aceptados por especificaciones y normativas en diferentes países, usos y tipos de hormigones (Alberte, E. y Handro, J., 2021).

FIGURA 8. Condiciones de aplicación de agregados reciclados en hormigones por especificación analizada.

País	Norma	Classificação		Aplicação	Substiuição (%)		Condições de uso	Resistência máxima (ou classe) do concreto produzido
		Norma	Unificada		Agregado graúdo	Agregado miudo		
Brasil	NBR 15116 (ABNT, 2004)	ARC	ARC	Não estrutural	≤100		-	C15
		ARM	ARM				-	
Alemanha	DIN 4226-100 (Deutsches, 2002)	Tipo 1	ARC	Estrutural	≤45	0	Classes de exposição X0, XC1 a XC4, XF1-XF3, XA1. Não é permitido o uso em concreto protendido	35 MPa
		Tipo 2	ARC		≤35	0		
		Tipo 3	ARCE	Não estrutural e argamassas	-		Concreto sem função estrutural e argamassas	-
		Tipo 4	ARM		-			-
Austrália	HB 155 (COMMONWEALTH, 2002)	Classe 1A	ARC	Concreto	≤30	0	Concretos estruturais com ajustes de dosagens, permeabilidade e propriedades e encolhimento inferiores	40 MPa
		Classe 1B	ARM		≤100	0		25 MPa
Bélgica	NBN B15-001 (BELGIUM, 2006)	ARC	ARC	Estrutural	≤20	0	Classes de exposição X0 e XC1	C30/C7
		ARM	ARM	Não estrutural	≤100	0	-	C16/20
Espanha	EHE-08 (MINISTERIO, 2008)	ARC	ARC	Estrutural	≤20	0	Exceto em concreto protendido	40 MPa
				Não estrutural	≤100	0		
	Sociedad Pública De Gestión Ambiental Del Gobierno Vasco (2011)	ARM	ARM	Não estrutural	≤100		-	C15
	GEAR-RT-04 (GREMIO, 2012)	ARH	ARC	Pré-fabricados de concreto	20 a 100	-	Condições climáticas favoráveis e sem exposição ao congelamento e descongelamento	-
		ARMh	ARC			-		-
		ARMc	ARM			-		-
	GEAR-RT-05 (GREMIO, 2012)	ARH	ARC	Misturas para concreto	-		-	Estrutural: 30 Mpa; Não estrutural 20 MPa
		ARMh	ARC		-		-	
		ARMc	ARM		-		-	
EUA	FDOT (FLORIDA, 2017)	ARC	ARC	Não estrutural	-	-	-	-
	TxDOT (TEXAS, 2014)	ARC	ARC	Não estrutural	-	-	-	-
	MDOT (MICHIGAN, 2012)	ARC	ARC	Não estrutural	-	-	-	-
Holanda	NEN 5905 (ROYAL, 2005)	ARC	ARC	Concreto	≤100	-	Condições climáticas favoráveis e ambientes não agressivos	C40/C50
		ARM	ARM		-			20 MPa
Hong Kong	WBCT N°12 (DEVELOPMENT,2002)	ARC	ARC	Estrutural	≤20	0	-	35 MPa
				Não estrutural	≤100	0	-	20 MPa
Inglaterra	BS 8500-2 (BRITISH,2002)	ARC	ARC	Estrutural	≤100	0	Classes de exposição X0, XC1, XC3,XC4, XF1, DC1	C40/C50
		AR	ARCE	Não estrutural	≤20	0		C16/20
	BRE DIGEST 433(BUILDING,1998)	AR I	ARCE		-	0	-	C20
		AR II	ARC	Estructural	-	0	-	C35
		AR III	ARM	Concretos	≤20	0	-	-
Japão	Building Contractors Society of Japan (1977)	AR	ARM	Não estrutural	≤100		Elementos de fundação	18 MPa
	JIS A 5021 (2005)	ARH	ARC	Estrutural	-		-	45 MPa
	JIS A 5022 (JAPANESE, 2006)	ARM	ARC		-		Não exposto ao gelo e ao degelo	
	JIS A 5023 (JAPANESE, 2007)	ARL	ARC	Não estrutural	≤100		-	-
Suíça	OT 70085 (JAPANESE, 2006)	ARC	ARC	Concreto	≤100		-	-
		ARM	ARM				-	-
Internacional	RILEM (1994)	AR Tipo 1	ARCE	Concreto	≤100	Não recomenda do	Ambientes secos e úmidos sem exposição química agressiva	C16/20

Fuente: *Estado do conhecimiento acerca de especificações técnicas e normativas para agregados reciclados de RCD. (Alberte, E. y Handro, J., 2021).*

En el libro "Bases de un código modelo para la tecnología de las obras de hormigón" (Giovambattista et al, 2019), se destina un capítulo a hormigones con características particulares. En el mismo se expresa que, de acuerdo a diferentes estudios realizados y antecedentes, el uso de un 30% en volumen de agregados reciclados gruesos y finos, las propiedades resistentes y durables de los hormigones reciclados son semejantes a las del hormigón convencional.

• SITUACIÓN ACTUAL. NORMAS TÉCNICAS DE AGREGADOS EN HORMIGÓN

Las normas IRAM regulan el uso de agregados gruesos (IRAM 1531) y finos (1512).

1. IRAM 1531:2016. AGREGADO GRUESO PARA HORMIGÓN DE CEMENTO

En su última versión establece la posibilidad de incorporar agregados reciclados y mixtos reciclados (mezcla que implica la presencia de agregados naturales o partidos y agregados reciclados) en mezclas en la elaboración de hormigones.

- La norma denomina agregado grueso reciclado a la fracción recuperada de hormigón de demolición de obras, trituración en planta de elementos prefabricados, trituracifón en planta elaboradora de restos de hormigón endurecido u obtenidos por lavado de restos de hormigón fresco, en ambos casos no colocados en obras.

- Los agregados gruesos mixtos corresponden a la fracción compuesta por la mezcla de áridos naturales o partidos o rocas partidas y agregados reciclados.

- Tiene incorporada la posibilidad de utilización de agregados gruesos reciclados y mixtos por hasta un 20% de los agregados totales del hormigón elaborado.

- Estos agregados gruesos reciclados pueden utilizarse en hormigones simples o armados de calidad Clase H-30 o inferior (resistencia característica máxima admitida 30 MPa).

- Establece que para condiciones diferentes deben realizarse estudios que demuestren su aptitud de uso.

- Fija criterios generales para morteros y hormigones sin diferenciar prestaciones de tipo estructural y no estructural.

- Se considera aceptable su uso en hormigones en ambientes con niveles de exposición tipo A1, A2, A3, M1, Q1 y C1 fijados por el reglamento CIRSOC 201:2005[4]. Con los ensayos y medidas que se requieran según el tipo de exposición.

4. El Reglamento CIRSOC 201:2005 establece los niveles de exposición en las Tablas: 2.1. Clases de exposición generales que producen corrosión de armaduras y 2.2. Clases específicas de exposición que pueden producir degradación distinta de la corrosión de armaduras de su Capítulo 2.

2. IRAM 1512:2013. AGREGADO FINO PARA HORMIGÓN DE CEMENTO

- Establece el uso de áridos finos naturales o de trituración, es decir, no incluye la incorporación de agregados reciclados y mixtos.

- Al igual que en la norma IRAM 1531, no fija criterios específicos para morteros y hormigones de acuerdo a la prestación (uso estructural y no estructural).

CEMENTOS Y SUS POSIBLES ADICIONES MINERALES

• SITUACIÓN ACTUAL, NORMAS TÉCNICAS DEL CEMENTO

Como se explicó en puntos anteriores, las normas IRAM vigentes diferencian cementos Portland de uso general, con propiedades especiales y para hormigones de uso vial para calzadas de pavimentos ejecutadas con terminadoras de alto rendimiento. (ver **tabla 1**). En la norma IRAM 50000 indica que se trata de cementos basados en clínker que pueden utilizarse en obras estructurales y no estructurales.

TABLA 1
Normas vigentes de cementos.

Norma IRAM edición vigente	Destino
50000: 2017 (incluye mod. 2019)	Cementos de uso general.
50001: 2019 (incluye mod. 2020)	Cementos con propiedades especiales.
50002: 2009 (incluye mod. 2017)	Cemento para hormigón de uso vial, aplicable con tecnología de alto rendimiento (TAR).
50003:2017	Cementos. Evaluación de la conformidad.
1685:2019	Cementos de albañilería.

Fuente: *Información basada en datos del Centro de documentación IRAM. 2021.*

1. IRAM 50000: 2017 (MOD. 2019). CEMENTOS DE USO GENERAL

Se permite el uso de adiciones minerales que se describen en la norma en las proporciones indicadas (ver **tabla 2**). El porcentaje de componentes minoritarios puede reducir el contenido de adiciones, y no el clínker + sulfato de calcio. (ver nota 1 de la tabla 1, IRAM 50000)

TABLA 2
Tipos de cementos y componentes Norma IRAM 50000:2017 mod. 2019.

Tipo de cemento	Destino		
	Clínker + sulfato de calcio	Adiciones	Compuestos minoritarios
Cemento Portland normal	100-95	-	0-5
Cemento Portland con filler calcáreo	94-75	6-25 – Filler calcáreo.	
Cemento Portland con escoria	94-65	6-35 - Escoria.	
Cemento Portland compuesto	94-65	(2 ó más adiciones) 6-35 - Puzolana y/o ceniza volante silícea+ escoria + filler y con filler calcáreo ≤ 25.	
Cemento Portland puzolánico	85-50	15-50 - Puzolana o ceniza volante silícea.	
Cemento de alto horno	64-25	36-75 - Escoria.	

Fuente: *Información extraída de la Norma IRAM 50000.*

- Adiciones minerales permitidas: Puzolana, ceniza volante silícea, escoria granulada de alto horno y filler calcáreo.

- Componentes minoritarios:

» Se permite la adición de componentes minoritarios del 5% como máximo.
» Se trata de minerales naturales o derivados del proceso de fabricación del clínker o adiciones minerales (escoria, filler calcáreo o puzolanas naturales o industriales) los cuales finamente molidos pueden agregarse en la

fabricación de los cementos. Algunos tipos de adiciones minerales no requieren molienda por tener finura adecuada en su proceso de producción.

- Pueden contribuir a mejorar propiedades como trabajabilidad, retención de agua y ser inertes o tener propiedades hidráulicas (levemente o latentes) o puzolánicas.

- La norma estipula que, de requerirlo el usuario, debe informarse la composición del cemento, no así de los componentes minoritarios.

2. NORMA IRAM 50001:2019 MOD. 2020. CEMENTOS CON PROPIEDADES ESPECIALES.

- Esta norma, trata específicamente de cementos que además de poseer alguna de las clasificaciones anteriores, poseen una o más propiedades especiales entre las siguientes:

Denominación
De Alta Resistencia Inicial - ARI
Altamente Resistente a los Sulfatos - ARS
Moderadamente Resistente a los Sulfatos - MRS
De Bajo Calor de Hidratación - BCH
Resistente a la Reacción Álcali-Agregado - RRAA
Blanco - B

Fuente: *Información basada en datos del Centro de documentación IRAM. 2021.*

- En cuanto a composición mantiene los requisitos indicados en la norma IRAM 50000 y adiciona requisitos especiales según sus propiedades.

3. NORMA IRAM 50002:2009 Y MOD. 2017

- Establece los requisitos para cementos para elaboración de hormigones de uso vial, para el diseño y la ejecución de calzadas de pavimentos con tecnología de alto rendimiento (TAR) que utilizan pavimentadoras con encofrados deslizantes.

- Son cementos con contenido acotado de adiciones minerales máximo de 20%. (ver **tabla 3**).

- Permiten el agregado de componentes minoritarios hasta un máximo de 5%. Tal como se mencionó en párrafos anteriores, esto descuenta del contenido de adiciones; no de la suma clínker + sulfato de calcio.

- Presentan buenas ventajas para pavimentos que requieren habilitación rápida de las obras o de las reparaciones (fast track), hormigones de alta resistencia y uso de encofrados deslizantes.

TABLA 3
Tipos de cementos y componentes Norma IRAM 50002:2009 mod. 2017.

Tipo de cemento	Destino		
	Clínker + sulfato de calcio	Adiciones	Compuestos minoritarios
Cemento Portland normal	100-95	-	0-5
Cemento Portland con filler calcáreo	94-80	6-20 – Filler calcáreo.	
Cemento Portland con escoria	94-80	6-20 - Escoria.	
Cemento Portland compuesto	94-80	(2 ó más adiciones) 6-20 - Puzolana o ceniza volante silícea + escoria + filler.	
Cemento Portland puzolánico	85-80	15-20 Puzolana o ceniza volante silícea.	

Fuente: *Información extraída de la Norma IRAM 50002.*

4. NORMA IRAM 1685:2019 . CEMENTOS DE ALBAÑILERÍA

- Se trata de cementos que combinan la utilización de clínker y productos que mejoran la trabajabilidad, fluidez y retención de agua para realizar trabajos de albañilería (no estructurales).

- Debe cumplir requisitos físicos relacionados con el tiempo de fraguado, finura, constancia de volumen, retención de agua, aire incorporado y mecánicos, una resistencia a la compresión aunque los requisitos son mínimos (≥4,5 MPa sobre prismas de mortero a la edad de 28 días).

- Esta norma no incluye requisitos de composición para los cementos de albañilería.

- Debe considerarse que el Reglamento CIRSOC 501: 2007: "Reglamento argentino de estructuras de mampostería", se establece que para uso estructural no se contempla el uso de cementos de albañilería.

- Se admite el uso de cemento de albañilería para morteros de asiento en juntas no reforzadas. No se prohíbe el uso de mezclas de revestimientos (revoques, enlucidos, etc.), que no se encuentran alcanzados por el CIRSOC 501.

OBRAS PÚBLICAS

• SITUACIÓN ACTUAL ESPECIFICACIONES

- Las obras públicas tienen el fin común de mejorar la calidad de vida de las personas y, en especial, la accesibilidad de sectores con menos recursos. Se encuentran en desarrollo planes nacionales para la ejecución de obras viales, de infraestructura y destinados a viviendas. A nivel nacional se ha establecido un Plan Estratégico de Desarrollo Territorial y una Plataforma de Proyectos y Obras Públicas. Se estima que un 37% del hormigón en obras corresponde a obras públicas.

- La Dirección Nacional de Vialidad (DNV) cuenta con pliegos de especificaciones vigentes relacionados con obras de hormigón:

» Pliego de especificaciones técnicas generales para pavimentos de hormigón (DNV, 2017).
» Pliego de especificaciones técnicas generales para pavimentos de hormigón, con aporte de hormigón reciclado (DNV, 2017).

- En ambos pliegos se estipula que los materiales deben ser aptos para los niveles de solicitaciones según la Tabla 2 de clasificación por tránsito (índices de tránsito: T1, T2, T3 y T4).

- El pliego de la DNV destinado a uso de hormigón establece que el triturado puede contener agregados provenientes de:

- La construcción, demolición, reforma y reparación de obras de hormigón estructural.
- La trituración en planta de elementos prefabricados de hormigón estructural.
- La trituración de restos de hormigón elaborado endurecido no colocado en obra.
- Recuperados en planta elaboradora por lavado de residuales de hormigón fresco no colocado en obra y elaborado con agregado grueso mixto.
- Cuando se utilizan hormigones reciclados sin suficientes antecedentes de su comportamiento, se deben realizar ensayos que demuestren su aptitud de desempeño.
- Permite el agregado grueso reciclado hasta el límite incluido en la Norma IRAM 1531, un 20% como máximo. No obstante, previa autorización del Supervisor de obra se permite exceder el límite en un 5%.
- No permite el uso de agregado fino reciclado.

REGLAMENTOS Y NORMATIVA SOBRE HORMIGÓN

• SITUACIÓN ACTUAL ESPECIFICACIONES

▪ El "Reglamento argentino de estructuras de hormigón CIRSOC 201: 2005" tiene alcance nacional y se encuentra vigente. El mismo entró en vigencia a partir del año 2013 y ha ido extendiendo su aplicación paulatinamente en diferentes jurisdicciones del país desde esa fecha al presente.

▪ El Reglamento aplica para el caso de hormigones de uso estructural, para estructuras de edificios destinados a viviendas, cocheras, locales públicos, depósitos e industrias, cuya masa por unidad de volumen esté comprendida entre 2000 y 2800 kg/m^3. No es de aplicación en obras de carácter no estructural.

▪ No incluye la posibilidad de incorporación de agregados reciclados en hormigones estructurales.

▪ Si bien se refiere a las normas en vigencia, en algunos casos los cambios normativos hacen que se refieran a normas que no se encuentran en vigencia.

- En el caso la norma IRAM 1666 las versiones que incluye (RAM 1666-1, 2 y 3) son versiones que no se encuentran en vigencias desde el año 2020. En dicho año la norma se actualizó e integró.

▪ La Norma IRAM 1666:2020 cuenta con una clasificación de clases de hormigón que se actualiza a valores superiores de desempeño en cuanto a resistencias. Incluye una nómina más amplia que la comprendida en la clasificación de tipos y calidades de hormigones que figura en el Reglamento CIRSOC 201: 2005, este último se encuentra desactualizado.

- Existe además un Reglamento CIRSOC 501: 2007 "Reglamento Argentino de Estructuras de Mampostería". En el mismo no indica actualmente la posibilidad de utilizar agregados reciclados, ni contempla una diferenciación por prestaciones.

DISTINCIONES BASADAS EN ECOEFICIENCIA DE MORTEROS, HORMIGONES Y SUS COMPONENTES

• SITUACIÓN ACTUAL

- La Asociación Argentina de Hormigón Elaborado cuenta con miembros que provienen de la industria elaboradora de hormigón, proveedores de insumos y materias primas, de equipamiento y maquinaria, medios de comunicación específicos y adherentes profesionales.

- De acuerdo a lo informado en la reunión con la misión IREK II, la AAHE cuenta con entre 200 y 250 empresas elaboradoras de hormigón en Argentina. De los informes estadísticos publicados hasta 2019 no resulta visible la cantidad exacta.

- De acuerdo al informe estadístico publicado 2015-2019 la producción de hormigón de empresas elaboradoras asociadas en 2019 fue de 5.436.186 m^3, un 48,6% de las mismas están ubicadas en CABA y localidades del área metropolitana.

- Existe una cantidad importante de empresas, que utilizan cemento y elaboran hormigones, que actualmente no aplican tecnologías y controles que enfoquen en una mejor calidad de producto final.

- Existen además, empresas que fabrican morteros y hormigones de carácter no estructural, o destinados a productos derivados para obras complementarias.

- Se requiere valorizar las tecnologías que resultan en un menor grado de agresividad hacia el medio y que reaprovechan subproductos que de otra manera se convierten en residuos de escaso valor económico y tecnológico.

- Existen certificaciones de productos por sus características tecnológicas y de desempeño, el INTI - Instituto Nacional de Tecnología Industrial tiene un papel fundamental en el tema.

- Desde áreas de gobierno se estudia la posibilidad de nuevas políticas asociadas a temas de la producción.

- Actualmente, los procesos relacionados con demoliciones suelen ser relativamente informales, en la mayoría de los casos no hay una adecuada segregación entre distintas corrientes, y se requiere una mayor trazabilidad.

- Existen plantas de reciclaje de residuos aunque se requeriría de una clasificación específica para los provenientes de construcciones, que posibiliten valorar y reusar agregados reciclados.

- Actualmente, la industrialización de hormigón y la generación de piezas en plantas industriales contribuyen a mejorar las pautas de control de los productos entregados, aunque se requeriría mayor industrialización para maximizar el aprovechamiento de agregados reciclados.

REGLAMENTOS DE CONSTRUCCIÓN Y/O EDIFICACIÓN DE GOBIERNOS LOCALES

• SITUACIÓN ACTUAL REGLAMENTARIA EN GOBIERNOS LOCALES

- En el país, existen regulaciones o normativas provinciales y municipales. En general, suelen tomar como referencia el reglamento nacional CIRSOC 201:2005 para el hormigón, aunque aún no se aplica en todo el país. Requiere en cada caso aprobación local. Algunas de las provincias que lo aprobaron incluyen a Tucumán (2006), Mendoza (2007), Salta (2008), Buenos Aires (2021), entre otras[5].

- Existe un reglamento CIRSOC 201 M: 96. "Proyecto, cálculo y ejecución de estructuras de hormigón armado y pretensado para obras privada municipales" que se encuentra vigente en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (INTI CIRSOC, 2001) y que, por los motivos ya expresados en puntos anteriores, se encuentra desactualizado.

- Dichas regulaciones adoptan las normas IRAM como parámetro de evaluación de la conformidad.

- Se requiere la inclusión de pautas de control de calidad de obras, sobre materiales sostenibles y procesos constructivos, que tiendan a la mejora del ciclo de vida de las construcciones.

- Se requieren incentivos y desincentivos a emplear soluciones que ofrezcan mejoras en los resultados de la huella ambiental de las construcciones, cuidando los criterios de seguridad según el tipo de uso y aplicación y simultáneamente, posibilitando mayor eficiencia en el consumo y uso de recursos.

5. https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc/reglamentos

PRINCIPALES CONDICIONES VINCULADAS AL USO DE HORMIGÓN RECICLADO

• GESTIÓN EMPRESARIAL

- Pocas elaboradoras de hormigón del país aplican las normas técnicas con certificación de tercera parte, en particular la IRAM 1666.

- Es inadecuada la gestión de los residuos en las obras y en las demoliciones, con ausencia de clasificación de tipos de residuos de la construcción.

- Baja proporción de hormigón reciclado utilizado en la producción de hormigón.

- Falta o escasez de información en el sector productivo y de los servicios sobre uso de tecnologías que generen el aprovechamiento de residuos como insumos de otros productos constructivos, y de formación de todos los niveles de las fuerzas de trabajo que intervienen en la industria de la construcción.

- Escaso fomento de su aplicación en obras tipificando el tipo y uso, así como características.

- Escaso análisis de ciclo de vida del producto y su mantenimiento con la mirada de la economía circular.

- Bajas barreras de entrada. La inversión y requisitos técnicos para instalar una planta de hormigón elaborado son bajos en comparación a otras industrias.

- Muy baja penetración de certificación de sistemas de gestión de la calidad en el sector (9001), y exigua en materia de certificación de sistemas de gestión ambiental (14001).

REGULATORIOS

- Las normativas y regulaciones no promueven, o promueven levemente, el uso de residuos de la construcción en la cadena productiva.

- Las normas técnicas, enfocadas en composición y no en funcionalidad del cemento y el hormigón, representan barreras para la reducción de emisiones y la eficiencia en el uso de recursos.

- Reglamentos desactualizados, en particular el "Reglamento de estructuras de hormigón armado CIRSOC 201: 2005".

- En los distintos niveles de gestión pública (nacional, provincial, local) involucrados en el desarrollo, aplicación y control del cumplimiento de normas, se generan escenarios diversos que no contribuyen al uso del hormigón reciclado.

- **DE MERCADO**

- El reconocimiento de productos sostenibles es bajo o inexistente, si bien hay una tendencia creciente a reconocerlos y valorarlos.

- Las crisis económicas representan oportunidades para explorar iniciativas que permitan reducir los costos de producción sin desmerecer los atributos de los productos.

- Necesidad de contar con financiamiento / incentivos para el desarrollo de procesos tecnológicos y de mejora de la productividad con enfoque en eficiencia de recursos y reducción de emisiones de GEIs.

- Especificación deficiente o incompleta de requisitos del usuario hacia su proveedor.

- Procesos de compra de hormigón elaboración fundamentalmente basados casi exclusivamente en el precio por metro cúbico. Bajo seguimiento de control de recepción.

- **ESTRUCTURALES**

- Las distancias y la logística entre las industrias cementeras hormigoneras y los centros de consumo inciden fuertemente en los costos, y en la huella de carbono de los productos.

- Informalidad en el sector de la construcción.

- Informalidad del mercado del reciclado en la construcción.

- Los residuos de la construcción son dispuestos de manera informal e ilegal como relleno y/o enviados a rellenos sanitarios, basurales o cavas, siendo desaprovechados.

- La escasa o nula segregación de los residuos de la construcción limita o dificulta el reciclado de las fracciones de mayor valor.

- El "bajo costo de disposición" limita el interés de utilizar los residuos de construcción / demolición como insumos en la generación de otros materiales.

- Ausencia de una red de servicios de asistencia técnica y ensayo federal que asista localmente a los productores de hormigón y a los usuarios en las necesidades de mejora de sus capacidades técnicas y el control de hormigones recibidos en obra.

3

Actores clave

El desarrollo de una propuesta requirió de una exploración de aquellos grupos de interés que intervienen en la industria de cementos y hormigones, tanto del sector privado, como del público, del académico, instituciones técnicas, organizaciones de los trabajadores, entre otros. A partir de allí se realizaron reuniones y entrevistas con distintos grupos con el fin intercambiar ideas e información, recabar los aportes de los sectores, las dificultades y oportunidades que desde cada perspectiva se observan, validar la propuesta consolidada.

DESTINATARIOS DEL PLAN

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Argentina.
- Ministerio de Desarrollo Productivo - Argentina.
- Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Seguridad Nuclear y Protección del Consumidor - Alemania.

• ACTORES DEL PROCESO

A continuación se presenta un mapa de actores clave por sector, individualizando aquellos considerados prioritarios en el proceso de elaboración y consulta del Plan.

FIGURA 9
Mapa de actores clave por sector.
Producción industrial del cemento Portland (AFCP).

(*) Actores involucrados en el proceso de consulta.

Actores
relevancia
A = Alta,
M = Media,
B = Baja.

▶ **Gobierno**
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible **A**.
- Ministerio de Desarrollo Productivo **A**.
- Ministerio de Obras Públicas **A**.
- Ministerio de Transporte **M**.
- Ministerio de Desarrollo Territorial y Hábitat **M**.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación **M**.

▶ **Organismos vinculados a normas técnicas – reglamentos**
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación - IRAM **A**.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles - CIRSOC **A**.

▶ **Asociaciones empresariales**
- Asociación de Fabricantes de Cemento Portland – AFCP **A**.
- Asociación Argentina del Hormigón Elaborado - AAHE **A**.
- Asociación Argentina del Hormigón Estructural AAHES **M**.
- Asociación Argentina del Bloque de Hormigón - AABH **M**.
- Cámara Argentina de la Construcción -CAMARCO **M**.
- Cámara Argentina de Empresarios Mineros -CAEM **B**.
- Cámara de la Piedra de la Provincia de Buenos Aires **B**.

▶ **Asociaciones profesionales**
- Consejo Profesional de Ingeniería Civil - CPIC **A**.
- Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo - CPAU **M**
- Colegio de Ingenieros de la la Provincia de Buenos Aires- CIPBA **M**.
- Centro Argentino de Ingenieros - CAI **M**.

▶ **Instituciones técnicas y tecnológicas**
- Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón – AATH **A**.
- Asociación de Ingenieros Estructurales - AIE **A**.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial – INTI **A**.
- Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica – LEMIT **A**.
- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – CONICET **M**.
- Sistema universitario **A**.

▶ **Gremios y sindicatos** (durante la implementación en la difusión y capacitación de actores de la producción).
- Unión Obrera de la Construcción – UOCRA **M**.
- Asociación Obrera Minera Argentina – AOMA **M**.

▶ **Proveedores - Materias primas y producto elaborado**
- Empresas cementeras.
- Empresas elaboradoras de hormigón.
- Empresas aditivos químicos/fibras.
- Proveedoras de adiciones minerales: escoria de alto horno, humos de sílice, puzolana.
- Fabricantes de premoldeados.
- Proveedoras de áridos.

3

Desarrollo del plan

1

Visión

Hacia 2030, Argentina es reconocida por sus pares por impulsar el desarrollo de una industria de materiales de construcción, en particular del cemento y del hormigón, más descarbonizados mediante estrategias de eficiencia de recursos y enfoque en la eficiencia de materiales.

Criterios de base e instrumentos de aplicación del plan

El eje del Plan se basa en promover una mayor eficiencia de recursos, principalmente a partir del reciclado del hormigón y otros materiales de construcción, para incrementar el uso tanto de agregados gruesos y/o finos reciclados en la elaboración de hormigón, como de finos cementicios reciclados en la fabricación de cemento. A continuación se presentan los instrumentos, pensados como medidas independientes entre sí, pero que pueden asimismo ser complementarias, inclusive, llevándose a la práctica en simultáneo.

Los cálculos de impacto y reducción de emisiones se realizaron utilizando información de base de la AFCP y AAHE respecto de los volúmenes de producción de cemento y hormigón respectivamente para el año 2019. Se aplicaron supuestos para cada medida en función al volumen de producción de hormigón que podría esperarse al 2030 aplicando la medida correspondiente. En particular, la siguiente tabla presenta una síntesis de los valores considerados para los cálculos de impacto y reducción de emisiones, cuyas fuentes pueden encontrarse en el ANEXO I "Fuente de datos e información utilizada para el análisis".

- 1% de reducción del factor clínker = **0,009 t CO_2/t cemento** (Fuente IPCC).
- 1 t de cemento factor clínker 70 = **0,547 t CO_2 emisión total (0,519 directa + 0,028 indirecta)** (Fuente AFCP).
- 1 t de cemento factor clínker 65 = **0,502 t CO_2** (estimado)[6].

6. Valor estimado hacia 2030, a partir de una reducción del factor clínker de 70 a 65 como valor consolidado. Dicha estimación es compatible con los objetivos estratégicos de la AFCP. "Factor clínker, según el criterio adoptado en la categoría "092a Clínker/Cement (eq) Factor del protocolo GNR (Getting The Numbers Right), versión 3.1. (Global Cement and Concrete Association -GCCA) https://www.cement-co$_2$-protocol.org/en/ Fecha 15-11-21

- El hormigón reciclado incorpora un 30% de agregado grueso reciclado = reducción de **0,019 ton CO_2/m³** hormigón.

» 1 m³ de hormigón tradicional emite por agregados gruesos **0,149 t CO_2** (Fuente ICPA).
» 1 m³ de hormigón con 30% de agregados gruesos reciclados emite por agregados gruesos **0,130 t CO_2** (Fuente ICPA).

Supuesto tomando una mezcla como ejemplo 135 kg/t de H° para aprox. 1100 kg de agregados equivale a 149 kg de CO_2 emitido por m³ de H°.

Reemplazo de agregado grueso tradicional por 30% agregado reciclado a la mezcla tomada como ejemplo. El valor de emisiones se reduce, equivale a 130 kg de CO_2 emitido/m³ de H°. (ICPA,2014)[7], CPIC (2017)[8], (Blanco-Carrasco, Hornung, and Ortner,2010)[9]. En general, en hormigones estructurales dependiendo del desempeño requerido, suele utilizarse agregados de trituración. Los mismos se obtienen por explotación en canteras a cielo abierto.

Su producción implica operaciones de voladuras, transporte interno, procesamiento por trituración y clasificación. Asimismo,los procesos de elaboración de hormigones incluyen transporte interno, manipulación y mezclado.

- Producción de cemento en 2019 - **11.923.660 t** (fuente AFCP)

- Producción de hormigón (AAHE + No AAHE y otros) en 2019 - **10.872.372 m³** (estimado en base a los datos de AAHE).

7. La Industria del Cemento y la Sostenibilidad. Tabla comparación de las características de un hormigón tradicional y uno "verde". Aporte a las emisiones de CO_2 Fuente: https://web1.icpa.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/La-industria-del-cemento-y-la-sostenibilidad-V-DIGITAL.pdf [Fecha: 31-08-2021].
8. Hormigón Sostenible en Argentina. Estado del Arte y Buenas Prácticas. Capítulo Explotación y producción e hormigones sostenibles. La Industria del Cemento y la Sostenibilidad. Fuente: https://issuu.com/documentoscpic/docs/cpic-hormigon-baja [31-08-2021] Pág. 53
9. Blanco-Carrasco, Hornung, and Ortner (2010). Qatar: Green Concrete Technologies. Towards a Sustainable Concrete Industry in Qatar. Fuente: https://issuu.com/oconsult/docs/towards_a_sustainable_concrete_industry 31-08-2021]. Pág. 22.

2

Instrumentos de estrategia

RESUMEN DE PROPUESTA DE INSTRUMENTOS

TABLA 4
Propuesta de Instrumentos.

Medida	Instrumentos-descripción
1	Adaptar las normas IRAM 1531 y 1512 hormigón con agregados reciclados o desarrollar una norma nueva de agregados reciclados.
2	Adaptar las normas de cementos IRAM 50000, 50001, 50002 y 1685 o desarrollar una norma nueva de adiciones minerales.
3	Incrementar el uso de hormigón reciclado en obras públicas.
4	Incorporar al CIRSOC un incremento en el uso de hormigón reciclado y cementos con adiciones minerales.
5	Contribuir al desarrollo de un sello de producción sotenible para el cemento y el hormigón reciclado.
6	Incorporar hormigón reciclado y cementos con adiciones minerales en reglamentos de construcción / edificación de gobiernos locales.

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN E IMPACTO

- Para la construcción de la matriz se analizaron las medidas seleccionadas determinando:

  - El período de tiempo estimado requerido para la implementación de la medida.
  - La meta de reducción de emisiones de CO_2eq anual estimada esperable al 2030.
  - La inversión estimada requerida para poner la medida en práctica.
  - La relación costo / beneficio, expresada en valor dólar/tonelada CO_2eq anual.
  - La priorización de acuerdo al grado de dificultad para su implementación en rangos de bajo, medio y medio-alto.

TABLA 5
Matriz de priorización e impacto.

Medida	Instrumentos descripción	Período de implementación (años)	Meta de reducción emisiones (t CO_2/año)[10]	Costos de aplicación (Dólar/año)	Relación costo / beneficio (Dólar/ t CO_2)	Dificultad de implementación
1	Adaptar las normas IRAM 1531 y 1512 hormigón con agregados reciclados o desarrollar una norma nueva de agregados reciclados.	0,5 - 1	93.000	36.000	0,39	Bajo
2	Adaptar las normas de cementos IRAM 50000, 50001, 50002 y 1685 o desarrollar una norma nueva de adiciones minerales.	1 - 2	537.000	90.000	0,17	Medio
3	Incrementar el uso de hormigón reciclado en obras públicas.	1 - 2	14.000	54.000	3,86	Bajo
4	Incorporar al CIRSOC incremento de hormigón reciclado y cementos con adiciones minerales.	2 - 5	21.500	150.000	6,98	Medio-alto
5	Contribuir al desarrollo de un sello de producción sostenible para el cemento y el hormigón reciclado.	2	72.000	54.000	0,75	Bajo
6	Incorporar hormigón reciclado y cementos con adiciones minerales en reglamentos de construcción / edificación de gobiernos locales.	3 - 5	15.500	150.000	9,68	Medio-alto

10. Comprende una estimación del esfuerzo requerido (honorarios de profesionales / instituciones) para la realización de estudios, elaboración de documentos técnicos y/o propuestas técnicas que faciliten la puesta en práctica de la medida correspondiente.

3

Pautas de desarrollo de medidas

Medida 1

Adaptar las normas IRAM 1531 y 1512 Hormigón con agregados reciclados o desarrollar una norma nueva de agregados reciclados.

TABLA 6
Resumen de la situación actual de agregados.

NORMA IRAM	PRESCRIPCIONES
1531:2916	• Permite incorporar agregados gruesos. reciclados y mixtos por hasta un 20%. • Requiere estudios de aptitud de uso. • Calidad hasta H-30. (hormigón simple o armado). • No diferencia uso estructural u otro uso. • Niveles de exposición tipo A1, A2, A3, M1, Q1 y C1.
1512:2013	• No permite uso de reciclados. • No diferencia uso estructural u otro uso.

Clase de Hormigones:

- El Reglamento CIRSOC-201:2005, establece clases de hormigones desde calidades H-15 hasta H-60 en la **tabla 2.7**. Resistencia de los hormigones. Los hormigones estructurales se ajustan a las clases ≥H-20.

- La Norma IRAM 1666:2020 (ver **tabla 6)** Clases de resistencias de los hormigones. establece clases de hormigones de calidades desde H-5 hasta H-100. Se adopta el mismo criterio ≥H-20.

ESTRATEGIA PROPUESTA

- **Actualizar las Normas de agregados existentes**, para uso en hormigones incorporando modificaciones que amplíen la posibilidad de utilización de agregados reciclados.

- **Desarrollar, opcionalmente una norma específica de agregados reciclados** que contemple su uso en morteros, hormigones y otros usos tales como suelos granulares, suelos mejorados, bases de pavimentos.

1. IRAM 1531 PROPUESTA PARA AGREGADOS GRUESOS

- **Establecer características diferenciales** según su utilización o prestación (uso estructural y no estructural) además de corresponder para hormigón simple sin armar y hormigón armado.

TABLA 7
Porcentaje admisible de incorporación de agregado grueso según uso estructural y no estructural.

CLASE DE HORMIGÓN	AGREGADO FINO RECICLADO VALORES LÍMITE PARA SU INCORPORACIÓN	
	Máximo (% en peso)	USOS
H-10 o inferior	100	No estructural. Simple sin armar. Obras menores y sin compromiso estructural y otros usos, bases granulares, rellenos, equipamiento urbano.
> H-10 y ≤ H-15	70	No estructural. Simple sin armar. Obras menores, obra pública, equipamiento urbano, aceras, tránsito peatonal bajo tránsito, elementos constructivos prefabricados, (ej.: bloques, placas de cerramiento).
> H-15 y ≤ H-25	50	Simple sin armar y armado No estructural y estructural (≥ H-20). Obras civiles estructurales, pavimentos, infraestructura pública.
> H-25 y ≤ H-35	30	
> H-35 y ≤ H-45	20	
> H-45 y ≤ H-60	10	Simple sin armar y armado obras con parámetro de módulo de elasticidad y otros vinculados a calidad y desempeño en obra.
> H-60	5	

NOTAS:

A. La tabla es específica para el uso de agregados mixtos y reciclados en morteros y hormigones simples y/o armados.

B. En los casos de hormigones de calidad superior a H-35 el proveedor de hormigón debería realizar estudios para evaluar la posibilidad de inclusión de agregados mixtos y reciclados.

C. Se recomienda, para casos de hormigones Clase H-45 o superior, que se especifiquen módulo de elasticidad u otros ensayos de aptitud que se vinculen al tipo de obra y aseguren la calidad y desempeño del hormigón a aplicar. Tales como: permeabilidad por penetración de agua, succión capilar, contracción por secado, desgaste, reacciones potenciales por agresividad como reacción álcalis- agregado RAS, congelamiento y deshielo, etc.).

D. En el caso de hormigones pretensados, para su aplicación, el proveedor deberá realizar estudios que aseguren que el hormigón a utilizar cumplirá con los requisitos de calidad y desempeño especificados.

E. Cuando se trate de morteros cementicios aplicados a productos de la construcción se posibilite la inclusión de agregados reciclados, para casos tales como baldosas, morteros premezclados utilizados en tareas de albañilería, elementos premoldeados, etc.

F. Cuando se trate de mampostería de tipo estructural, dado que el Reglamento CIRSOC 501:2007 no indica la posibilidad de utilizar agregados reciclados, es conveniente realizar estudios comparativos complementarios para asegurar el desempeño adecuado de los morteros utilizados y el cumplimiento de las especificaciones.

2. IRAM 1512 PROPUESTA PARA AGREGADOS FINOS

- En hormigones de Calidad H-30 o inferior de uso estructural pueden incorporarse hasta un 30% en volumen respecto del total de agregados.

- En hormigones de uso no estructural H-10 o inferior podrán incorporar hasta un 100% de agregado reciclado.

- En otros casos el proveedor debería realizar estudios complementarios que aseguren la calidad y aptitud del hormigón requeridas de acuerdo al tipo de obra.

- Se recomienda la definición de otros parámetros como requisitos tales como el módulo de elasticidad o ensayos complementarios para asegurar su du-

rabilidad en el caso de hormigones estructurales tales como, permeabilidad por penetración de agua, succión capilar, contracción por secado, desgaste, reacciones potenciales por agresividad como reacción álcalis- agregado RAS, congelamiento y deshielo, etc.

TABLA 8
Porcentaje admisible de incorporación de agregado fino según uso estructural y no estructural.

CLASE DE HORMIGÓN	AGREGADO FINO RECICLADO VALORES LÍMITE PARA SU INCORPORACIÓN	
	Máximo (% en peso)	USOS
H-10 o inferior	100	No estructural. Simple sin armar. Obras menores y sin compromiso estructural y otros usos, bases granulares, rellenos, equipamiento urbano
> H-10 y ≤ H-15	50	Simple sin armar, no estructural. Obras menores, obra pública, equipamiento urbano, aceras, tránsito peatonal bajo tránsito, elementos constructivos prefabricados, (ej.: bloques, placas de cerramiento).
> H-15 y ≤ H-30	30	Simple sin armar y armado uso estructural. Obras civiles estructurales, pavimentos, infraestructura pública.

APLICACIÓN SEGÚN CONDICIONES AMBIENTALES

Se podrán utilizar los agregados gruesos y finos considerando estudios adicionales de acuerdo a las condiciones ambientales de su utilización. (ver **tabla 9**), donde se aprecian las diferencias comparativas entre la situación actual y la propuesta.

En el caso de morteros y hormigones de uso no estructural posibilidad de incorporación hasta los límites indicados en la tabla.

- Hormigones de ≤H-20 de uso no estructural sin armadura, no presenta límite de aplicación por exposición sobre temas de corrosión.

- Los hormigones de uso estructural deberán cumplir estrictamente con condiciones de resistencia y durabilidad de acuerdo a los niveles de exposición planteados en los reglamentos.

- Se deberán realizar los estudios necesarios a los efectos de asegurar la calidad y aptitud de las estructuras en servicio.

- Para H-45 o superior deben especificarse módulo de elasticidad u otros ensayos que se vinculen al tipo de obra y aseguren la calidad y desempeño del hormigón a aplicar.

TABLA 9
Comparación situación actual vs. propuesta.

Pautas características	Actual	Propuesta - Rangos						
Tipo de hormigón	< H-30	>H-60	>H-45-≤H-60	>H-35-≤H45	>H-25-≤35	>H-15-≤H-25	>H-10-≤H15	≤ H-10
Uso hormigón		Estructural simple y armado					Simple sin armar	
A. Grueso reciclado (volumen/total de agregados en %)	20	≤ 5	10	20	30	50	70	100
A. Fino reciclado (volumen/total de agregados en %)	No permite	No se incorpora			≤ 30		50	100
RAS (si corresponde)	Verificar	Verificar					---	---
Módulo de Elasticidad Estático	---	Establecer y verificar			Según tipo de obra		---	---
Límite por exposición	A1, A2, A3, M1, C1, Q1	A1, A2, A3						
			M1, M2					
			C1					
				Q1				

ESCENARIO SUPUESTO APLICACIÓN

1. Información de base

Agregados en hormigón	Cantidad m^3 H°	t CO_2eq/ m^3 H°	Fuente
Áridos gruesos	1	0,149	ICPA, 2015
Supuesto con un 30% de agregados gruesos reciclado	1	0,130	ICPA, 2015
m^3 de hormigón AAHE (sólo emisiones por agregados gruesos)	5.436.186	809.992	AAHE, 2019
m^3 de hormigón estimado hormigoneras No AAHE + constructoras + premoldeados	5.436.186	809.992	Estimado
Supuesto hormigoneras AAHE+ NO AAHE + constructoras + premoldeados	10.872.372	1.619.984	Estimado

Se estima que para 2030 el 60% de las empresas miembro de la AAHE y el 30% del resto, apliquen la normativa IRAM modificada.

2. Cálculo de emisiones según escenario supuesto

Se estima que una vez modificadas las normas IRAM, correspondientes a agregados gruesos, al 2030 un 60% de la producción de hormigón de las empresas miembro de la AAHE y un 30% del resto de las plantas estarán aplicando dichas normas.

IRAM Agregados promedio 30% agregado grueso reciclado	Cantidad m^3 H°	t CO_2eq/m^3 H°	Fuente
Plantas de AAHE – Supuesto aplicación 60% de la producción	3.261.712	0,019	61.973
Resto de Plantas – supuesto aplicación 30% de la producción	1.630.856	0,019	30.986
Total			92.959

RESUMEN

- **Propuesta:** incorporar valores máximos de agregados reciclados en función al tipo y funcionalidad del hormigón.
- **Supuesto:** el 60% de la producción de plantas asociadas a AAHE y 30% de la producción de plantas no asociadas a AAHE aplican las normas y los nuevos máximos. Se ha considerado el escenario solo el uso de agregados gruesos reciclados hasta un 30%.
- **Reducción de emisiones esperada:** 93.000 t CO_2eq/año.

Medida 2

Adaptar las normas de cementos IRAM 50000, 50001, 50002 y 1685 o desarrollar una norma nueva adiciones minerales.

TABLA 10
Resumen situación actual cementos.

NORMA IRAM	PRESCRIPCIONES
50000 y 50001	• Fijan rangos de contenido de clínker de acuerdo a la clasificación de cementos. • Permiten la incorporación de adiciones minerales con valores límites según la clasificación de cementos. • Incluyen en su composición componentes minoritarios hasta un 5%. • No menciona la posibilidad de utilizar originados de residuales de demolición de hormigones como adiciones o componentes minoritarios.
50002	• Fijan rangos de contenido de clínker de acuerdo a la clasificación de cementos. • Permiten la incorporación de adiciones minerales con valores límites menores que no superan el 20%, según la clasificación de cementos. • Incluyen en su composición componentes minoritarios hasta un 5%. • No mencionan la posibilidad de utilizar originados de residuales de demolición de hormigones como adiciones o componentes minoritarios.
1685	• No mencionan la posibilidad de utilizar originados de residuales de demolición de hormigones como adiciones o componentes minoritarios.

ESTRATEGIA PROPUESTA

▪ Adaptar las normas de cementos IRAM 50000, 50001, 50002 y 1685 o desarrollar una norma nueva adiciones minerales.

» Se plantea la actualización de las normas incorporando la adición de finos cementicios.
» Opcionalmente, desarrollar una norma que estudie las características y requisitos de adiciones minerales de finos cementicios.

1. ADAPTACIÓN DE NORMAS IRAM 50000, 500001, 50002 Y 1685

- Incorporar en el 5% de compuestos minoritarios la posibilidad de reemplazo por recuperados de hormigones de demolición.

- Incorporar como un tipo de adición mineral recuperados.

- Desarrollar una norma que defina las características y requisitos (físicos y químicos) que deben cumplir los recuperados para ser utilizados como adición mineral. Fijar pautas para su trazabilidad.

- En el caso de cementos de albañilería, posibilitar la adición de como componente minoritario, incrementando dichos aporte hasta un 15%, previa realización de estudios de factibilidad y aptitud de los materiales. Deberá cumplir los requisitos de desempeño especificados frente al desgaste, en los casos en que corresponda.

- Se plantea disminuir el factor clínker en un 5%, llevándolo a 65% ponderando las tipologías de cementos.

- Adicionalmente, en morteros de albañilería de uso comercial se propone utilizar agregados reciclados entre un 50 - 70%, realizando estudios de aptitud que demuestren su desempeño adecuado a las prestaciones requeridas.

Escenario supuesto aplicación

1. Información de base

Cemento clínker	Factor clínker	t CO_2eq/t cemento	Fuente
Actual	70	0,547	AFCP, 2019
Por cada punto de factor clínker reducido	1	0,009	IPCC, 2006 AFCP, 2019
Meta 2030 AFCP	65	0,502	Estimado

2. Cálculo de emisiones según escenario supuesto

IRAM Cementos reducción factor clínker (100% cemento aplica)	Cemento [t]	t CO_2eq	t CO_2eq/año evitadas
Con factor clínker 70	11.923.660	6.522.2427	
Si el 100% del cemento pasa a factor clínker 65	11.923.660	5.985.667	
Total		5.985.667	536.565

RESUMEN

- **Propuesta:** incorporar valores máximos de adiciones minerales, incluyendo reciclados, en función al tipo y funcionalidad del cemento.
- **Supuesto:** el 100% del cemento se elabora con factor clínker 65%.
- **Reducción de emisiones esperada:** asciende a 536.565 t CO_2eq/año.

Medida 3

Incrementar el uso de hormigón reciclado en obras públicas.

TABLA 11
Situación actual: obras públicas.

Pliegos/ normativas	PRESCRIPCIONES
GENERAL	• Se estima que un 37% de uso de hormigón en obras corresponde a obras públicas. • Las obras públicas se orientan a generar mejoras de accesibilidad de sectores con menos recursos. • Planes nacionales en desarrollo (obras viales, de infraestructura y viviendas).
DNV	• Existe un pliego que permite el uso de hormigón reciclado.

ESTRATEGIA PROPUESTA

- Adaptación de pliegos destinados a obras viales (DNV) con la incorporación de los requisitos establecidos en los puntos Medidas de estrategia 1 y 2. Además, debe considerarse las cuestiones reglamentarias planteadas en la Medida 4.

- Adaptación de otros pliegos de obras públicas con la incorporación de hormigones reciclados y sus agregados considerando las prestaciones estructurales y no estructurales; obras menores y complementarias; de obras de arte o equipamiento urbano.

- Fijar pautas para realizar la trazabilidad de materiales reciclados utilizados y su control en las obras.

- Inclusión de pautas que valoren a proveedores del Estado que utilizan materiales sostenibles en planes de evaluación de proveedores (licitaciones públicas).

- Se ha planteado como supuesto un escenario con una aplicación en un 50% de la obra pública, y que contaría con la aplicación de un 30% de la producción de plantas asociadas a AAHE y un 45% de la producción del resto de las plantas no asociadas AAHE.

ESCENARIO SUPUESTO DE APLICACIÓN

Se han tomado como base los datos de producción anteriormente indicados. Se considera una medida adicional a las medidas 1 y 2.

Incrementar uso de hormigón reciclado en obras públicas*	Hormigón [m³]	t CO_2eq /m³ Hª evitadas	t CO_2eq/año evitadas
Plantas de AAHE - suponiendo aplicación 30% de plantas	301.708	0,019	5.732
Resto de plantas - suponiendo aplicación 45% de plantas	452.562	0,019	8.599
Total			14.331

** Suponiendo un 37% del hormigón elaborado corresponde a obra pública.*

RESUMEN

- **Propuesta:** incorporar en los pliegos de obras públicas valores máximos de agregados reciclados en función al tipo y funcionalidad del hormigón.
- **Supuesto:** se aplica al 50% de las obras públicas. El 30% de la producción de plantas AAHE y al 45% de la producción de plantas no AAHE aplican los nuevos máximos.
- **Reducción de emisiones esperada:** asciende a 14.000 t CO_2eq/año.

Medida 4

Incorporar al CIRSOC incremento de hormigón reciclado y cementos con adiciones minerales.

TABLA 12
Situación actual: reglamentos.

Pliegos/ normativas	PRESCRIPCIONES
IRAM 1666:2020 CIRSOC 201:2005	• Regula sobre hormigones de uso estructural. No aplica sobre obras no estructurales. • Incluye normas cuya vigencia ha sido superada como la IRAM 1666-1,2 y 3. La Norma ha sido actualizada e integrada en 2020. • La Norma IRAM 1666 cuenta con una clasificación de clases de hormigón que se actualiza a valores de desempeño en resistencia superiores. • Dichos valores no coinciden con la clasificación de tipos y calidades de hormigones que figura en el Reglamento CIRSOC 201: 2005, este último se encuentra desactualizado. • El Reglamento y la Norma no diferencian entre obras estructurales y no estructurales. • El Reglamento no incluye la posibilidad de utilizar agregados reciclados. • El CIRSOC 201:2005 fue aprobado varios años después de su diseño, entró en vigencia en 2013. Su obligatoriedad es sobre obras públicas.
CIRSOC 501: 2007	• Está destinado a mampostería de tipo estructural. • En el mismo no indica la posibilidad de utilizar agregados reciclados. Debería actualizarse y diferenciarse por prestaciones.

ESTRATEGIA PROPUESTA

▪ Desarrollar una resolución de actualización reglamentaria que incluya un anexo destinado a hormigones reciclados que incorpore en:

» El Capítulo 3 Materiales: los cambios propuestos en Normas IRAM de agregados y Normas IRAM de cementos. (ver medidas 1 y 2).
» En el Capítulo 4: en los requisitos de gestión de la calidad de plantas elaboradoras, la utilización y controles sobre agregados reciclados.

» Se estudie la influencia de uso en climas extremos (frío y cálido) e incorpore condiciones de utilización en hormigones estructurales.

- Otra opción es proponer un documento o guía que aporte la posibilidad de uso de agregados reciclados en hormigones estipulando pautas específicas de evaluación de desempeño de acuerdo al tipo de prestación.

- Se plantea un escenario futuro con un supuesto en el que se aplica al 75% de la obra pública y lo cumplimentan el 30% de plantas asociadas a AAHE y un 45% del resto de plantas no asociadas a AAHE.

ESCENARIO SUPUESTO DE APLICACIÓN

Se han tomado como base los datos de producción anteriormente indicados. Se considera una medida adicional a las medidas 1 y 2.

Incorporar al CIRSOC incremento de hormigón reciclado y cementos con adiciones minerales *	Hormigón [m³]	t CO_2eq/m³ Hª evitadas	t CO_2eq/año evitadas
Plantas de AAHE - suponiendo aplicación 30% de plantas	452.562	0,019	8.599
Resto de plantas - suponiendo aplicación 45% de plantas	678.844	0,019	12.898
Total			21.497

** Suponiendo un 37% del hormigón elaborado corresponde a obra pública.*

RESUMEN

- **Propuesta:** incorporar mediante una resolución valores máximos de agregados reciclados en función al tipo y funcionalidad del hormigón.
- **Supuesto:** aplica al 75% de las obras públicas. El 30% de la producción de plantas asociadas a AAHE y el 45% de la producción de plantas no asociadas a AAHE aplican los nuevos máximos.
- **Reducción de emisiones esperada:** asciende a 21.500 t CO_2eq/año.

Medida 5

Contribuir al desarrollo de un sello de producción Sostenible para el hormigón reciclado y productos derivados de su uso.

TABLA 13
Situación actual: distinciones.

AAHE	• Aproximadamente 250 empresas en 2019. • Las empresas elaboradoras asociadas, en 2019 produjeron 5.436.186 m^3. Un 48,6% de las mismas está ubicada en CABA y localidades del área metropolitana. • Los procesos relacionados con demoliciones suelen ser relativamente informales. Se requiere mayor trazabilidad. • Existen algunas plantas de reciclaje, pero se requeriría una clasificación específica para residuos de la construcción.
Certificaciones de productos	• Se realizan certificaciones de productos en cuanto a tecnologías y desempeño. El INTI tiene un papel importante en estas evaluaciones. En cementos, por ejemplo, se aplica. • Existen auto-declaraciones de sostenibilidad de producto.
Distinciones gubernamentales por eco eficiencia	• No existen distinciones o incentivos relacionados con el tema actualmente, aunque se realizan proyecciones desde el gobierno. • Se requieren políticas que valoricen el uso eficiente de recursos en proveedores y la construcción.

ESTRATEGIA PROPUESTA

- Desarrollar un Sello de Producción Sostenible que aplique a hormigones y productos que utilicen en su composición morteros y hormigones reciclados.

- Su evaluación y calificación implica el cumplimiento de incorporación de reciclados en morteros y hormigones, el cuidado de uso de recursos en su elaboración, la fijación de parámetros de control de calidad en su producción y que sus materiales componentes recurran al reaprovechamiento de recursos.

- Promover la difusión de conocimientos y tecnologías de uso eficiente de los recursos, reaprovechamiento de recursos y mejora del ciclo de vida de materiales, en especial, hormigón e insumos para su elaboración.

- La mejora del ciclo de vida, representa una mayor durabilidad de la obras, minimizando las actividades de mantenimiento y reparación, que implican costos, nuevo uso de recursos y tecnologías y hasta pueden afectar temas de seguridad.

- Establecer una evaluación o auditoría para la obtención del sello y un organismo de evaluación de la conformidad que puede encabezar el INTI.

- Deben incluirse pautas que valoren proveedores del Estado con uso de materiales sostenibles en planes de evaluación de proveedores (licitaciones públicas).

- Complementariamente, sería conveniente impulsar políticas públicas con incentivos para promover la inclusión de tecnologías en la producción de los materiales, y la generación de plantas de reciclaje de diferentes rangos para facilitar la reutilización de hormigones residuales y otros productos aplicables a obras.

ESCENARIO SUPUESTO DE APLICACIÓN

Se han tomado como base los datos de producción anteriormente indicados. Se considera una medida adicional, en parte, a las medidas 1 y 2.

Desarrollo de un Sello de Producción Sostenible	Hormigón [m³]	t CO_2eq /m³ Hª evitadas	t CO_2eq/año evitadas
Plantas de AAHE - suponiendo aplicación 50% de plantas	2.718.093	0,019	51.644
Resto de plantas - suponiendo aplicación 20% de plantas	1.087.237	0,019	20.658
Total			72.301

RESUMEN

- **Propuesta:** desarrollar un sello de producción sostenible de cemento y de hormigón reciclado incorporando criterios de sostenibilidad (incluyendo valores máximos de agregados reciclados para el hormigón) en función al tipo y funcionalidad del cemento y del hormigón.
- **Supuesto:** el 50% de la producción de plantas asociadas a AAHE y el 20% de la producción de plantas no asociadas a AAHE aplican los criterios.
- **Reducción de emisiones esperada:** asciende a 72.000 t CO_2eq/año.

Medida 6

Incorporar hormigón reciclado y cementos con adiciones minerales en reglamentos de construcción / edificación de gobiernos locales.

TABLA 14
Situación actual: regulaciones de gobiernos locales.

REGULACIONES	• Existen regulaciones o normativas de gobiernos locales distribuidas en el país. • Suelen tomar como referencia al reglamento nacional CIRSOC 201:2005, aunque no es aplicado en la total del país. Se requiere en cada caso aprobación local. • Reglamento CIRSOC 201 M:1996 para obras privada municipales, está actualmente vigente en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. • Se requiere de una actualización de los reglamentos, algunas de las normativas que mencionan, han sido modificadas o reemplazadas. • Las calidades de hormigón que mencionan están desactualizadas e incluso han sido ampliadas en la normativa IRAM (IRAM 1666, 2020). • Adoptan como normativas las normas IRAM. • No se incluye en sus contenidos la utilización de materiales sostenibles, como hormigones reciclados y sus componentes.

ESTRATEGIA PROPUESTA

- Promoción de la articulación con programas ministeriales y provinciales, vinculados a obras públicas infraestructura y vivienda.

- Promover la incorporación de al menos el 30% de hormigon reciclado.

- Diseñar e implementar una estrategia de capacitación en plantas locales sobre actualizaciones normativas y propuestas reglamentarias.

- Promover el uso reciclado en obras no estructurales y menores.

- Realizar estudios tendientes a evaluar factibilidad de utilización en zonas sísmicas para obras menores.

- Se requiere la inclusión de pautas de control de calidad de obras sobre materiales sostenibles y procesos constructivos que tiendan a la mejora de la ciclo de vida de las construcciones tendientes a:

» Preservar su durabilidad.
» Minimizar las actividades de mantenimiento y reparación.

▪ Se plantea un escenario con un supuesto donde se aplica la utilización de hormigones reciclados en un 10% de plantas asociadas a AAHE y un 5% del resto de plantas no asociadas a AAHE.

▪ ESCENARIO SUPUESTO DE APLICACIÓN

Se han tomado como base los datos de producción anteriormente indicados. Se considera una medida adicional a las medidas 1 y 2. La Medida 5 colaboraría en su aplicación.

Incorporación en reglamentos de construcción / edificación en gobiernos locales.	Hormigón [m³]	t CO_2eq /m³ Hª evitadas	tCO_2eq/año evitadas
Plantas de AAHE - suponiendo aplicación 5% de plantas	543.619	0,019	10.329
Resto de plantas - suponiendo aplicación 10% de plantas	271.809	0,019	5.164
Total			15.493

RESUMEN

- **Propuesta:** desarrollar y/o adaptar capítulos de hormigón reciclado y cementos con adiciones minerales para ser incorporados en los reglamentos de construcción y/o edificación de gobiernos locales provinciales y municipales.
- **Supuesto:** el 10% de la producción de plantas AAHE y 5% de la producción de plantas no AAHE aplican los criterios.
- **Reducción de emisiones esperada:** asciende a 15.500 t CO_2eq/año.

3

Barreras de implementación

El desarrollo de las medidas 1 a 6, detalladas anteriormente, requerirá atender barreras que puedan presentarse, limitando la aplicación de los nuevos criterios para reducir el impacto, a nivel de uso de recursos y generación de emisiones, de GEIs. Las medidas propuestas deberán atenderse en forma particular teniendo en cuenta:

- Potenciales resistencias de las empresas y la cadena de valor, por cuestiones culturales, tecnológicas y financieras, entre otras.
- Diferencias regionales a la hora de incorporar nuevas tecnologías.
- Baja disponibilidad de instrumentos financieros e incentivos para las empresas.
- Falta de consensos necesarios para implementar algunas medidas.
- Disponibilidad de hormigón a ser reciclado en grandes centros urbanos y pequeñas poblaciones.
- Informalidad del mercado del reciclado de la construcción.
- Deficiente gestión de los residuos de la construcción en obras.
- Falta de información/conocimiento respecto de las posibilidades / beneficios del uso de materiales reciclados de la construcción.

4

Hoja de ruta

Actividades que contribuyen a una hoja de ruta

El desarrollo y posterior implementación de las medidas propuestas, requerirán el involucramiento de actores públicos, privados y del ámbito académico. Será necesario llevar adelante diversas actividades que contribuyan a superar las barreras que se pudieran plantear, a la vez que acelerar el proceso de aplicación de las mismas por parte de las empresas productoras de cemento y hormigón. Esto, con miras a lograr el mayor impacto posible a nivel de eficiencia en el uso de los recursos y en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero al 2030.

Las medidas que se proponen no producirán efecto por sí solas, las metas se alcanzarán si las iniciativas coexisten y son simultáneamente exitosas. Será necesario que las normas IRAM lo permitan; que el Reglamento CIRSOC lo admita; que las políticas públicas fomenten su uso; que los productores de hormigón eleven sus estándares de calidad y buenas prácticas productivas; que exista un flujo de residuos de construcción y demolición constante, clasificado y de características estables en el tiempo; que sea económica, ambiental y climáticamente conveniente.

Serán imprescindibles las políticas e instrumentos de gestión pública, de desarrollo de capacidades tanto en las empresas como en el ecosistema en el que se desarrollan, de generación de conocimiento y difusión del mismo al mercado, entre otros. A continuación se presentan, en forma enunciativa pero no taxativa, algunas actividades enmarcadas en esta lógica:

INCENTIVOS

- A la producción sostenible, la eficiencia de recursos y la economía circular, facilitando a las empresas que industrializan el cemento y el hormigón la incorporación de agregados reciclados en sus respectivas producciones.

- A la investigación y desarrollo de soluciones tecnológicas que incrementan la eficiencia de recursos y reducen las emisiones de GEIs.

- Al mercado, que contribuyan a la toma de decisiones por parte de los inversores, compradores y usuarios priorizando productos más sostenibles y con menores emisiones de GEIs.

REGULACIONES

- Actualización de marcos normativos, como por ejemplo, en lo que respecta a la gestión de residuos de la construcción y el reconocimiento de residuos como subproductos que puedan ser utilizados en nuevos procesos productivos.

- Refuerzo de los controles y sanciones que contribuyan a mejorar la gestión de los residuos de la construcción, promoviendo un mayor aprovechamiento de los mismos como insumos de otros procesos productivos.

- Desarrollo de instrumentos que promuevan un mayor uso de materiales residuales de construcción como materia prima en la elaboración de cemento y hormigón.

DE MERCADO

- Inclusión de pautas que valoren proveedores del Estado con uso de materiales sostenibles en planes de evaluación de proveedores (licitaciones públicas).

- Inclusión de pautas de control de calidad de obras con materiales sostenibles.

- Desarrollo de sistemas de reconocimiento como premios y otros a productos con mayor proporción de material reciclado y empresas que aplican los criterios de eficiencia de recursos y reducción de emisiones.

- Facilitación de trámites administrativos (por ejemplo: aprobación de proyectos constructivos) a obras que incorporen materiales con mayor proporción de reciclados

TECNOLÓGICOS

- Desarrollo de estudios técnicos que avalen el uso de mayor proporción de materiales reciclados en la elaboración de cemento y hormigón.

- Promoción de la investigación y desarrollo de materiales sostenibles y procesos constructivos amigables en organismos públicos como INTI y universidades.

INFORMACIÓN

- Difusión del uso responsable de materiales y hormigones sostenibles.

- Promoción del consumo sostenible de cementos y hormigones con mayor proporción de material reciclado.

- Campañas de difusión de los beneficios del uso de mayores proporciones de material reciclado en la elaboración de cementos y hormigones.

- Promoción de prácticas de uso eficiente de recursos en infraestructura pública, tales como el aprovechamiento de insumos y subproductos derivados de actividades tales como las demoliciones y subproductos generados en todas las instancias de los procesos industriales y de construcción de obras.

FORMACIÓN

- De actores de la cadena de valor.

» Industria de la construcción y servicios de apoyo
» PyMEs en especial.

- Talleres con representantes sectoriales y multisectoriales insertos en la cadena de valor.

5

Conclusiones

A partir de la elaboración de esta propuesta de medidas, se evidencia el aporte de las mismas a la reducción de las emisiones de GEIs en el sector. Sin embargo, estas medidas no son las únicas que contribuyen a esta reducción de emisiones, sino que complementan aquellas destinadas a mejorar la eficiencia energética, incorporar una mayor proporción de energías renovables y/o combustibles alternativos, capturar carbono, entre otras que vienen explorando las empresas del sector, tanto en la fabricación de cementos como de hormigones.

El proceso de elaboración de las medidas, incluyó la consulta a actores clave del sector privado, del público y de la academia. Permitió realizar una aproximación metodológica válida, para analizar la factibilidad y el alcance de las mismas, así como explorar las barreras y los requerimientos para su instrumentación.

Unas primeras conclusiones del estudio realizado permite anticipar que:

- Es factible la implementación de las medidas considerando la tecnología existente, las posibilidades técnicas y la viabilidad económica.

- La potencial reducción de emisiones tendría alto impacto a nivel nacional.

Reducción potencial de emisiones

- **630.000 t CO_2eq / año**.
- Representa **más del 3% de las emisiones** en el sector de procesos industriales.

- Es necesario que el gobierno se involucre en forma proactiva en el desarrollo e implementación de las medidas.

- Las medidas propuestas representan un salto tecnológico con impacto directo en la reducción de emisiones, con un impacto social positivo.

- Estas medidas buscan contribuir a la reducción de las emisiones, y también a una menor presión sobre el ambiente disminuyendo la necesidad de materiales vírgenes en las canteras.

Sin embargo, como toda propuesta, su implementación deberá atender a cuestiones clave que permitan superar las barreras identificadas. Se requerirá del desarrollo de actividades e iniciativas en paralelo que contribuyan a acelerar el proceso de internalización en el seno del sector productivo, a partir de la construcción de acuerdos y el trabajo colaborativo entre los distintos actores.

Los resultados de la aplicación de un plan específico requieren del involucramiento de las partes interesadas del ámbito público y privado y de la sociedad en su conjunto:

- En el ámbito privado: las áreas productivas, proveedores de insumos, las empresas constructoras, las organizaciones de servicios, las cámaras empresarias.

- En el ámbito académico / profesional: las organizaciones técnicas y cámaras profesionales, las universidades y centros de investigación.

- En el ámbito público: las áreas de regulación y promoción de desarrollo productivo, ambiente y desarrollo sostenible, innovación y desarrollo tecnológico, trabajo.

Es desafiante el camino por delante, pero con iniciativas como la presente, seguramente se podrán lograr avances hacia una mejora en la competitividad de los sectores productivos, con un menor impacto sobre los recursos y una menor contribución al cambio climático.

4

Anexos

1

Anexo I

FUENTE DE DATOS E INFORMACION USADA PARA EL ANÁLISIS

1. CEMENTO

1.1. Factor clínker cemento en Argentina. Valor Actual 70%. Pág. 8.

- AFCP (2020). Informe de Indicadores de Sostenibilidad de la Industria Argentina del Cemento 2018-2019. Fuente: http://afcp.info/SOSTENIBILIDAD/Inf.Sostenibilidad_2018-2019_FINAL.pdf [31-08-21]

Notas:

- Período 2010-2019, reducción de FC promedio en cementos 3%.
- En Tabla de indicadores consolidados (pág. 15)
- Indica un factor clínker (%) 2018: 70,3 y 2019: 70,2.
- Emisión total de CO_2 (kg CO_2/t cemento) indica 2018: 556 y en 2019: 547.
- Emisión directa 2019: 519 (kg CO_2/t cemento)
- Emisión indirecta 2019: 28 (kg CO_2/t cemento)

1.2. Factor clínker cemento de albañilería. Valor: 64%. Pág. 2.16.

- IPCC (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Capítulo 2. Emisiones de la industria de los minerales. Fuente: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol3.html [31-08-21].

1.3. Producción de cemento de uso estructural y de albañilería.

TABLA 15
Tabla Indicadores consolidados del período. Producción de cemento.

Producción de cemento	2018	2019
Uso estructural (t)	11.841.500	11.081.728
Albañilería (t)	925.174	841.932

- AFCP (2020). Informe de Indicadores de Sostenibilidad de la Industria Argentina del Cemento 2018-2019. Fuente: http://afcp.info/SOSTENIBILIDAD/Inf.Sostenibilidad_2018-2019_FINAL.pdf [31-08-21]

- CPIC (2017). Hormigón Sostenible en Argentina. Estado del Arte y Buenas Prácticas. Fuente: https://issuu.com/documentoscpic/docs/cpic-hormigon-baja. [31-08-2021]. Pág. 21.

- Hemos adoptado para el cálculo en 2019 con factor clínker 70%: 547 kg CO_2/t de cemento.

- Proyección tomando lo informado en la medida 1.:

  › **Factor clínker 65% : 502 kg CO_2/t de cemento.**

- AFCP (2020). Informe de Indicadores de Sostenibilidad de la Industria Argentina del Cemento 2018-2019. Fuente: http://afcp.info/SOSTENIBILIDAD/Inf.Sostenibilidad_2018-2019_FINAL.pdf [31-08-21]

- Federación Iberoamericana del Cemento FICEM 2014 – emisiones brutas promedio de CO_2 a nivel mundial fue de 633 kg CO_2/t de cemento. Para el mismo año en Argentina 640 kg CO_2/t de cemento.

2. CEMENTO

2.1. Emisión en mezcla de hormigón.

AGREGADOS GRUESO

- Supuesto tomando una mezcla como ejemplo 135 kg/t de H° para aprox. 1100 kg de agregados equivale a 149 kg de CO_2 emitido por m^3 de H°.

- Reemplazo de agregado grueso tradicional por 30% agregado reciclado a la mezcla tomada como ejemplo. El valor de emisiones se reduce, equivale a 130 kg de CO_2 emitido/m^3 de H°.

  › ICPA (2014). La Industria del Cemento y la Sostenibilidad. Tabla comparación de las características de un hormigón tradicional y uno ¨verde¨. Aporte a las emisiones de CO_2. Fuente: https://web1.icpa.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/La-industria-del-cemento-y-la-sostenibilidad-V-DIGITAL.pdf [31-08-2021] pág. 29.
  › CPIC (2017). Hormigón Sostenible en Argentina. Estado del Arte y Buenas Prácticas. Capítulo Explotación y producción e hormigones sostenibles. La Industria del Cemento y la Sostenibilidad. Fuente: https://issuu.com/documentoscpic/docs/cpic-hormigon-baja [31-08-2021] Pág. 53.

Notas:

Ambas bibliografías incluyen la tabla cuya fuente original es:

› M. Blanco-Carrasco, F. Hornung, and N. Ortner (2010). Qatar: Green Concrete Technologies. Towards a Sustainable Concrete Industry in Qatar. Fuente: https://issuu.com/oconsult/docs/towards_a_sustainable_concrete_industry [31-08-2021]. Pág. 22.
› Proyección: 60% de plantas asociadas a AAHE y 30% del resto de las plantas no AAHE aplican las normas adaptadas.

2.2. Producción de hormigón

Cuadro Producción Anual Empresas Hormigoneras Asociadas, a diciembre de 2019.

Producción anual	2018	2019
Producción de hormigón [m³]	5.677.752	5.436.186

- Asociación Argentina del Hormigón Elaborado AEHH (2020). Resumen Producción Anual y Producción por Regional 2015-2019. Extraído de Sitio web https://hormigonelaborado.com/wp-content/uploads/2020/06/Producci%C3%B3n-2019.pdf [Fecha: 31-08-21].

7. Reducción de contenido de cemento por ajustes en mezclas.

Mezclas con incorporación de agregados reciclados + Reducción de la relación a/c, uso de adiciones minerales y aditivos químicos.

Tomando como ej. una mezcla tipo tradicional con un contenido de 300 kg de cemento/m³ H°.

- Hemos adoptado para el cálculo 547 kg CO_2/t de cemento. (ver punto 1.3).

- 0,3 t cemento equivalen a 0,174 t de CO_2 emitidas/m³ H°.

- Una reducción de un 5% en el contenido de cemento representa una reducción de 0,0087 t de CO_2 emitidas/m³ H°.

- Avances uso de aditivos químicos en hormigones sostenibles https://gcpat.mx/es-la/about/news/blog/reducing-co$_2$-through-clínker-replacement

8. Agregados reciclados y calidad de hormigón.

NORMATIVA Y REGLAMENTACIONES DE DIFERENTES PAÍSES.

De allí puede verificarse una aplicación de normas y reglamentos variable en los países.

- Alberte, E. P. V.; Handro, J. B. Estado do conhecimento acerca de especificações técnicas e normativas para agregados reciclados de RCD. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 21, n. 3, p. 305-320, jul./set. 2021. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Fuente: http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000300553 versión en portugués.

2

Anexo II

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Agnello, J., Benitez, A. y Fernández Luco, L. (2014).** Mejora de la sostenibilidad de materiales de construcción: Optimización de mezclas para la fabricación de bloques y adoquines. Memorias VI Congreso Internacional 20° Reunión Técnica "Ing. Aberto S.C. Fava", pag. 7-14. ISBN 978-987-21660-7-6. Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón AATH. Entre Ríos, Argentina.

- **Alberte, E. P. V.; Handro, J. B. (2021).** Estado do conhecimento acerca de especificações técnicas e normativas para agregados reciclados de RCD. Ambiente Construído, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, V. 21, N° 3, pág. 305-320. ISSN 1678-8621. Porto Alegre, Brasil. Fuente: http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000300553 [extraído en Fecha: 18-08-2021].

- **Andrada, C, Baronetto C. y Postitieri, M. (2008**). Memorias III Congreso Internacional y 17° Reunión Técnica "Ing. José Fermín Colina" ISBN 978-987-21660-3-8. pág. 53-60. Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón AATH. Córdoba, Argentina.

- **AFCP (2020).** Informe de Indicadores de Sostenibilidad de la Industria Argentina del Cemento 2018-2019. Asociación de Fabricantes de Cemento Portland. Fuente: http://afcp.info/SOSTENIBILIDAD/Inf.Sostenibilidad_2018-2019_FINAL.pdf [extraído en Fecha: 31-08-21]. Buenos Aires, Argentina.

- **Asociación Argentina del Hormigón Elaborado AEHH (2020)**. Resumen Producción Anual y Producción por Regional 2015-2019. Fuente: Sitio web: c [extraído en Fecha: 31-08-2021].

- **Irassar, E. et al (2019).** Durability of blended cements containing illitic calcined clays. 15th International Congress on the Chemistry of Cement. Prague, Czech Republic,. Fuente: Sitio web: https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/10943/11746_10943.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y [extraído en Fecha: 07-12-2021].

- **CIRSOC 201 M: 96 (2001)**. Proyecto, Cálculo y Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado para Obras Privada Municipales, actualmente vigente en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

- **CPIC (2017)**. Hormigón Sostenible en Argentina. Estado del Arte y Buenas Prácticas. Capítulo Explotación y producción e hormigones sostenibles. La Industria del Cemento y la Sostenibilidad. Fuente: https://issuu.com/documentoscpic/docs/cpic-hormigon-baja [extraído en fecha: 31-08-2021]

- **Di Maio (2018)**. Hormigones reciclados: investigaciones realizadas en el LEMIT durante los últimos 18 años. Revista Ciencia y Tecnología de los Materiales, N° 8. Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica LEMIT. ISSN 2250-5989. Pág. 9-20. Fuente: https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/10904 [extraído en Fecha: 18-08-2021].

- **DNV (2017a)**. Pliego de especificaciones técnicas generales para pavimentos de hormigón. Ministerio de Transporte de la Nación. Fuente: https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/vialidad-nacional/licitaciones/pliegos-de-especificaciones-tecnicas [extraído en Fecha: 08-09-2021].

- **DNV (2017b)**. Pliego de especificaciones técnicas generales para pavimentos de hormigón, con aporte de hormigón reciclado. Ministerio de Transporte de la Nación. Fuente: https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/vialidad-nacional/licitaciones/pliegos-de-especificaciones-tecnicas [extraído en Fecha: 08-09-2021].

- **García. A et al (2014)**. Estudio de Elementos Constructivos Sustentables Emplazados en Ambientes Húmedos. Experiencia en laboratorio de I+D+i de la UTN – FRA. Memorias VI Congreso Internacional 20° Reunión Técnica "Ing. Alberto S.C. Fava", pág. 541-548. ISBN 978-987-21660-7-6. Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón AATH. Entre Ríos, Argentina.

- **García A., Mazzeo J., Ruiz, L. y Martínez, G. (2014)**. Componentes Premoldeados articulados ecológicos. Mejora de la accesibilidad en áreas urbanas del entorno costero. Premio Mención Especial. Sección 4. Sostenibilidad de los territorios urbanos y rurales. Congreso y Exposición Latinoamérica y Caribe, Integración y desarrollo - Ingeniería 2014. versión digital (DVD) Trabajo N°457. En Biblioteca de CAI - Centro Argentino de Ingenieros, presentación http://www.cai.org.ar/wp-content/uploads/biblioteca/ing2014/ponencias/STUR/Garcia_AB.pdf Buenos Aires, Argentina. [extraído en Fecha: 08-09-2021].

- **García, A., Martínez, G. y Mazzeo, J. (2017)**. Pavimentos urbanos sustentables: Modelo de catalogación para la gestión preventiva y correctiva. Capítulo: Planificación y Gestión Ciudades Sostenibles. Módulo II: Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano, pág.65-118. ISBN 978-987-95422-9-3. Edit. CPIC, Buenos Aires, Argentina.

- **García, A et al (2020)**. Modelo de gestión para la evaluación, control y prevención de patologías en pavimentos urbanos. XII Congreso de Ingeniería Industrial COINI 2019. Tomo "Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial, Responsabilidad Social Empresaria" Trabajo C019 A027. ISBN 978-987-4998-43-9. Pág. 134-143. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional - edUTecNe. Santa Cruz, Argentina.

- **GCCA (2020)**. Futuro del hormigón. Plan de trabajo hacia una industria del cemento y hormigón neutra en carbono para 2050 de la Asociación Mundial de Productores de Cemento y Hormigón. Resumen del Plan de Trabajo. Fuente: https://gccassociation.org/concretefuture/wp-content/uploads/2021/11/GCCA-Concrete-Future-Roadmap-Spanish.pdf [extraído en Fecha: 18-08-2021].

- **Giovambattista al at (2019)**. Bases de un Código Modelo para la Tecnología de las obras de Hormigón. Capítulo 9 Hormigones con características especiales. Anales LEMIT Serie IV. Año 6. N°13.

- **ICPA (2014)**. La Industria del Cemento y la Sostenibilidad. Tabla comparación de las características de un hormigón tradicional y uno ¨verde¨. Aporte a las emisiones de CO_2. Fuente: https://web1.icpa.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/La-industria-del-cemento-y-la-sostenibilidad-V-DIGITAL.pdf [extraído en fecha: 31-08-2021]

- **INDEC (2010)**. Cuadro P3. Total del país. Población total, superficie y densidad por provincia. Fuente: https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-CensoNacional-999-999-Censo-2010 [extraído en Fecha: 18-08-2021].

- **INDEC (2019)**. Datos Geográficos. Cuadros Estadísticos. Superficie total del país Fuente: https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-1-15-25 [extraído en Fecha: 18-08-2021].

- **INDEC (2021)**. Proyecciones y estimaciones nacionales. Cuadro 1. Población estimada al 1 de julio de cada año calendario por sexo. Total del país. Fuente: https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel3-Tema-2-24 [extraído en Fecha: 18-08-2021].

- **INTI CIRSOC (2005)**. Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón CIRSOC 201. Ed. INTI.

- **INTI CIRSOC (2006)**. Breve reseña histórica del desarrollo de los reglamentos de seguridad estructural en nuestro país.

- **INTI (2016)**. El valor de los residuos: distintos modos de reducir, reutilizar, reciclar y revalorizar residuos industriales. ISBN 978-950-532-283-1. Instituto Na-

cional de Tecnología Industrial – INTI, Argentina. Fuente: https://www.inti.gob.ar/publicaciones/descargac/17 [extraído en Fecha: 08-09-2021].

- **IPCC (2006)**. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Capítulo 2. Emisiones de la Industria de los Minerales. Fuente: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol3.html [extraído en fecha: 31-08-21].

- **IRAM (2013)**. Norma IRAM 1512. Agregado fino para hormigón de cemento. Ed. IRAM.

- **IRAM (2016)**. Norma IRAM 1531. Agregado grueso para hormigón de cemento. Ed.

- **IRAM (2017)**. Norma IRAM 50002. Cemento portand de uso vial. tecnología de alto rendimiento (TAR). 2009 y mod. 2017.

- **IRAM (2019)**. Norma IRAM 50000. Cemento portand de uso general. 2017 y mod. 2019.

- **IRAM (2019)**. Norma IRAM 50001. Cemento portand con Propiedades Especiales.

- **IRAM (2019)**. Norma IRAM 1685. Cemento de albañilería. Requisitos.

- **IRAM (2020)**. Norma IRAM 1666. Hormigón de cemento pórtland. Hormigón elaborado. Requisitos y control de producción.

- **M. Blanco-Carrasco, F. Hornung, and N. Ortner (2010)**. Qatar: Green Concrete Technologies. Towards a Sustainable Concrete Industry in Qatar, Fuente: https://issuu.com/oconsult/docs/towards_a_sustainable_concrete_industry [extraído en Fecha: 18-08-2021].

- **Meneses, R, Moro, J y Ortega, N (2014)**. Corrosión en estructuras de hormigón recilcado con deformaciones permanentes. Memorias VI Congreso Internacional 20° Reunión Técnica "Ing. Aberto S.C. Fava", pag. 183-190. ISBN 978-987-21660-7-6. AATH. Entre Rios, Argentina.

- **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación (2021)**. Sitio web Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Monitoreo de Medidas de Mitigación. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de Argentina. Fuente: https://inventariogei.ambiente.gob.ar/files/inventario-nacional-gei-argentina.pdf, https://inventariogei.ambiente.gob.ar/resultados [extraído en Fecha: 15-11-2021].

- **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2020)**. Informe del estado del ambiente 2019. Fuente: https://informe.ambiente.gob.ar [Fecha: 10-12-2021].

- **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018)**. Plan de Acción Nacional de Industria y Cambio Climático. Fuente: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_de_accion_nacional_de_energia_y_cc_2.pdf [Fecha: 10-12-2021]

- **Ministerio de Economía de la Nación (2020)**. Informe de Cadena de Valor. Sector de la Construcción. Secretaría de Política Económica. Fuente: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/construccion_12-2020.pdf [Fecha:17-09-2021]

- **Sosa, M, Zega, C y Di Maio, A. (2014)**. Influencia del origen del agregado fino reciclado sobre las propiedades de morteros. Memorias VI Congreso Internacional 20° Reunión Técnica "Ing. Aberto S.C. Fava", pag. 565-572- ISBN 978-987-21660-7-6. AATH. Entre Rios, Argentina.

- **WBCSD (2009)**. The Cement Sustainability Initiative. Recycling Concrete. World Business Council for Sustainable Development – WBCSD. ISBN 978-3-940388-50-6. Suiza. Fuente: http://docs.wbcsd.org/2009/07/CSI-Recycling-Concrete-Summary.pdf [extraído en Fecha: 08-09-2021].

- **Zito, S. y Rahhal, V. (2014)**. Evaluación de morteros de cemento Portland con reemplazos por residuos cerámicos de demolición. Memorias VI Congreso Internacional 20° Reunión Técnica "Ing. Aberto S.C. Fava", pag. 477-484. ISBN 978-987-21660-7-6. AATH. Entre Rios, Argentina.

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sitz der Gesellschaft / Registered offices
Bonn und Eschborn / Bonn and Eschborn

Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40
53113 Bonn, Deutschland / Germany
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1 - 5
65760 Eschborn, Deutschland / Germany
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15

E info@giz.de
I www.giz.de