

Cemento & Concreto

DE IBEROAMÉRICA Y EL CARIBE



FICEM

FEDERACIÓN INTERAMERICANA
DEL CEMENTO

Edición

Número 7
2020

Camión recolector
de residuos

Planta cementera

Transporte de residuos
a planta cementera

Planta gestora
de residuos
(clasificación de residuos)

El cemento, El concreto y su contribución en el desarrollo de ciudades sostenibles y resilientes

Valorizar los residuos: El
desafío de la industria
cementera al 2030

Ciudades sostenibles y
resilientes: El desafío
latinoamericano

Cuantificación de la absorción
del dióxido de carbono por los
morteros y hormigones



INTEGRATED SOLUTION PROVIDER



MATERIAL HANDLING & LOGISTICS

- Belt Conveying Technology
- Pneumatic Transportation
- Crushing & Screening
- Cement Dispatching



ECO - CYCLE

- MSW (Municipal Solid Waste)
- AFR (Alternative Fuel & RM)
- RDF (Refused Derived Fuel)
- Emission Reduction



GREENFIELD PLANT DELIVERY

- Cement Blending Station
- Cement Terminal
- Aggregate Plant



SPARE PARTS SUPPLY

- OEM (Original Equipment Manufacturer) from China
- Standard Model Equipment Components/Consumables
- Fabrication Under Client's drawing



PYRO-PROCESSING & GRINDING

- Pyro-Processing Revamping Optimization
- Grinding Process Optimization



For More Information visit:
www.cetecchina.com
cetec@cetecchina.com



EASY GRINDING SYSTEM **CETEC**
INNOVATED BY



- ★ MODULAR DESIGN
- ★ EASY LOGISTIC & ERECTION
- ★ RAPID DELIVERY & PAYBACK PERIOD

10~50_{t/h}

FLEXIBLE CAPACITY

•

10_{months}

RAPID DELIVERY

•

1~2_{months}

EASY INSTALLATION

Beyond Expectation

More Information @youtube
Moduar Cement Grinding





Cemento & Concreto es una publicación editada por la Federación Interamericana del Cemento –FICEM– para la divulgación efectiva del compromiso de la industria del cemento con la sostenibilidad; así como, los trabajos e iniciativas que adelanta la Federación como gremio de la industria cementera latinoamericana.

Presidente Junta Directiva de FICEM

José Raúl González

Directora Ejecutiva de FICEM

María José García Jaramillo

Comité Editorial

Luis Álvarez Valencia, Director General – ICCG

Julissa Báez, Directora Ejecutiva – ADOCEM

César Bartolomé, Director del Área de Innovación – IECA

Karla Benitez, Directora Ejecutiva – ISCYC

Jorge Bueso, Gerente de Gestión Ambiental y Combustibles Alternos – CENOSA

Carlos Escobar, Gerente Proverde – PROGRESO

Patricio Díaz, Gerente Ecología Industrial – UNACEM

Carlos Ferraro, Director Ejecutivo – ASOCEM

Augusto Holmberg, Gerente General – ICH

Manuel Lascarro, Director Ejecutivo – FIHP y Director General – ASOCRETO

Matías Polzinetti, Coordinador Tecnología del Hormigón – ICPA

Hugo Rodrigues, Director de Comunicación – ABCP

Camilo Sánchez, Director de Sostenibilidad – CEMEX

Jose Alberto Torres, Gerente de Excelencia Operacional – CEMEX

Ana María Uribe, Gerente Yo Prometo, Ambiente y Comunidades – ARGOS

Ricardo Pareja, Líder de Innovación – FICEM

María José García, Directora Ejecutiva – FICEM

Nathaly Triana, Directora Comunicaciones – FICEM

Lina Rojas, Directora Técnica – FICEM

Departamento de publicidad

Ángela María Giraldo Vélez, Coordinadora de Publicidad

Colaboradores

Todas las firmas que nos acompañan en esta séptima edición

Diseño

Arte Comunicacional

Corrección de estilo

Arte Comunicacional

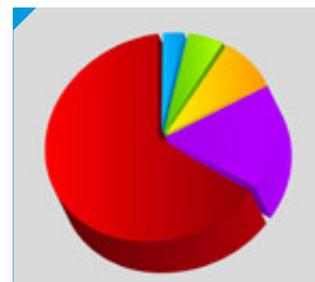


6

EDITORIAL

Una industria esencial y segura

Alejandro Ramírez Cantú

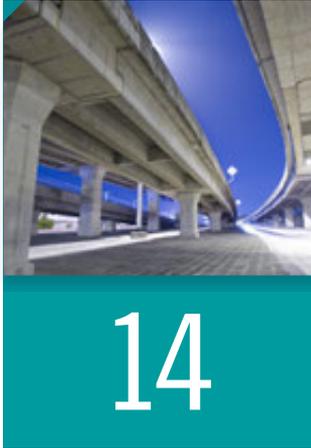


8

CIFRAS DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

Cifras de la industria cementera mundial

CONTENIDO



14

TRIBUNA

En tiempos del COVID-19, mayor compromiso y esfuerzo continuo por parte de la industria cementera regional

José Raúl González

La importancia de la infraestructura y el mantenimiento: Casos de Colombia y América Latina

Ricardo Sánchez - Jeannette Lardé

Coprocesamiento de neumáticos fuera de uso en Latinoamérica: ¿Alternativa o compromiso ineludible?

Karina Potarsky - Emanuel Bertalot



32

AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

Valorizar los residuos: El desafío de la industria cementera al 2030

Carlos Pinilla

El síndrome de Galileo
Philippe Fonta

Neutralidad Climática para la industria del cemento y el concreto en Suecia

Katarina Malaga - Urs Mueller



58

RESPONSABILIDAD SOCIAL, SEGURIDAD Y SALUD

Indicadores predictores para alcanzar un mejor desempeño en salud y seguridad ocupacional

Roberto Hermosilla Colmenares - Jaime Gómez Scala

SELF: El programa de liderazgo y empoderamiento en seguridad de UNACEM Ecuador

Xavier Bonhommeau

Pisos Saludables: Una solución que construye sueños y transforma vidas

Elena Castellón - Pamela Sarmiento



78

USOS/APLICACIONES

Ciudades sostenibles y resilientes: El desafío latinoamericano

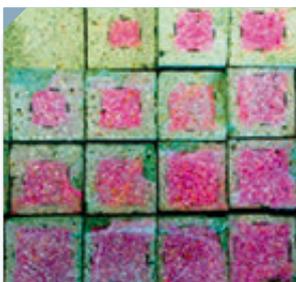
Edgardo F. Irassar - Vanderley John - Jorge I. Tobón - Katia R. García Punhagui - Yazmín L. Mack V.

Viviendas sociales asequibles y seguras

Jorge Reyes

El fin de la corrosión en estructuras de hormigón armado con armadura FRP

Alvaro Ruiz Empanza - Francisco De Caso - Antonio Nanni



108

TECNOLOGÍA DEL CEMENTO

Cuantificación de la absorción del dióxido de carbono por los morteros y hormigones

Miguel Ángel Sanjuán - Cristina Argiz - Pedro Mora - Aniceto Zaragoza

Las arcillas activadas y su potencial en la industria del cemento

Carlos Aramburo Varela - Rafael Talero Morales - Luiz Felipe Pinho - César Pedrajas Nieto-Márquez

Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para la industria del cemento

Delvi Rodríguez



FICEM

FEDERACIÓN INTERAMERICANA DEL CEMENTO

Una industria esencial y segura



Alejandro Ramírez Cantú

Expresidente de la Junta Directiva de la Federación Interamericana del Cemento (FICEM)

Los saludo con el gusto de dirigirme a todos ustedes, deseando que ustedes y sus familias se encuentren con salud, cuidándose y cumpliendo con todas las medidas para proteger a sus seres queridos en esta época.

Es cada vez más claro que los impactos de la propagación del COVID-19, más allá de ser temas de conyuntura, han llevado a una crisis de escala mundial y de complejidades enormes. Nos encontramos en la puerta de una profunda transformación como individuos, familias, consumidores, industria y sociedad. Ser capaces de cruzar este umbral en medio de la incertidumbre, e irnos adentrando en esta nueva normalidad, solo será posible en la medida en que concentremos nuestros esfuerzos en generar aportes reales a la sociedad, que seamos innovadores y que veamos con empatía a quienes nos rodean en este camino.

La pandemia ha sacudido la capacidad humana de planear y de proyectarse a futuro debido a que su impacto y duración son inciertos. Sin embargo, existe consenso entre los gobiernos sobre el rol que el sector de la construcción debe tener en la reactivación de las golpeadas economías de la región. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) por su parte, enfatiza la importancia de la actividad sectorial, no solo en prevenir el contagio, mediante inversiones en agua y saneamiento, energía para la infraestructura de salud y sistemas de transporte seguro, sino también en constituir un motor para la reactivación¹.

¹IADB. Eduardo Cavallo, Andrew Powell and Tomás Serebrisky. From Structures to Services The Path to Better Infrastructure in Latin America and the Caribbean

La construcción es un órgano vital de la sociedad ya que permite que sigan operando y se mejoren, entre otros, los sistemas de comunicación, el transporte y la infraestructura de salud. Permite, además, cubrir necesidades básicas de la sociedad, tales como vivienda, agua, drenaje y energía. En este contexto, nuestros países contemplan medidas que van desde el seguimiento de rigurosos protocolos en los sistemas de transporte, hasta la promoción de la inversión pública y privada en vivienda social, nueva infraestructura y el robustecimiento de la conectividad.

Nuestra industria es segura. Por un lado, ha concentrado sus esfuerzos en preservar la salud de todos mediante el uso de rigurosos protocolos de bioseguridad en la producción y distribución de materiales. Por otro lado, la construcción, por su naturaleza, se adapta con facilidad al distanciamiento físico entre trabajadores y ejecuta labores en espacios abiertos con baja densidad. Ambas condiciones, sumadas a la férrea disciplina que hemos demostrado los actores en la cadena de valor del sector, hacen que nuestros colaboradores y clientes puedan trabajar en un ambiente con altos estándares de seguridad y salud.

En este contexto, todos los que somos parte de la industria de la construcción tenemos la oportunidad y responsabilidad de demostrar nuestra resiliencia; somos un sector que, además de garantizar las medidas de bioseguridad, puede entregar su oferta de servicio a clientes y seguir acompañando a sus comunidades en mitigar los efectos adversos de la pandemia.

Si bien éste ha sido un proceso transformador, no podemos dejar de lado

los objetivos que nos hemos trazado para el mediano y largo plazo, más allá de la pandemia. Debemos mantener nuestro liderazgo en lo que se refiere a los pilares de la descarbonización; la constante búsqueda de nuevas fuentes de energía y el uso de tecnologías más verdes, comienza a ser una contribución importante a los múltiples esfuerzos encaminados a mitigar los esfuerzos mundiales del cambio climático. Durante los últimos años hemos avanzado en la consolidación de la Hoja de Ruta de FICEM, que marca nuestros objetivos de cara a la reducción de las emisiones de CO₂ a 2050. Ya son 10 los países que han trabajado en su Hoja de Ruta utilizando las herramientas desarrolladas por FICEM. El reto ahora será el de concluir con aquéllos que están en proceso y de esa manera contar con un plan de trabajo consolidado para la industria en América Latina y El Caribe. Nuestro propósito seguirá siendo el de reducir las emisiones, por medio de la generación de eficiencias energéticas y de innovación en lo que se refiere a la producción de clínker. En esta misma línea, tenemos la misión de seguir buscando alternativas para que la economía circular, el coprocesamiento y la utilización de energías renovables sean una realidad en nuestros países. Se calcula que solo el 20% de los residuos sólidos municipales generados en las ciudades de América Latina tienen una disposición ambientalmente aceptable. Pero la cifra es mucho menor en varios países de la región. El tema debe mantenerse como una prioridad en la agenda y tendremos que seguir generando alianzas entre nosotros, y con gobernantes y legisladores en todos los países.

Por último, más allá de construir proyectos que aportan al desarrollo de nuestros países, nuestra indus-

tria tiene un rol clave en la consolidación de ciudades resilientes. Se calcula que hoy el 50% de la población vive en centros urbanos, y que para el 2050 esta cifra llegará incluso al 70%². En este proceso de urbanización acelerada, el concreto es el material ideal para garantizar edificaciones e infraestructura que resistan los efectos de los desastres naturales derivados del cambio climático. FICEM y sus afiliados deberán trabajar en posicionar nuestros productos en soluciones para la construcción de ciudades resilientes.

Mi rol como presidente de FICEM culminó en septiembre y quedo con la satisfacción de saber que avanzamos con nuestra agenda de temas estratégicos y que seguimos abriendo canales de comunicación con aliados y grupos de interés. Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos los miembros de la Junta Directiva, a los afiliados y en especial al equipo administrativo y operativo de FICEM, pues llegamos hasta aquí por ustedes, por sus esfuerzos y por su apoyo para sacar adelante nuestras iniciativas estratégicas de la industria del cemento y el concreto.

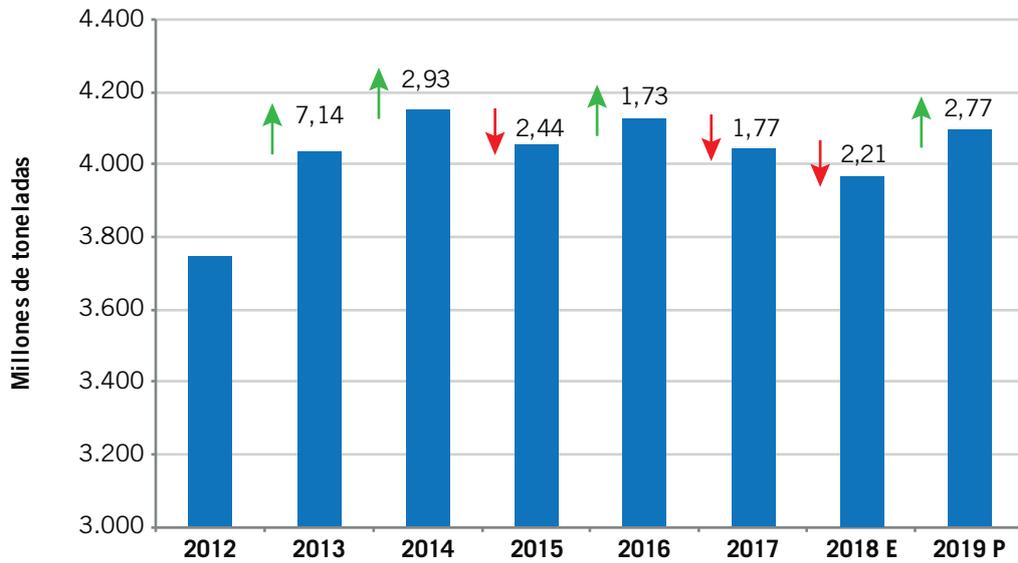


Tengo la certeza de que el camino que hemos recorrido y los esfuerzos que germinarán a futuro nos permitirán seguir consolidando nuestra industria como esencial para el crecimiento y la prosperidad de nuestros países. En medio de escenarios cambiantes y de una alta incertidumbre, debemos trabajar más que nunca, ya que de nuestro trabajo depende el bienestar de generaciones por venir. Sigamos enfocados en acciones sostenibles y de largo plazo, que generen progreso para toda nuestra cadena de valor.

²ONU Habitat, en: Ciudades Resilientes. Consultado el 16 de agosto en: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/ciudades-resilientes>

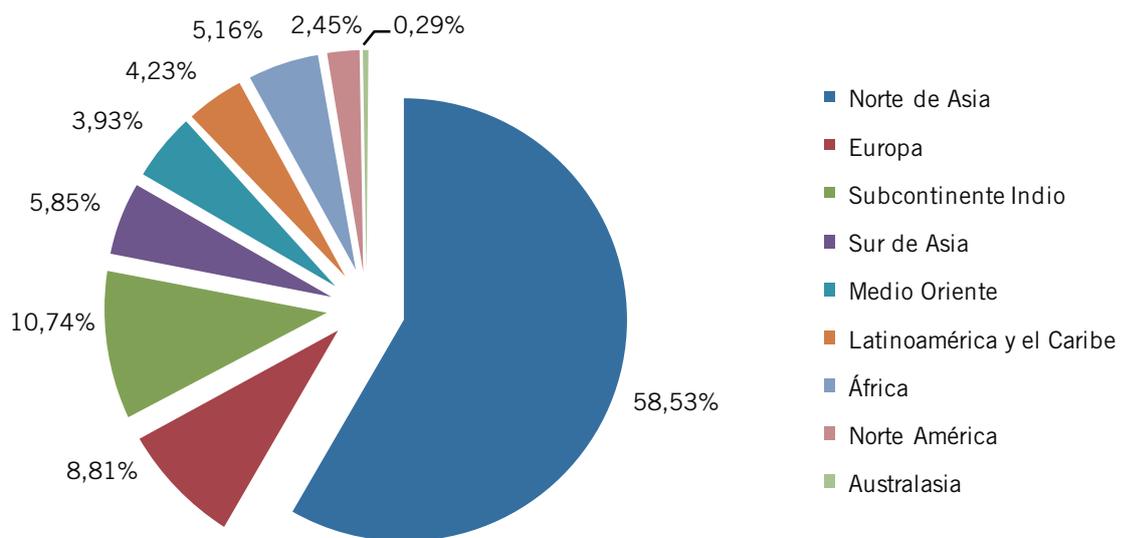
CIFRAS DE LA INDUSTRIA CEMENTERA MUNDIAL

CONSUMO MUNDIAL DE CEMENTO (MILLONES DE TONELADAS)



Fuente: International Cement Review
(E: valor estimado, P: valor pronosticado)

PARTICIPACIÓN POR REGIONES EN LA PRODUCCIÓN DE CEMENTO 2019 P (%)



Fuente: International Cement Review
(P: valor pronosticado)

EXPORTACIONES E IMPORTACIONES DE CEMENTO POR REGIONES (MILLONES DE TONELADAS)

Región	2016		2017		2018 E		2019 P	
	Exportación	Importación	Exportación	Importación	Exportación	Importación	Exportación	Importación
Europa	61,30	29,02	65,89	33,49	66,14	36,46	72,66	34,12
Norte de Asia	37,75	7,58	30,90	10,37	28,11	23,46	24,70	21,27
Medio Oriente	25,75	26,32	23,73	22,76	28,67	22,41	33,01	22,10
Sur de Asia	29,20	22,57	37,07	18,20	53,39	16,50	57,96	15,36
Subcontinente Indio	12,48	34,93	7,19	32,53	10,75	32,44	11,79	33,45
África	10,59	40,94	12,09	35,90	14,77	35,61	17,19	35,35
Norte América	5,09	12,89	4,87	13,36	5,64	14,67	5,58	15,07
Latinoamérica y el Caribe	4,58	8,96	6,20	9,99	5,67	10,12	5,77	9,65
Australasia	0,13	4,46	0,14	5,43	0,15	5,34	0,13	6,26
Total	186,87	187,67	188,08	182,03	213,29	197,01	228,79	192,63

Fuente: International Cement Review
(E: valor estimado, P: valor pronosticado)

CIFRAS DE LA INDUSTRIA CEMENTERA DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

PRODUCCIÓN DE CEMENTO (MILES DE TONELADAS)

PAÍS	2015	2016	2017 E	2018 E	2019 E	% Var 2016/2015	% Var 2017/2016	% Var (E) 2018/2017	% Var (E) 2019/2018
Argentina	12.193	10.899	11.960	11.842	11.082	-10,6	9,7	-1,0	-6,4
Barbados	208	nd	49,7	47,2	43,8	nd	nd	-5,0	-7,2
Bolivia	3.468	3.601	3.611	3.757	3.900	3,8	0,3	4,0	3,8
Brasil	65.283	57.557	54.004	53.602	54.390	-11,8	-6,2	-0,7	1,5
Chile	4.320	4.310	4.000	3.990	4.210	-0,2	-7,2	-0,3	5,5
Colombia	13.047	12.495	12.299	12.460	12.995	-4,2	-1,6	1,3	4,3
Costa Rica	1.550	1.220	1.364	1.340	1.220	-21,3	11,8	-1,8	-9,0
Cuba	1.520	1.490	1.430	1.590	1.640	-2,0	-4,0	11,2	3,1
Ecuador	5.860	5.550	5.690	5.760	6.270	-5,3	2,5	1,2	8,9
El Salvador	998	880	900	1.090	1.180	-11,8	2,3	21,1	8,3
Guadalupe y Martinica	394	362	349	359	371	-8,1	-3,6	2,9	3,3
Guatemala	3.004	2.900	3.180	3.260	3.512	-3,5	9,7	2,5	7,7
Haití (estimados)	632	645	768	807	742	2,0	19,1	5,0	-8,0
Honduras	1.700	1.840	2.140	1.960	1.840	8,2	16,3	-8,4	-6,1
Jamaica	808	nd	830	870	851	nd	nd	4,8	-2,2
México	39.600	42.367	41.836	42.805	39.900	7,0	-1,3	2,3	-6,8
Nicaragua	740	780	780	680	600	5,4	0,0	-12,8	-11,8
Panamá	1.970	1.900	1.920	1.670	1.470	-3,6	1,1	-13,0	-12,0
Paraguay	1.250	1.250	1.510	1.510	1.500	0,0	20,8	0,0	-0,7
Perú	10.764	10.094	9.980	10.049	10.574	-6,2	-1,1	0,7	5,2
Puerto Rico	514	450	400	560	550	-12,5	-11,1	40,0	-1,8
República Dominicana	5.181	5.171	5.254	5.430	5.640	-0,2	1,6	3,3	3,9

CIFRAS DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

Suriname	102	97	53	46	52	-4,9	-45,4	-13,2	13,0
Trinidad y Tobago	840	nd	447	393	376	nd	nd	-12,1	-4,3
Uruguay	860	600	720	820	770	-30,2	20,0	13,9	-6,1
Venezuela	8.210	5.790	5.410	5.100	4.500	-29,5	-6,6	-5,7	-11,8
América Latina y El Caribe	185.016	173.718	170.885	171.797	170.179	-6,1	-1,6	0,5	-0,9

* E: Valor estimado

CONSUMO DE CEMENTO (MILES DE TONELADAS)

PAÍS	2015	2016	2017 E	2018 E	2019 E	% Var 2016/2015	% Var 2017/2016	% Var (E) 2018/2017	% Var (E) 2019/2018
Argentina	12.125	10.827	12.128	11.812	11.003	-10,7	12,0	-2,6	-6,8
Barbados	80	nd	71	68	63	nd	nd	-4,2	-7,4
Bolivia	3.417	3.633	3.602	3.722	3.957	6,3	-0,9	3,3	6,3
Brasil	65.316	57.784	53.703	52.940	54.400	-11,5	-7,1	-1,4	2,8
Chile	5.570	4.950	4.470	4.390	4.560	-11,1	-9,7	-1,8	3,9
Colombia	12.807	12.101	11.983	12.010	12.515	-5,5	-1,0	0,2	4,2
Costa Rica	1.410	1.290	1.375	1.350	1.200	-8,5	6,6	-1,8	-11,1
Cuba	1.430	1.490	1.420	1.540	1.590	4,2	-4,7	8,5	3,2
Ecuador	5.848	5.430	6.130	6.060	6.030	-7,1	12,9	-1,1	-0,5
El Salvador	945	956	1.034	1.266	1.464	1,2	8,1	22,4	15,6
Guadalupe y Martinica	394	362	349	359	371	-8,1	-3,6	2,9	3,3
Guatemala	2.954	3.000	3.252	3.432	3.697	1,6	8,4	5,5	7,7
Haití (Estimados)	1.581	1.612	1.661	1.565	1.406	2,0	3,0	-5,8	-10,2
Honduras	1.590	1.780	2.100	1.900	1.770	11,9	18,0	-9,5	-6,8
Jamaica	808	nd	881	952	952	nd	nd	8,1	0,0
México	39.100	41.500	41.630	41.160	39.000	6,1	0,3	-1,1	-5,2
Nicaragua	760	800	800	710	640	5,3	0,0	-11,3	-9,9
Panamá	1.980	1.900	1.920	1.672	1.470	-4,0	1,1	-12,9	-12,1
Paraguay	1.520	1.590	1.640	1.640	1.600	4,6	3,1	0,0	-2,4
Perú	10.850	10.152	10.168	10.724	11.089	-6,4	0,2	5,5	3,4
Puerto Rico	580	520	510	710	670	-10,3	-1,9	39,2	-5,6
República Dominicana	3.970	4.247	4.183	4.390	4.703	7,0	-1,5	4,9	7,1
Suriname	239	203	156	154	184	-15,1	-23,2	-1,3	19,5
Trinidad y Tobago	656	526	503	426	456	-19,8	-4,4	-15,3	7,0
Uruguay	800	580	610	750	680	-27,5	5,2	23,0	-9,3
Venezuela	8.140	5.690	5.140	5.010	4.400	-30,1	-9,7	-2,5	-12,2
América Latina y El Caribe	184.869	173.798	171.419	170.712	169.870	-6,0	-1,4	-0,4	-0,5

* E: Valor estimado

CONSUMO DE CEMENTO PER CÁPITA (kg/hab)

PAÍS	2015	2016	2017 E	2018 E	2019 E
Argentina	289	248	275	265	245
Barbados	268	239	248	237	219
Bolivia	314	330	322	328	344
Brasil	319	279	261	253	258
Chile	309	272	243	234	241

Colombia	266	249	244	242	249
Costa Rica	294	263	278	270	238
Cuba	129	130	126	136	140
Ecuador	359	331	365	355	347
El Salvador	149	150	162	197	227
Guadalupe y Martinica	493	464	447	460	476
Guatemala	183	187	192	198	209
Haití (Estimados)	157	160	164	142	128
Honduras	190	188	230	192	182
Jamaica	297	ND	320	335	334
México	323	346	347	343	315
Nicaragua	127	130	130	110	98
Panamá	495	465	484	400	346
Paraguay	231	237	241	236	227
Perú	348	322	319	333	341
Puerto Rico	166	150	135	191	180
República Dominicana	396	400	391	418	428
Suriname	421	352	267	261	308
Trinidad y Tobago	486	382	363	307	327
Uruguay	230	170	175	217	196
Venezuela	270	195	170	173	155
América Latina y El Caribe	294	273	270	264	258

* E: Valor estimado

INDICADORES DE DESEMPEÑO “Getting the Numbers Right” (GNR)

	1990		2017		2018	
	Mundo	AlyC	Mundo	AlyC	Mundo	AlyC
Producción de clínker cubierto por GNR (millones de toneladas)	423	41,8	615	87,6	650	87,7
Producción de material cementante cubierto por GNR (millones de toneladas)	512	51,3	820	123	872	124
Emissiones específicas brutas de CO2 (kg CO2/tonelada de producto cementante)	760	709	643	612	637	607
Emissiones específicas netas de CO2 (kg CO2/tonelada de producto cementante)	755	709	618	591	610	584
Consumo de energía térmica (MJ/tonelada de clínker)	4.260	4.080	3.520	3.594	3.500	3.632
Consumo de energía eléctrica (kWh/tonelada de cemento)	119	116	103	103	102	104
Sustitución energética (Incluye combustibles alternativos y biomasas) (%)	1,95	2,06	17,67	15,09	18,48	17,01
Relación clínker/cemento (%)	83,28	81,74	75,74	72,25	75,19	71,24

* AlyC: América Latina y El Caribe

Referencias



- (1) International Cement Review. The Global Cement Report, 2019.
- (2) Global Cement and Concrete Association (GCCA). Getting the Numbers Right or GCCA in NumbeRs.
- (3) Asociación de Fabricantes de Cemento Portland – Argentina (AFCP)
- (4) Sindicato Nacional de la Industria del Cemento – Brasil (SNIC)
- (5) Instituto Nacional de Estadística de Bolivia (INE)
- (6) Departamento Administrativo Nacional de Estadística – Colombia (DANE)
- (7) Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala (ICCG)
- (8) Banco Central de Reserva de El Salvador (BCR)
- (9) Cámara Nacional del Cemento – México (CANACEM)
- (10) Asociación de Productores de Cemento (ASOCEM)
- (11) Asociación Dominicana de Productores de Cemento Portland (ADOCEM)
- (12) Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)



UNTHA

shredding technology

The reliable brand!



Producción de cdr en un solo paso con la serie XR

- » Máxima flexibilidad en tipos de residuos y tamaño de partícula
- » Motorización eficiente-ahorros de hasta una 50% en consumo de energía
- » Alta capacidad de producción
- » Nivel sonoro 80dB

www.untha.com

En tiempos del COVID-19, mayor compromiso y esfuerzo continuo por parte de la industria cementera regional



**José Raúl
González**

Presidente de la Junta Directiva de la
Federación Interamericana del Cemento - FICEM

La Federación Interamericana del Cemento inicia una nueva era; no sólo por el cambio de presidencia de su Junta Directiva, como lo mandan sus estatutos, sino también por la definición del futuro de la industria del continente frente a los retos que nos deja la pandemia del COVID 19. Una situación compleja considerando que, ya antes de la pandemia, los desafíos hispanoamericanos eran significativos.

La pobreza afecta al 28% de nuestra población, el déficit habitacional que según el BID afecta al 37% de la población, la condición de la infraestructura se agrava con el hecho de ser la segunda región más propensa a los desastres naturales y la contaminación amenaza nuestra salud. Son apenas unos cuantos de los retos que tenemos por delante.

De nuestra parte, la industria del cemento, conformada por las más importantes empresas de la región, acepta esos retos con la confianza de contar con los equipos de colaboradores plenamente capacitados y dispuestos a mostrar su resiliencia y creatividad en la propuesta de soluciones. Los planes que, como FICEM, nos habíamos planeado antes de la pandemia, toman ahora un mayor sentido de urgencia. Es con ese convencimiento que la

nueva Junta Directiva 2020-2022 está dispuesta a trabajar en equipo para bienestar de todos los habitantes de nuestra región.

Continuamos comprometidos en promover y compartir el conocimiento para reducir nuestra huella de carbono. La industria está jugando un papel importantísimo en la mitigación y en la adaptación a los efectos del cambio en el clima. FICEM contribuye con la recolección y disseminación de información de forma transparente y confiable para medir el progreso en esta área. Este es el proyecto que hemos denominado "Hoja de Ruta" al cual seguiremos apoyando.

Una parte vital de nuestra contribución como FICEM es la adecuada medición del impacto de nuestros productos en el medio ambiente. Por ello con-

sideramos de suprema importancia continuar promoviendo el Análisis del Ciclo de Vida –ACV– de nuestros productos. De esa manera facilitaremos la adecuada evaluación científica de nuestro impacto; en especial, frente a los materiales alternativos.

También hemos decidido producir documentos técnicos (papers) de tal manera que el conocimiento, que se encuentra disperso, pueda ser adecuadamente consolidado y compartido con nuestros colegas. Esta es una actividad que nos permitirá abrir puertas y espacios de discusión con gobiernos, ONGs u otros organismos internacionales que tengan como fin la promoción de políticas públicas de beneficio general.



Nos interesa en especial la adecuada disposición de desechos sólidos que puedan ser utilizados como combustibles alternos en los hornos de clinker. Hay más de 400,000 toneladas de residuos sólidos que se producen al día en Latinoamérica. Su impacto en la salud y el medio ambiente podría ser significativamente mitigado con la adecuada regulación y coordinación de esfuerzos. Queremos trabajar activamente para proponer las mejores prácticas de países europeos en donde este problema se ha convertido en una solución ganar-ganar.

Finalmente, buscamos que FICEM sea una entidad no sólo representativa de la industria sino capaz de establecer alianzas con sus pares en otros continentes. Contamos con miembros que tienen operaciones globales y ello nos abre también las puertas a las mejores prácticas de otras partes del mundo. A través de esas alianzas buscaremos que dichas prácticas puedan adaptarse a la nuestra realidad para beneficio de todos en armonía con las tendencias globales.

El cemento y el concreto han sido, a lo largo de la historia de la humanidad,

materiales sin los cuales nunca hubiera sido posible construir, literalmente, la civilización. La generación actual de miembros de esas industrias sabemos que, para preservar esa civilización, debemos ser capaces de evolucionar y estar a la altura de los nuevos retos. FICEM buscará estar en la punta de lanza de estas y otras iniciativas que nos acerquen a ese objetivo.

Seremos el medio para compartirlas y el vínculo técnico, con los grupos de interés, para promover una discusión racional y productiva. No existe otra organización que lo pueda hacer de mejor forma gracias al apoyo financiero, técnico y moral de todas las empresas que lo conformamos.

Me siento muy orgulloso del equipo técnico de FICEM y de la vocación de servicio con la que mis colegas de la Junta Directiva trabajan en esa dirección, para beneficio de todos los habitantes del continente.

A todos ustedes nos debemos, esperando que encuentren interesante nuestra más reciente edición de su revista.

La importancia de la infraestructura y el mantenimiento:

Casos de Colombia y América Latina



Ricardo J. Sánchez,

PhD, Oficial de Asuntos Económicos y responsable del Área de Infraestructuras de la Organización de las Naciones Unidas en la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)



Jeannette Lardé,

Economista. Unidad de Servicios de Infraestructura. División de Comercio Internacional e Integración, Organización de las Naciones Unidas en la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)

Este documento hace una revisión de la situación de las inversiones públicas y privadas en infraestructura económica en los últimos años (2008-2017), se pone especial énfasis en la infraestructura del transporte para los casos de Colombia y un grupo de países de América Latina. La revisión también proporciona algunas reflexiones sobre los patrones de inversión, el estado actual de los activos y la importancia de dar mantenimiento a dicha infraestructura. Se concluye con los múltiples beneficios de invertir en infraestructura para apoyar el crecimiento económico, la productividad y la competitividad.

Introducción

Las obras de infraestructura están presentes en la vida cotidiana de las personas, repercutiendo tanto en los aspectos económicos como en los sociales, y en el bienestar en general. Primero, las infraestructuras constituyen un factor imprescindible del proceso productivo al transportar y conectar una gran cantidad de personas y bienes, además de ser generadoras de empleo y determinantes para la competitividad y la eficiencia de los sistemas. Se-

gundo, las obras de infraestructura tienen impactos en la calidad de vida de las personas, al proporcionar mayores y mejores accesos a prestaciones sociales y servicios públicos diversos, como la salud y la educación. Tercero, las infraestructuras aumentan el bienestar al facilitar la convivencia social y la recreación, haciendo posible la construcción del capital social.

Casi cualquier actividad es inconcebible sin la infraestructura, sin ésta, no habrían sido posibles diversos fenómenos de desarrollo reciente como la globalización, la producción en varios países de distintas partes de un solo producto, la coexistencia de ciudades dormitorio y centros urbanos, los fly-in fly-out jobs, el turismo de masas, la mayor cobertura de electricidad en hogares alejados gracias a los paneles solares o a la energía eólica, solo para mencionar algunos.

Gran parte de este artículo se basa en el capítulo 3 del documento “Perspectivas de comercio internacional de América Latina y el Caribe 2019”, (LC/PUB.2019/20-P), Santiago.

La brecha de infraestructura constituye un freno al crecimiento

Distintos estudios constatan la relación positiva entre la inversión en infraestructura y el crecimiento económico, dando cuenta de la importancia de ésta como sustento del desarrollo económico y social. Algunos ejemplos de estos estudios son, Calderón y Servén (2002), Calderón y Servén (2004), Urrunaga y Aparicio (2012), Aschauer (1989).

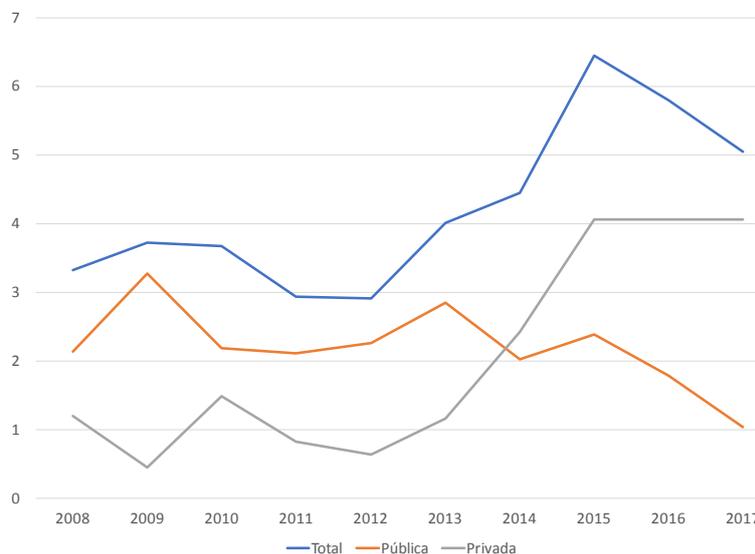


Figura 1. Colombia: inversión en infraestructura por sector, público y privado, 2008-2017 (En porcentajes del PIB)

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de INFRALATAM (<http://infralatam.info/>) y Private Participation in Infrastructure Database (<https://ppi.worldbank.org/en/ppi>).

Notas:

* Incluyen los siguientes sectores: transporte, energía, telecomunicaciones, agua y saneamiento.

** Debido a falta de información actualizada se ha supuesto que los datos de inversión privada de 2016 y 2017 son iguales a los de 2015.

Pese a este reconocimiento, la disponibilidad de infraestructura presenta grandes deficiencias en los países de América Latina y el Caribe. Por ejemplo, en promedio solo el 23% de la red vial de la región está pavimentada (Sánchez y otros, 2017), y también escasa la asignación de fondos para su mantenimiento y reparaciones. Adicionalmente, muchos de los sistemas de ferrocarril

se encuentran prácticamente abandonados y se caracterizan por su obsolescencia y desarticulación. Por otro lado, el crecimiento de los volúmenes de tráfico aéreo y marítimo internacional ha puesto una fuerte presión sobre las infraestructuras, pero la falta de espacio para la construcción o ampliación de puertos y aeropuertos es un obstáculo importante.

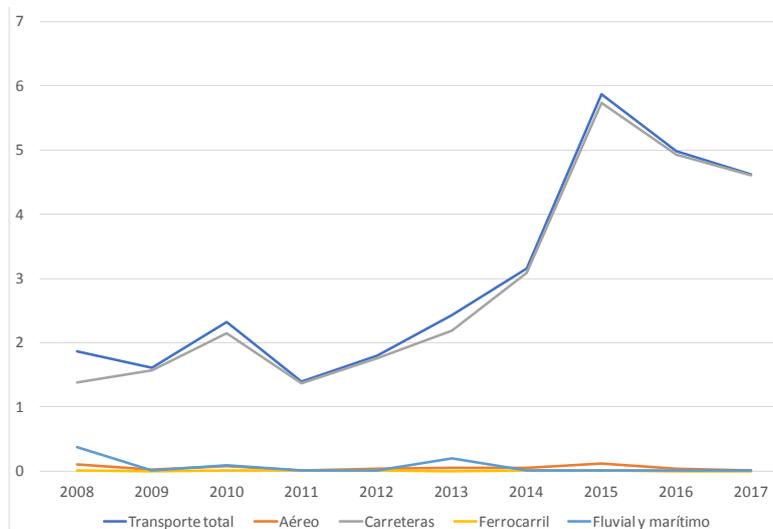
En Colombia, la inversión en infraestructura económica² promedió un 4,2%³ del PIB en el período 2008-2017. El mayor coeficiente se observa en 2015 cuando alcanzó un valor de 6,4%. Más del 50% de dichos montos proviene de la inversión pública y el resto corresponde a inversión en proyectos público-privados. Véase **Figura 1**. Por subsectores de infraestructura, esa misma inversión se distribuye de la siguiente manera: el 71% se ha dirigido a la inversión en transporte, el resto está compuesto por 11% en telecomunicaciones, 10% en agua y saneamiento y 8% en energía.

La inversión en transporte en el período 2008 - 2017 promedió un 3% del PIB, mostrándose al alza en los primeros años, pasando de 1,9% en 2008 a 5,9% en 2015. Dicho monto promedio fue superior a lo invertido en América Latina, donde se gastó 1,2% del PIB⁴.

No obstante, el mejor desempeño en cuanto a montos relativos de inversión, la distribución por modos de transporte en Colombia mostró una mayor concentración en carreteras. El monto promedio de inversiones en

transporte se distribuyó de la siguiente manera: 95,7% en carreteras, 2,4% en transporte fluvial y marítimo, 0,2% en ferrocarriles y 1,7% en transporte aéreo. Mientras que en América Latina⁵, dichos porcentajes se distribuyeron como sigue, 76,1% en carreteras, 14,3% en transporte fluvial y marítimo, 4,3% en ferrocarriles y 2,5% en transporte aéreo. Véase la **Figura 2**.

Recientemente, los problemas de congestión, accidentalidad, polución y otras externalidades negativas asociadas al tráfico por carretera han gatillado el debate sobre la planificación de infraestructuras y el cambio en la distribución modal hacia modos más sostenibles y con menores emisiones. En este contexto, se resaltan las ventajas del ferrocarril y del transporte acuático, por su ahorro de combustibles y la menor cantidad relativa de emisiones contaminantes, para determinados tráficos. En los últimos años se han observado intentos de privilegiar otros modos, como en Argentina, Chile y Perú con mayor inversión en el ferrocarril, y Costa Rica y Honduras en puertos. Sin embargo, la matriz de transporte regional sigue estando fuertemente concentrada en carreteras.



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de INFRALATAM (<http://infralatam.info/>) y Private Participation in Infrastructure Database (<https://ppi.worldbank.org/en/ppi>).

Notas:

* Incluye la inversión del sector público y del sector privado.

** Debido a falta de información actualizada se ha supuesto que los datos de inversión privada de 2016 y 2017 son iguales a los de 2015.

Figura 2. Colombia: inversión en infraestructura del transporte, 2008-2017 (En porcentajes del PIB)

²La infraestructura económica en este documento incluye transporte, energía, telecomunicaciones y agua y saneamiento.

³Por falta de información, este promedio incluye el supuesto de que la inversión privada del año 2016 y 2017 es igual a la de 2015.

⁴Este promedio es de 2008 a 2016 e incluye los siguientes países: Argentina, Bolivia, Brasil, Costa Rica, Guatemala, Guyana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú y Trinidad y Tobago.

⁵Se incluyen los siguientes países: Argentina, Bolivia, Brasil, Costa Rica, Guatemala, Guyana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú y Trinidad y Tobago.

En este contexto, Sánchez y otros (2017) estimaron que, para cerrar la brecha en infraestructura económica para avanzar hacia el desarrollo económico y social, América Latina necesita invertir anualmente al menos un 6% del PIB (456.933 millones de dólares de 2010).⁶Dicho monto equivaldría a invertir un total de 6.854 miles de millones de USD en 15 años (desde el 2016 hasta el 2030), ex-

presado en USD de 2010. Dichos cálculos constituyen una aproximación agregada para seis países de la región, por supuesto los resultados serían distintos para cada país. Además, en el ejercicio se asume que en el futuro se repetirá el patrón de inversiones hasta ahora efectuado, sin considerar distintas mejoras en los proyectos, en su planificación, diseño, y ejecución.

Se necesitan mejores inversiones y más mantenimiento

No es suficiente con incrementar las obras de infraestructura, también hay que ejecutar mejores inversiones y dedicar recursos permanentes al mantenimiento y las reparaciones. Como lo ha señalado CEPAL (2019), la infraestructura debe construirse y mantenerse estableciendo ciertos estándares mínimos de seguridad, y promoviendo los siguientes tres atributos: eficiencia, resiliencia y sostenibilidad. Adicionalmente, la política de transporte debe considerar una perspectiva de red incorporando el criterio de comodidad. Una visión comodal del transporte se entiende “como la búsqueda de eficiencia en la distribución del transporte y sus servicios para cada viaje, mediante la utilización óptima de cada medio de transporte y su eventual combinación con otros. esta visión debe apelar al uso de instrumentos regulatorios del mercado y de las características técnicas de la actividad, que impulsen el cambio modal hacia la sostenibilidad” (Sánchez y Cipoletta Tomassian, 2011).

En América Latina, la actual red de carreteras, arterias, calles, caminos, y vías férreas, incluidas sus obras com-

plementarias constituyen el patrimonio de la infraestructura vial de la región construida con el esfuerzo de las generaciones pasadas, presentes y futuras (ya que en algunos casos hay créditos comprometidos a largo plazo). Gran parte de esta red vial muestra preocupantes signos de deterioro, incluso en algunos casos el desgaste es tan grande que es imposible repararlas, debiendo ser construidas nuevamente⁷.

Para que las redes viales contribuyan a la eficiencia del sistema productivo, los países deben cuidar sus activos de infraestructura, dándoles mantenimiento y reparación de manera oportuna. Lo ideal es contar con un plan de mejoras y mantenimiento de toda la red vial de acuerdo con el estándar propio de cada camino.

En muchos países, los usuarios expresan su preocupación por la falta de financiamiento de los activos de transporte y por el mal estado de la infraestructura existente, porque les ocasiona gastos excesivos en combustible, mantenimiento y reparaciones de los vehículos, tiempos de traslado mayores y mayor número de accidentes, entre otros. En América Latina, las quejas se refieren al efecto sobre la competitividad que tienen el estado de las carreteras, la congestión vial y los largos tiempos de espera en puertos y puestos fronterizos, como se observó, entre otros, en el caso de los pequeños y medianos mineros de carbón en Colombia⁸.



⁶Estos cálculos incluyen gasto en mantenimiento y reparaciones. Los subsectores incluidos son redes viales, ferrocarriles, electricidad, telecomunicaciones, agua y saneamiento. Si se incluyeran puertos y aeropuertos las necesidades de inversión serían mayores.

⁷Como referencia véase Andreas Schiessler, 1992.

⁸<https://www.cepal.org/es/publicaciones/42425-infraestructura-logistica-mejor-gobernanza-la-cadena-carbon-colombia>

Los costos del mantenimiento de los activos durante su vida útil son de una cuantía inferior a los de la fase de construcción, pero no son despreciables, dado que se deben efectuar durante toda la vida útil de la infraestructura, que por lo general es muy larga (hasta cincuenta años o más en el caso de las carreteras). Los gastos anuales promedio en mantenimiento de carreteras para 30 países de la OCDE entre 1999 y 2017 ascienden a 0,3% del PIB. En este grupo de países, la tendencia desde 2006 ha sido decreciente, excepto por el año 2009. En el último año (2017) alcanza un valor de 0,23% del PIB, la cifra más baja del período (Figura 3).



En comparación, el promedio de Chile también es de 0,3% del PIB durante el período 1999 hasta 2016. Asimismo, desde 2002 se observa una tendencia al alza, aunque con gran variabilidad. En el caso de México, los datos promedian solo 0,08% del PIB desde 1999 hasta 2017. Hay una tendencia casi estable desde 2000 a 2007, luego de lo cual comienza una escalada (con ciclos) hasta 2016 y una fuerte caída del gasto en 2017. El caso de México representa al de muchos países de la región.

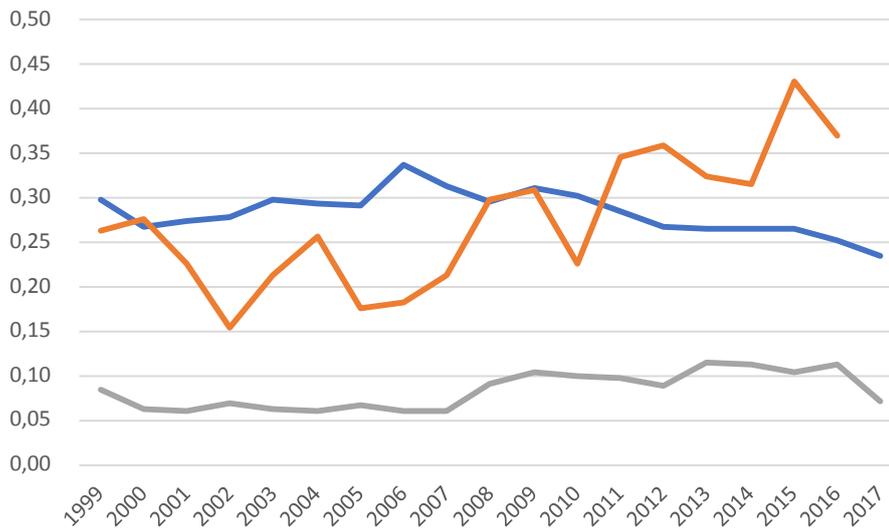


Figura 3. Países de la OCDE, México y Chile: Gasto en mantenimiento de infraestructura vial, 1999-2017 (En porcentajes del PIB)

Fuente: CEPAL sobre la base de datos de la OECD.

Respecto a las fluctuaciones del gasto en mantenimiento, Chile ha tenido un comportamiento más volátil que en México o en los otros países de la OCDE. La contracción de este gasto no solo tiene efectos en la demanda agregada y el empleo, sino también tiene un efecto negativo en la productividad, dado que los caminos en mal estado incrementan los costos y los tiempos de traslado de las mercaderías y las personas. Puesto que los caminos deteriorados pueden implicar una reducción en el stock de capital de la economía, también se amplía la brecha de infraestructura, influyendo en la trayectoria de largo plazo de la economía.

Conclusiones y recomendaciones



Los diagnósticos sobre el stock de infraestructura en la región revelan que es necesario incrementar los niveles de inversión y mantenimiento, preocupándose por la calidad de los activos y de la inversión para que sean capaces de ofrecer los servicios de infraestructura adecuados.

Para apoyar el crecimiento económico es fundamental que la infraestructura existente y la nueva se planifique y gestione de manera adecuada y permanente, solucionando los

problemas de cobertura, capacidad y equilibrio entre las distintas infraestructuras, y dando mantenimiento periódico a las redes para lograr niveles adecuados de servicios.

Entre los múltiples beneficios de invertir en infraestructura se cuentan: mayor productividad, mayor competitividad exportadora, menores costos de importación, mayor integración física entre los países y mejor integración en el comercio mundial y en las cadenas globales de valor.



Bibliografía



Aschauer, David Alan (1989), "Is public expenditure productive?", *Journal of Monetary Economics* 23.

Calderón, César y Luis Servén, (2004), "The effects of infrastructure development on growth and income distribution", *Central Bank of Chile Working Papers*, No. 270, Septiembre.

Calderón, César y Luis Servén, (2002), "The output cost of Latin America's infrastructure gap", *Central Bank of Chile Working Papers*, No. 186, Octubre.

CEPAL (2019), "Perspectivas de comercio internacional de América Latina y el Caribe 2019, El adverso contexto mundial profundiza el rezago de la región", (LC/PUB.2019/20-P), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago.

CEPAL (2015), *Estudio económico de América Latina y el Caribe: Desafíos para impulsar el ciclo de inversión con miras a reactivar el crecimiento* (LC/G.2645-P), Santiago.

Lardé, Jeannette (2016), "Situación y desafíos de las inversiones en infraestructura en América Latina", Edición N° 347 - número 3, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago.

Osorio, I. (2014), "Breve reseña histórica de las vías en Colombia", *Ingeniería Solidaria*, vol. 10, n.º 17, pp. 183-187, en.-dic., 2014

Sánchez y otros (2017), "Inversiones en infraestructura en América Latina: tendencias, brechas y oportunidades", serie Recursos Naturales e Infraestructura, N° 187 (LC/TS.2017/132), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), diciembre.

Sánchez. R. y G. Cipoletta (2011), *UNASUR: infraestructura para la integración regional* (LC/L.3408), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), noviembre.

Schliessler, Andreas y Alberto Bull (1992), *Caminos un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales* (LC/IN.129), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.

Urrunaga y Aparicio (2012), "Infraestructura y crecimiento económico en el Perú", en *Revista CEPAL* No. 107, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.

AGUDIO: INNOVACIÓN QUE ACORTA DISTANCIAS.



FLYINGBELT, BLONDINES, TELEFÉRICOS, SISTEMAS ESPECIALES POR CABLE.
Desde 1861, innovación, ingenio y fiabilidad son nuestros valores. Agudio es una marca, líder mundial en ingeniería y construcción de sistemas de transporte de material por cables.

Blondines

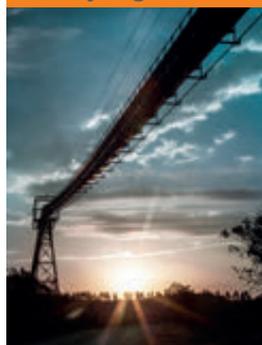


Teleféricos

Transporte de Materiales



Flyingbelts



Flying over obstacles, since 1861

Coprocesamiento de neumáticos fuera de uso en Latinoamérica:

¿Alternativa o compromiso ineludible?



Karina Potarsky

Directora del Centro INTI - Caucho
Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) – Argentina
Miembro del Comité de reciclaje en Sociedad Latinoamericana de Tecnología del Caucho (SLTC)



Emanuel Bertalot

Director del Comité de reciclaje en Sociedad Latinoamericana de Tecnología del Caucho (SLTC)

La Sociedad Latinoamericana de Tecnología del Caucho (SLTC) es una sociedad sin fines de lucro, fundada en 1996 con el objetivo de reunir a profesionales, académicos y empresarios del sector. Actualmente cuenta con más de 5.500 socios de 38 países, incluyendo también participantes de EE.UU., Europa y Asia.

Desde su creación, la SLTC se ha propuesto ser una herramienta de impulso al conocimiento tecnológico, empresario y de gestión en el ámbito de la industria del caucho, apostando a su idea original de consolidar los vínculos de amistad entre los técnicos del rubro con una serie de misiones claras:

- Promover el impulso y la difusión del conocimiento en la tecnología del caucho, a través de investigaciones, cursos, seminarios, congresos, ferias y publicaciones.
- Reunir a todas las personas de habla hispana, vinculadas a la tecnología del caucho y actividades afines.

- Mantener el intercambio entre técnicos, asociaciones, universidades, centros de investigación y empresas dedicadas al sector del caucho.

La SLTC cuenta con un Comité de Reciclaje, creado a fines del año 2019. El mismo constituye un espacio en el que interactúan en forma activa los actores relacionados con la actividad del reciclaje del caucho en Iberoamérica. Este espacio nace con la finalidad de propiciar la promoción y el desarrollo de actividades ligadas al reciclaje del caucho, como proyectos de investigación y desarrollo, vinculaciones, difusiones, capacitaciones, congresos y jornadas entre otras.

A pesar de atender a una temática específica, el Comité de Reciclaje posee una diversidad de especialidades que propició la creación de subcomités para cada una de ellas. Cada subcomité posee su grupo de interés, así como objetivos generales y específicos.

Los subcomités creados son:

- Renovado de neumáticos
- Asfalto caucho
- Pirólisis
- Sistemas de gestión
- **Coprocesamiento**
- Legislación
- Investigación y desarrollo

En el caso del Subcomité de Coprocesamiento, algunos de sus objetivos son:

- Colaborar con investigadores, académicos y profesionales de la industria que desarrollen estudios acerca del coprocesamiento de NFU, mediante el aporte de información disponible, acceso a autores, vinculación con organismos, entre otros casos.
- Estrechar vínculos con la industria cementera regional para viabilizar oportunidades de acercamiento y colaboración, y con otras entidades externas que deseen mejorar sus planes de sostenibilidad.
- Trabajar en conjunto con gobiernos iberoamericanos para colaborar en la coordinación y desarrollo de instrumentos normativos adecuados, con el fin de regular, controlar y mejorar la práctica del coprocesamiento de neumáticos en la industria cementera.



Introducción

Según el Convenio de Basilea, los neumáticos fuera de uso **no se encuentran clasificados como residuos peligrosos**; sin embargo, su degradación requiere de cientos a miles de años, por lo que generan problemas ambientales y a la salud cuando no reciben una gestión adecuada.

Una de las mayores dificultades para su gestión es el desafío que representa su amplia dispersión territorial. Además, su logística inversa en su forma original, es decir, sin ser procesados, es costosa. Por otro lado, la reducción mecánica del volumen demanda mucha energía al tratarse de productos muy robustos, y esto no compensa los costos logísticos.

Según la experiencia internacional, no es aconsejable acumular neumáticos sin determinar previamente un destino de aprovechamiento ambientalmente adecuado, ya que, a pesar de no tratarse de un material inflamable, un incendio en estos lugares es de muy difícil control y

extinción. Además, ello generaría emisiones gaseosas nocivas al ambiente y a la salud de la población, con humos tóxicos y generación de material particulado. Por último y no menos importante, los neumáticos son lugares propicios para la propagación de roedores, mosquitos y otros vectores de transmisión de enfermedades, como el dengue, zica y chikungunya.

Por ello, los neumáticos necesitan ser tratados, y uno de los métodos utilizados en el mundo es el coprocesamiento, mayormente empleado en plantas de producción de cemento, utilizando entre otros residuos, neumáticos fuera de uso (NFU), en reemplazo parcial de otros recursos convencionales y no renovables, como el gas natural o el coque de petróleo (petcoke). En el gráfico se muestra un comparativo con otros combustibles utilizados en la industria:

Combustible	Energía (GJ/t)	Emisiones (kgCO ₂ /t)	Emisiones (kgCO ₂ /GJ)
Neumáticos	25-35	2,72	85
Carbono	27	2,43	90
Coque de petróleo	32,4	3,24	100
Gasóleo	46	3,22	70
Gas natural	39	1,989	51
Madera	10,2	1,122	110

Fuente: Consejo Empresarial Mundial de Desarrollo Sostenible (WBCSD), 2005 - CO₂ Emission Factors of Fuels.

Figura 1. Contenido energético y emisiones de dióxido de carbono de los combustibles.

Adicionalmente al aporte energético que brindan los neumáticos, sus componentes orgánicos y minerales que no se transforman completamente en energía se incorporan al clínker. De esta forma, los neumáticos fuera de uso son aprovechados íntegramente, sin generarse ningún tipo de residuo o material remanente por gestionar.

Existen diversos estudios que demuestran que, con las prácticas, tecnologías y controles adecuados, las emisiones del proceso de producción de cemento, no se ven afectadas negativamente por el coprocesamiento de NFU.

En relación al orden de jerarquía entre alternativas para el manejo de neumáticos usados y de desecho, el Convenio de Basilea establece al coprocesamiento como una de las opciones más convenientes. Entre sus ventajas podemos citar la disminución de generación de GEI (Gases de Efecto Invernadero) en comparación con el uso de fuentes energéticas tradicionales, la reducción del pasivo ambiental, el manejo sostenible de los NFU, la concientización ambiental y de gestión de residuos, la generación de empleo y la prevención de la disposición de NFU en rellenos sanitarios o vertederos, entre tantas otras.

Comité de Reciclaje

El Comité de reciclaje ha comenzado a recopilar información en la región y el estado de situación de las problemáticas y soluciones que afronta cada país, para brindar un acceso claro y fácil a dicha información a otras partes interesadas, con el único fin de colaborar en la gestión adecuada de los neumáticos fuera de uso. A continuación, se muestra una primera mirada del estado de situación construida desde el Comité de Reciclaje, con el objetivo de potenciar proyectos y fomentar espacios colaborativos que impulsen el

intercambio de información y conocimiento entre los participantes. Sabemos que falta un camino largo por recorrer, pero el primer paso ya está dado.

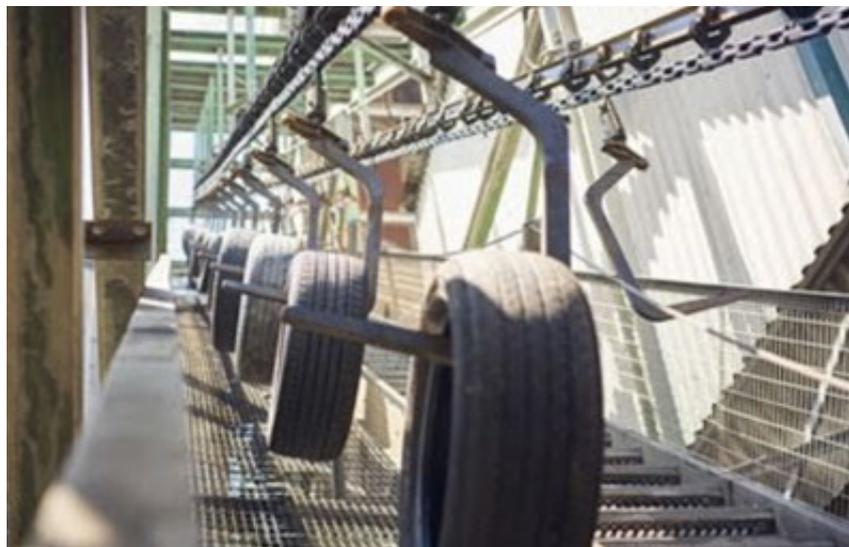
Debido a la gran cantidad de material de investigación y de estudios que existe en relación al coprocesamiento de NFU, el Subcomité de Coprocesamiento tiene entre sus objetivos, la difusión de estos recursos en las comunidades en que exista la posibilidad de ejercer este tratamiento a los NFU. El subcomité tiene funciones ligadas al apoyo local de las campañas de recolección de neumáticos para coprocesamiento, sea a través de difusión, vinculación de los interesados, aporte de material técnico y el contacto con autores de investigaciones.

Coprocesamiento en Latinoamérica

El manejo de los residuos en Latinoamérica no es un tema de sencilla resolución. En muchas ocasiones no contamos con estadísticas confiables, ni marcos normativos adecuados para promover soluciones más sostenibles. Los neumáticos fuera de uso no están exentos de esta situación.

Existe una evidente necesidad de las industrias, el Poder Público y la sociedad misma de comenzar a incursionar en diferentes tecnologías para gestionar sus residuos de manera sustentable, ya que, en algunas ocasiones, el tratamiento aplicado sobre los mismos no representa un modelo sostenible en el tiempo.

En el caso específico de los neumáticos, se observa una tendencia positiva para el uso de los mismos en la industria cementera. En algunas oportunidades, el coprocesamiento es viabilizado a través de proyectos impulsados por la propia industria, mientras que en otras ocasiones es propiciado por los mismos gobiernos locales, mediante leyes, resoluciones, normas y reglamentaciones que promueven una gestión ambientalmente adecuada de los residuos. Con diferencias entre los países de la región, algunos países se encuentran trabajando en la temática desde la década de 1990, mientras que otros aún no cuentan con ningún tipo de legislación. Aún en este contexto existen acciones voluntarias de los municipios y las empresas para posibilitar el coprocesamiento de los NFU, lo que constituye un claro ejemplo de compromiso social y ambiental de la industria del cemento, fomentando acciones con la comunidad y prácticas ambientales que contribuyen a la mitigación del Cambio Climático.



Brasil

Si tomamos en cuenta el nivel de sustitución térmica alcanzado por la industria del cemento, Brasil posee los valores más altos de la región, y se destaca por contar con lineamientos ambientales y marcos regulatorios adecuados basados en el Convenio de Basilea desde el año 1999. Esto permitió el desarrollo de acciones de coprocesamiento de NFU en la industria de manera sostenida. A través de la adhesión al Convenio de Basilea, Brasil procuró impedir el tráfico ilegal de residuos, y se establecieron mecanismos de cooperación internacional para una gestión ambientalmente adecuada.

Lo que motivó la aparición de la legislación brasileña en materia de gestión de NFU fue establecer la prohibición de importación de neumáticos usados, y fijar la necesidad de llevar a cabo una gestión posconsumo del residuo, mitigando problemas ambientales y de salud derivados de su disposición inadecuada.

Los fabricantes e importadores de neumáticos nuevos, de manera compartida o individualmente, deben implementar puntos de recolección de los NFU. Según datos de IBAMA (Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables) del año 2018, en base a información proporcionada por 18 empresas fabricantes de neumáticos de ese país y de 501 importadoras de neumáticos nuevos, el sistema de gestión implementado cuenta con 1949 puntos de recolección y el nivel de cumplimiento de la meta de recuperación fue del 96,7 % (566.323 t recuperadas de 574.933 t generadas). El 57,6 % de los NFU recuperados se destinó a coprocesamiento en la industria del cemento, siendo el principal destino de valorización para más de 326.000 t de NFU.

Actualmente, cerca del 85 % de las fábricas del Brasil pueden coprocesar NFU, en 24 plantas distribuidas en 12 estados. Algunas plantas cementeras coprocesan alrededor de 3.000 t de NFU por mes. Los avances en el coprocesamiento de NFU han sido de éxito significativo, observando además que otras aplicaciones sustitutas, por ejemplo, su uso como combustible alternativo y en la industria del papel o para la generación eléctrica han tenido un muy bajo grado de implementación.

Los contratos de comercialización con las cementeras se desarrollan a plazos de 2 a 5 años, estableciéndose en cada caso un acuerdo sobre un volumen de NFU a proveer, los requerimientos granulométricos, y las condiciones logísticas. En ocasiones, se ha acordado la creación de centros de trituración dentro de las plantas cementeras para reducir los costos logísticos del sistema.

Uruguay

Uruguay no dispone de producción nacional de neumáticos, por lo que todos los neumáticos utilizados provienen de importación, que equivale aproximadamente a unas 15.000 t al año.

En base a una preocupación relativa al riesgo ambiental asociado por la incorrecta gestión de los NFU, reglamentó en diciembre de 2015 el Decreto 358/2015, que identificó a los importadores de neumáticos como responsables por la generación del residuo, y fijó como modelo de gestión para este tipo de residuo al principio de responsabilidad extendida del productor (REP). Asimismo, estableció que los responsables designados debían presentar en 2016 un Plan Maestro para la gestión ambientalmente segura de neumáticos y cámaras fuera de uso (NCFU) ante la Administración Pública, en el que se indicara una propuesta para lograr la gestión de los NFU.

Los Planes Maestro de Gestión debían presentar alternativas de gestión para los NCFU siguiendo el siguiente orden de jerarquía: 1) Reúso, 2) Reciclado, 3) Valorización energética.

A los efectos prácticos, la valorización energética en la industria cementera ha sido configurada como la principal opción de destino, siendo la compañía FADIMAX la encargada de la trituración, y la empresa Cementos Artigas (Planta Minas) la que realiza el coprocesamiento de los NFU como destino principal y mayoritario.

El acuerdo de provisión a la empresa cementera se estableció a un plazo de 10 años, a "costo cero" de logística, recepción y trituración de los NCFU para la planta cementera. La implementación del sistema de gestión en el marco legal adecuado brindó las garantías necesarias para asegurar un abastecimiento sostenible del material a la planta, y viabilizar así una inversión significativa a cargo de la empresa cementera para adecuar instalaciones en planta. Esta inversión fue dimensionada para atender un volumen de NCFU de 6.000 a 9.000 t al año, lo que permite asegurar una línea base de un tratamiento ambientalmente adecuado, proporcional a la generación de NCFU en ese país.

Según las memorias de sostenibilidad de Cementos Artigas en 2018-2019, se ha logrado la sustitución de combustibles fósiles del 29,3 % en 2018 y de 33,4 % en 2019, a través del uso de distintos recursos alternativos, incluyendo a los neumáticos y cámaras fuera de uso. La utilización de neumáticos para sustituir combustibles de origen fósil ofrece beneficios para la empresa y la sociedad, constituyéndose en el destino principal de valorización de este residuo a nivel nacional. Al momento se han coprocesado más de 11 mil t de neumáticos.

Chile

Este país cuenta con legislación específica para el tratamiento y disposición final de los neumáticos de desecho desde mayo del 2016, que se basa en la aplicación de los criterios de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) y progresividad para la recuperación y gestión de cantidades incrementales de NFU en la medida en que se desarrolle la capacidad industrial para cumplir las metas de valorización definidas en el Decreto Supremo publicado en 2019. Las primeras metas se establecen para el año 2021, y aumentan gradualmente hasta enero de 2028, cuando alcanzarán el 90 %. Según la Cámara de la Industria del Neumático de Chile, la generación de neumáticos fuera de uso en ese país se estima en 194.000 t anuales. En ese país, la empresa Cementos Melón fue pionera en impulsar el Coprocesamiento de NFU, con experiencia desde el año 2003.



Argentina

Con una generación anual estimada mayor a 150.000 t al año, en Argentina aún no existe legislación específica para la gestión ambientalmente segura y sostenible de los neumáticos al final de su vida útil. Además de enfrentar la falta de un marco legal adecuado, la extensión geográfica de este país dificulta la logística inversa y aumenta los costos derivados de la recolección de los NFU.

A pesar de lo anteriormente expuesto, a partir del año 2017, la industria cementera logró incentivar a nivel regional el coprocesamiento de NFU, a través de un acuerdo con el Gobierno de la provincia de Jujuy.

Al día de la fecha, la empresa Geocycle Argentina suscribió acuerdos con gobiernos de 5 provincias (Córdoba, Jujuy, San Luis, Salta y Mendoza) y 25 municipios. Según información de prensa de la compañía, como resultado de estas gestiones, en 2018 se ha logrado coprocesar unas 1100 t de NFU, en 2019 unas 3100 t, y durante este año 2020 ya se alcanzaron las 2500 t de NFU.

Colombia

En función a la información proporcionada por miembros del Comité, Colombia posee legislación específica para la gestión adecuada de los NFU desde el año 2013, que responsabiliza a productores nacionales e importadores de neumáticos a la gestión posconsumo de los mismos en línea con el criterio REP. La generación anual es de aproximadamente unas 110.000 t anuales de NFU, estimándose en la actualidad que entre 7500 a 8000 t de NFU al año son coprocesados.

Cementos Argos suscribió un convenio con la Administración de Bogotá, que establece la creación de un programa de aprovechamiento de neumáticos cuya vida útil haya concluido. Estas llantas ya son usadas como combustible alternativo en el horno cementero de Rioclaro, con capacidad para coprocesar unas 20.000 t al año.



México

México posee un Plan de Manejo de Neumáticos usados de desecho, está elaborado siguiendo el contenido mostrado en la Norma Oficial Mexicana - NOM-161-SEMARNAT-2011, que establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos al Plan de Manejo, planteando como estrategia de sustentabilidad el logro de un bienestar ecológico, mediante la recuperación de los neumáticos usados provenientes de la industria, el sector público, los comerciantes y/o el desecho de los usuarios/propietarios o población en general.

Según los datos reunidos por miembros de nuestro Subcomité, al menos el 90 % de los neumáticos que se gestionan adecuadamente en este país finalizan su vida en un horno cementero recibiendo el tratamiento de coprocesamiento. Según las estadísticas, el último recuento anual aproximado de generación de NFU del que se tiene registro es de 32 millones.



Fuente: CANACEM

Conclusiones



El 2020 ofrece desafíos importantes por el contexto que estamos transitando. Aun es desconocido el impacto que dejará el Covid 19, pero sí debemos estar seguros de que el mundo ya no será el mismo.

Desde el Comité de Reciclaje de la SLTC estamos enfocados en cumplir nuestros objetivos, entre los cuales está impulsar las buenas prácticas para el tratamiento de los NFU. Además, trabajamos para contar con estadísticas transparentes y de fácil acceso, comunicar a las comunidades sobre las ventajas y desventajas de cada proceso y facilitar las vinculaciones institucionales y comerciales a nivel regional en un principio.

A pesar de no estar en el mejor de los escenarios, de no contar con políticas claras en algunos países para el tratamiento de NFU, el Comité de Reciclaje observa una tendencia positiva en la región hacia la mejora en la gestión de los neumáticos, incluyendo al coprocesamiento.

Por último, mencionamos que desde la SLTC contamos con un gran interés en realizar alianzas estratégicas con organismos como la Federación Interamericana del Cemento (FICEM), dado su compromiso con la sostenibilidad, experiencia y logros en los temas de coprocesamiento en la industria cementera regional.





TRABAJANDO UNIDOS,
CONSTRUIMOS
LOS CIMIENTOS
PARA UN MEJOR PAÍS

En UNACEM creemos que, más allá de las obras, el verdadero desarrollo se da en las personas. Por eso, trabajamos de la mano con las comunidades, mejorando su seguridad e infraestructura, beneficiando a más de 9 mil personas que ahora tienen acceso a servicios básicos como agua y alcantarillado.

UNACEM
Construyendo oportunidades
JUNTOS

Valorizar los residuos:

El desafío de la industria cementera al 2030¹



Carlos Pinilla

Data Scientist
Omniscien Analítica Ambiental

La búsqueda de valorización de residuos no es un desafío nuevo para la industria cementera; este proceso de recuperación y tratamiento de residuos comienza a darse en forma extensiva, especialmente en Europa a partir de los años 2000, principalmente como consecuencia de las políticas y protocolos internacionales de reducción de disposición de residuos en rellenos sanitarios.

Este artículo es un resumen, circunscrito a el caso de los residuos sólidos urbanos RSU, del estudio “Potencial de valorización de residuos en la industria cementera al año 2030” realizado por FICEM, en donde se aborda la valorización de distintos residuos (cenizas volantes, escorias, neumáticos fuera de uso) como combustibles y minerales, buscando que estos recursos se mantengan dentro de la cadena de valor de bienes y servicios.

1. El desafío de los residuos sólidos urbanos en ALyC

En el mundo se generan 2 mil millones de toneladas de RSU al año, de las cuales más de una tercera parte no tienen un manejo ambientalmente seguro, además se proyecta que para el 2050, la producción de estos residuos crezca tres veces más en los países de bajos ingresos. [World Bank 2016]

¹Este artículo es parte de un estudio de FICEM sobre el “Potencial de valorización de residuos en la industria cementera al año 2030” cuyos autores son Carlos Pinilla, Patricio Flores y Francisca Mieres Soto.

La tasa promedio mundial de producción de residuos es de 0,74 Kg/hab/día [Banco Mundial], mientras que, en Latinoamérica y El Caribe, la tasa de RSU promedio es de aproximadamente 1 Kg/hab/día (Figura 2) lo que se traduce en una cantidad de aproximadamente 226 millones de toneladas/año.

A una tasa promedio de recolección de 84 % estamos en presencia de aproximadamente 36 millones de toneladas de residuos que no son recolectados al año en ALyC.

Esto significa que son dispuestos de forma inadecuada en sitios eriazos o cuerpos de agua, trayendo consigo proliferación de vectores de enfermedades, tales como la leptospirosis, el paludismo (malaria), el cólera y el dengue.

Para aquellos residuos que, si son recolectados en ALyC, un 20,8% van a parar a basurales a cielo abierto, donde también se producen impactos sanitarios y ambientales, dado que no consideran medidas sanitarias, tales como, cobertura diaria o impermeabilización de las superficies de depositación. Esto sumado a la acumulación de estas grandes masas de residuos en un solo lugar, muchas veces sin los estudios geotécnicos pertinentes, implican un riesgo de desplazamientos o remoción en masa y la posibilidad de incendios de difícil control y generación de humos tóxicos.

Un 67,7 % de residuos son dispuestos en rellenos sanitarios controlados, los cuales, pese a contemplar medidas sanitarias de control, no llegan a ser la solución completa al problema con importantes efectos socioambientales. Así, incluso considerando las mejores prácticas de recolección y disposición, se generan impactos por el uso de cantidades importantes de suelo, pérdida de valor paisajístico y de calidad de vida en las áreas donde se emplazan, además de la generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) (por el uso de energía para su recolección/tratamiento y la metanización de la parte "orgánica" de los residuos). En este punto cabe recordar que el metano es un GEI 20 veces más poderoso que el CO₂.

Así las cosas, solo un 4% de los RSU es reciclado o reutilizado (incluido el compostaje) en ALyC lo cual está muy lejos del 46% [EUROSTAT 2016] de la Unión Europea.



En América Latina, anualmente, más de 36 millones de toneladas de residuos no son recolectados y casi 39 millones de toneladas se destinan a basurales o quema a cielo abierto. De aquí la importancia del coprocesamiento como solución sanitaria y ambiental para el problema de los residuos

[BANCO MUNDIAL 2016].



Figura 1. Relleno sanitario sin cobertura de residuos.

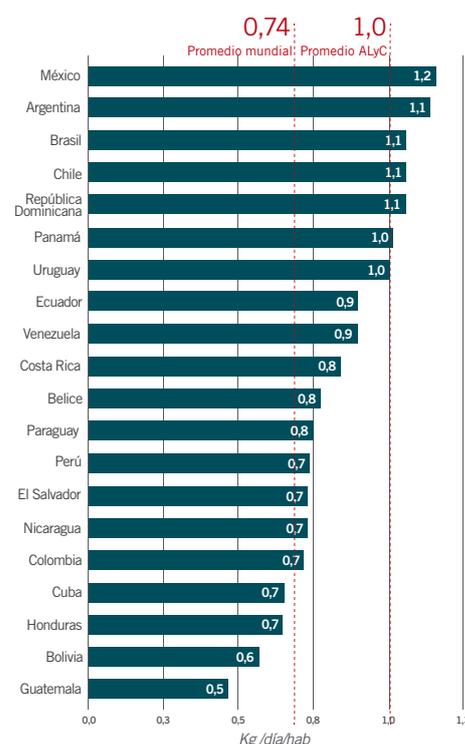


Figura 2. Tasa de generación de RSU en países de América Latina y el Caribe para 2016 (Kg/día/hab).



Figura 3. Participación de destino de residuos sólidos urbanos en América latina y el Caribe.

2. Europa como ejemplo de gestión de residuos

Europa, con el fin de evitar o reducir los impactos anteriormente descritos, ha tenido políticas sistemáticas tanto en reducción de generación de residuos, reciclaje, reutilización y distintas formas de eliminación; dichas políticas han dado origen a la jerarquía de gestión de residuos (Figura 4), posicionándose como un referente para legislaciones del resto del mundo.

A continuación, se describen las principales diferencias entre las tres formas de eliminación térmica de residuos que figuran en la pirámide (Figura 4); coprocesamiento, waste to energy e incineración.

- Coprocesamiento:** Es una alternativa de valorización energética de residuos que consiste en aprovechar la energía proveniente de los residuos e incluir las cenizas generadas como parte del clinker manteniendo las garantías ambientales y de calidad del producto. El uso de residuos como combustible alternativo en hornos de cemento, requiere que el proceso de combustión alcance temperaturas entre 1.500 y 1.600°C, lo cual permite la eliminación completa de patógenos, así como la minimización de emisiones de compuestos como dioxinas y furanos. Asimismo, sus emisiones de material particulado y otros contaminantes a la atmósfera son neutralizados a través de sistemas de abatimiento ya disponibles en estas instalaciones, por lo tanto, no aumentan la carga contaminante a nivel local. Su tasa de eliminación es del 100%, dado que las cenizas de la combustión quedan incorporadas en el clinker, como una forma de reutilización de largo plazo. Además, no requiere de inversiones importantes salvo aquellas adaptaciones que dependen de la forma y composición de los residuos, para elaborar un combustible que los hornos puedan combustionar. Al reemplazar el uso de combustibles fósiles convencionales por

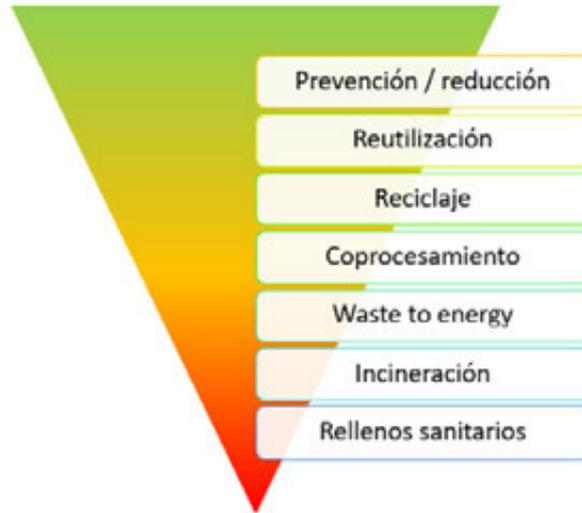


Figura 4. Pirámide de jerarquía de gestión de residuos propuesta por Global Cement and Concrete Association GCCA.

residuos, con un porcentaje de origen biogénico, se producirá una reducción en las emisiones de CO₂ en la fabricación del cemento. Si a esto sumamos las emisiones de CO₂ y metano evitadas, tanto por su gestión como por metanización en rellenos, la reducción neta de emisiones de CO₂ podrá neutralizarse por completo.

- Waste to energy:** Entendida como la generación de energía eléctrica a partir de la combustión de residuos, requiere de una inversión inicial importante en las instalaciones. Produce cenizas como residuo las cuales, por lo general, se disponen en rellenos sanitarios. En la mayoría de los casos requerirá del uso de combustibles fósiles convencionales para apoyar la combustión, lo que implica emisiones de CO₂ adicionales. La combustión a temperaturas del orden de 400 °C no garantiza la eliminación de todos los compuestos tóxicos incluyendo la generación de dioxinas y furanos.
- Incineración:** Tratamiento térmico de residuos con fines sanitarios, con o sin aprovechamiento de energía. Requiere de inversiones iniciales y costos de operación. Produce cenizas como residuo las cuales, por lo general, se disponen en rellenos sanitarios. Generalmente no son instalaciones de gran tamaño y por lo tanto no pueden incinerar a temperaturas demasiado altas, generando sustancias tóxicas. En algunos casos, especialmente en América Latina y El Caribe, corresponden a instalaciones sin las condiciones óptimas tanto de ingeniería, construcción y operadas por personal de baja calificación.



El uso de residuos como combustibles alternativos para la producción de clínker es un importante eje de reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI), tanto por su contenido de carbono biogénico como por las emisiones evitadas en la metanización y quemas sin control.

3. Uso de residuos como energía por la industria del cemento

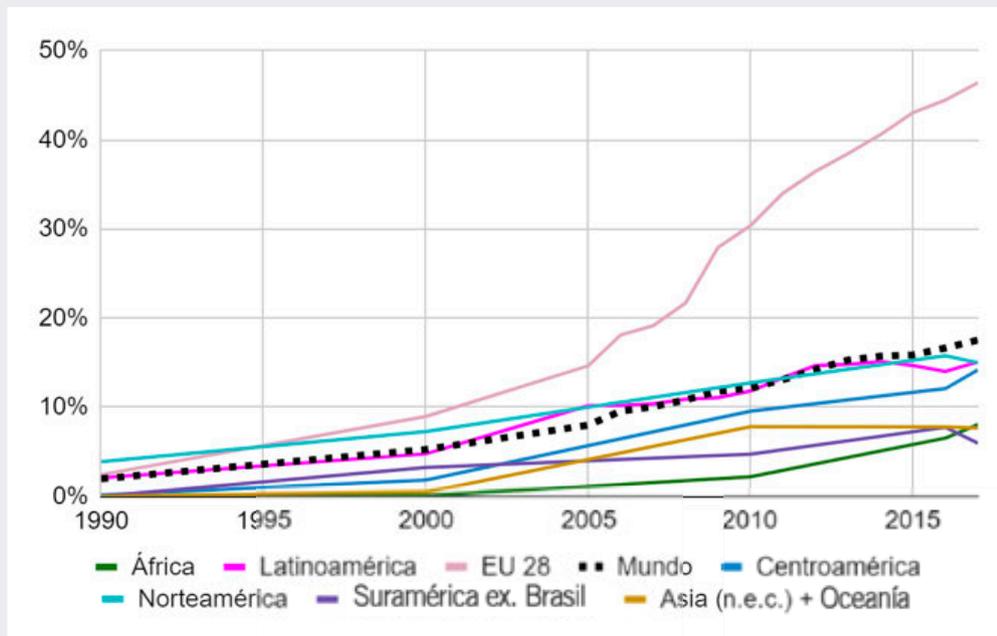


Figura 5. Curvas de evolución de coprocesamiento en distintas regiones del mundo [GNR 2017]

El coprocesamiento es una práctica que lleva al menos 3 décadas en la industria cementera, pero que se ha intensificado particularmente en los países europeos a partir de la década del 2000, en línea con las mayores restricciones a la disposición de residuos en rellenos sanitarios y a la mayor conciencia sobre los efectos del cambio climático. Esta situación, sin embargo, no ha tenido el mismo correlato en las otras regiones del mundo, particularmente en Latinoamérica y el Caribe. Efectivamente, como lo muestra la **Figura 5**, pese a tener en el año 1990 niveles similares de coprocesamiento, hay una divergencia importante. Mientras Latinoamérica creció muy lentamente en algunos intervalos de tiempo y en otros se mantu-

vo, Europa creció vigorosamente hasta llegar a superar el 50% como promedio regional y en algunos casos, como el de Austria, llegar a incluso al 80% de reemplazo de combustibles convencionales.

La **Figura 6**, desagrega el aporte de cada tipo de combustible alternativo en algunos países y regiones, en ella se aprecia que el **41,7% de aporte energético en Austria proviene del uso de combustibles derivados de residuos CDR (RDF) elaborado principalmente a partir de RSU**. El 13,6% del aporte energético en la Unión Europea es dado por uso de combustibles derivados de residuos CDR (RDF). 17% del aporte energético en Austria proviene de la biomasa.

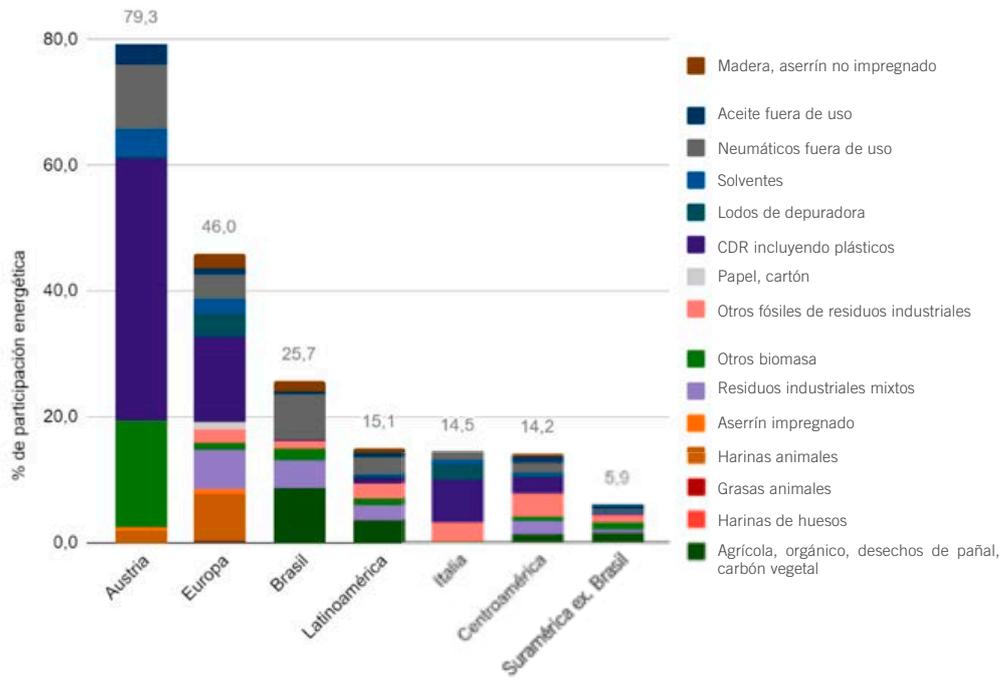


Figura 6. Composición de combustibles alternativos en el total de coprocesamiento para algunos países y regiones [GNR 2016]

Los principales combustibles alternativos usados en Europa son: CDRs, harinas de origen animal, residuos industriales mixtos, neumáticos fuera de uso, lodos de plantas depuradoras de aguas y maderas. De ellos, con distancia, los CDRs son la principal fuente energética y en gran medida determi-

nan la diferencia con Latinoamérica. Tal es así que, como se aprecia en la **Figura 7**, el promedio de uso de CDRs en Europa es de 14%, en Latinoamérica es solo del 1%, es decir, solo con CDRs, Europa supera el aporte de todos los combustibles alternativos en Latinoamérica.

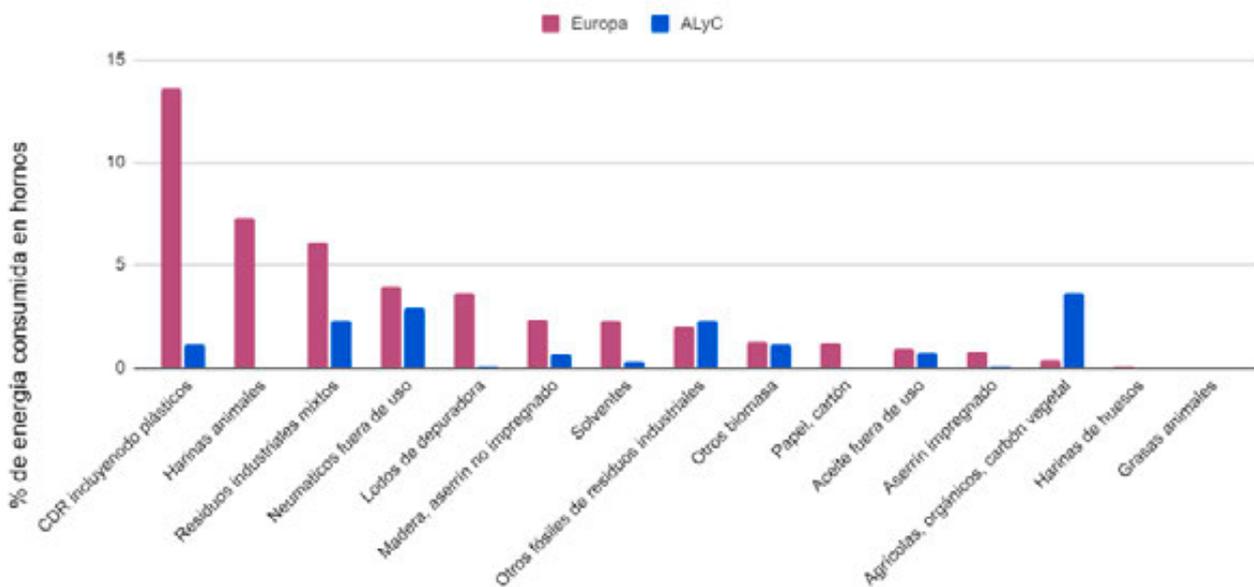


Figura 7. Comparación de porcentaje de participación de combustibles alternativos entre Europa y América Latina y El Caribe. [GNR 2016]

4. Ejemplo de Potencial de Coprocesamiento para RSU en ALyC

4.1 Información de referencia para el cálculo de las proyecciones

Tal como se mencionó en el apartado anterior, los CDRs elaborados a partir de RSU son el principal, combustible alternativo en Europa y una solución atractiva para la región, convirtiéndose en una alternativa a la problemática de gestión de residuos y al aprovechamiento de los mismos por su alto aporte energético.

En la **Figura 8** puede observarse las composiciones de RSU promedio para distintas regiones del mundo incluida Latinoamérica y el Caribe.

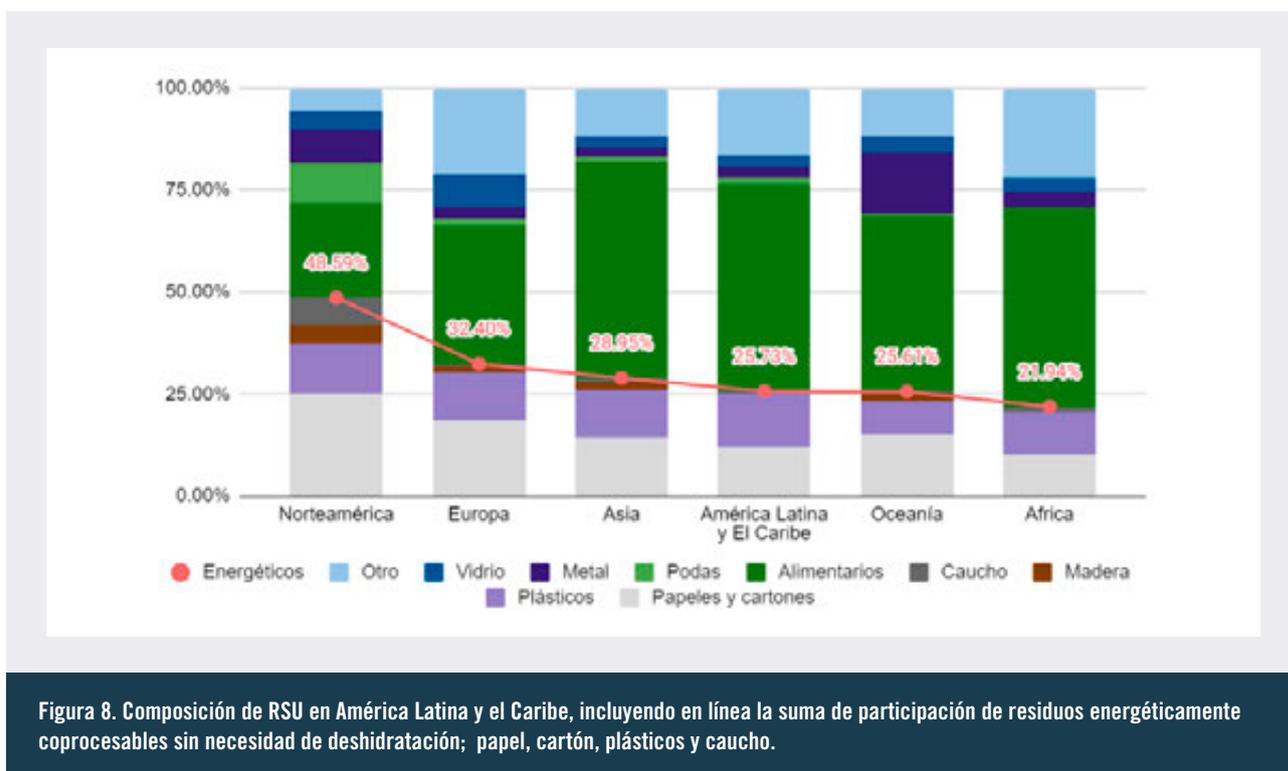


Figura 8. Composición de RSU en América Latina y el Caribe, incluyendo en línea la suma de participación de residuos energéticamente coprocesables sin necesidad de deshidratación; papel, cartón, plásticos y caucho.

Pero ¿cuánto podría crecer el uso de combustibles alternativos en Latinoamérica a partir de la información disponible?

Se desarrolló una estimación del potencial de valorización de residuos en la industria del cemento de Latinoamérica y El Caribe bajo las siguientes bases de información:

- La tasa y composición de los RSU generados por los países de Latinoamérica es al año 2016.
- La proyección de la tasa de generación de residuos a partir de un modelo de correlación entre generación de residuos y producto interno bruto.
- La población al año 2016.
- La proyección de población para el año 2030.
- Localización de plantas cementeras.
- La producción de cemento.

- La proyección de producción de cemento.
- Indicadores técnicos de producción en la industria del cemento; factor clinker, consumo térmico específico.

A continuación, se describe algunos de los resultados generados como proyecciones y geoprocesos en el estudio y que se utilizan en el ejercicio del presente artículo:

Con respecto a la proyección de generación de RSU al año 2030, se ha utilizado el modelo de regresión del World Bank, representado en la **Figura 9**. Este modelo permite estimar la tasa de generación de residuos para un año objetivo a partir de un año base, utilizando: la tasa de generación de residuos para el año base (en este caso 2016), el PIB del país para el mismo año base y el PIB para el año objetivo (2030).

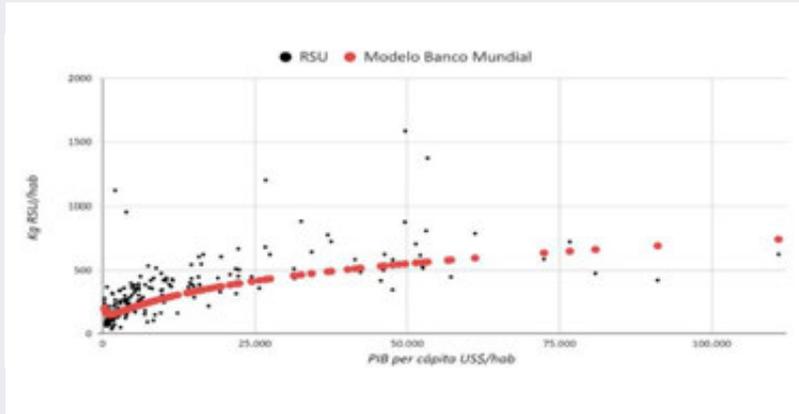


Figura 9. Regresión logarítmica de la tasa de generación de residuos con el ingreso per cápita de los países. Modelo Banco Mundial 2016.



Figura 10. Geolocalización de plantas cementeras en Latinoamérica y El Caribe.

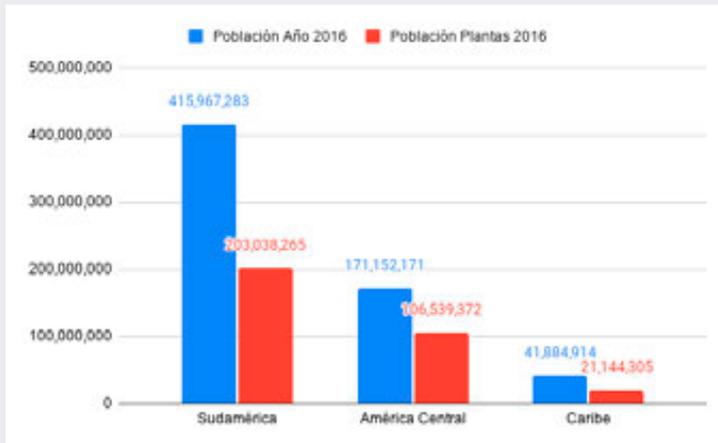


Figura 12. Población total y población contenida dentro de áreas de influencia de plantas cementeras (100 km).

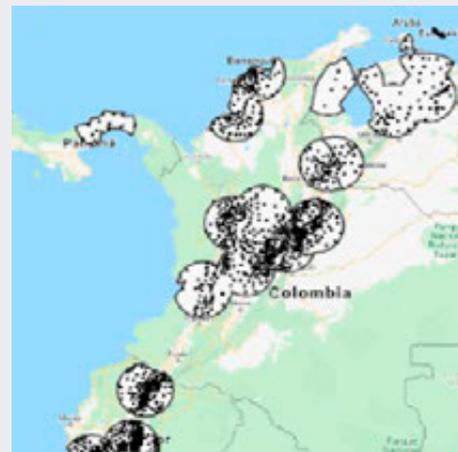


Figura 11. Clústeres de áreas de influencia de plantas cementeras y municipios contenidos en ellos.

La localización georreferenciada de las plantas cementeras se presenta en el mapa de la **Figura 10** y se elaboró específicamente para el estudio.

Uniendo la localización y la población a nivel de municipios para Latinoamérica, se determinó la ubicación de los centros urbanos más cercanos a las plantas en una distancia de 100 km, que corresponde a un modelo de la

viabilidad económica del transporte de residuos. En el estudio se realiza también el ejercicio para distancias de 50 y 150 km a modo referencial.

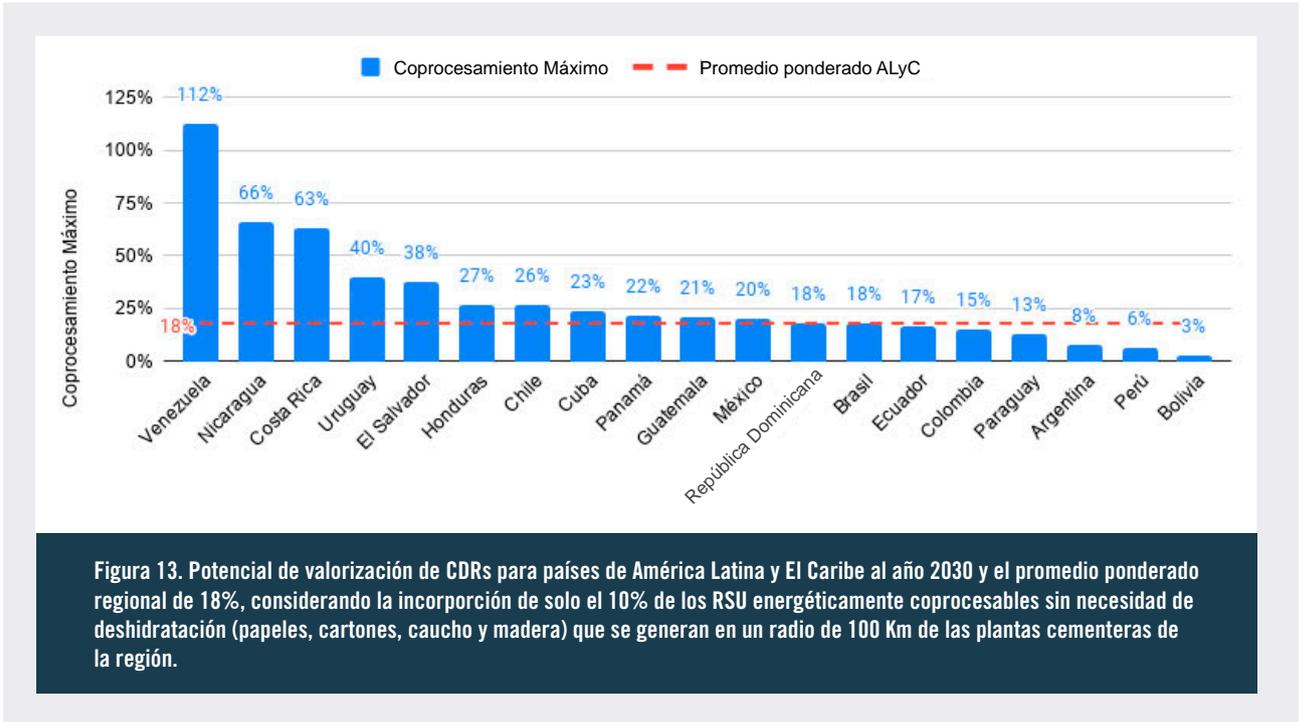
Mediante técnicas de geoprocésamiento con herramientas de SIG se lograron construir áreas de influencia de plantas cementeras conformando clústeres, con la población involucrada, la cual permitirá calcular la

cantidad de residuos disponibles para las plantas contenidas en cada clúster. Es así como en la **Figura 11** se muestran estos clústeres para ciertas zonas específicas de Colombia, Panamá, Ecuador y Venezuela, donde los puntos representan municipios.

Para la proyección de producción de cemento al año 2030, se utilizaron los datos disponibles desde el año 2016 a partir de los cuales se toman las tasas de crecimiento cada 10 años de los periodos 2006-2016, 2007-2017, 2008-2018 y 2009-2019. De estas tasas, para cada país se toman el valor máximo y el valor mínimo, y finalmente se obtiene el valor medio.

Los parámetros técnicos de factor clinker y consumo térmico específico se obtuvieron de las Hojas de Ruta FICEM para los países que estaban disponibles o en su defecto de los valores regionales de GNR.

4.2 Proyección de valorización de residuos de RSU al 2030



¿Cómo se puede estimar el máximo potencial de reemplazo de combustibles utilizando RSU, en la industria cementera, al año 2030?

Contando con la población ubicada a una distancia menor a 100 km de las plantas cementeras y la tasa de generación de residuos energéticamente coprocesable sin necesidad de deshidratación (papeles, cartones, madera, caucho), se puede obtener la cantidad de residuos generados en toneladas/año. De esta cantidad se considera solo el 10% dado que el destino preferente de los residuos será el reciclaje o reutilización, de acuerdo a la pirámide de jerarquía de gestión de residuos, pero que no estará permitido para aquellos residuos contaminados o sucios. Esta cantidad de

residuos multiplicada por el poder calorífico de CDRs obtenido de la Hoja de Ruta FICEM, nos entrega finalmente la oferta energética disponible para el coprocesamiento de los RSU a un radio de 100 km de las plantas cementeras.

Por otro lado, tomando la proyección de producción de cemento para cada país y sus parámetros técnicos Factor clinker y consumo térmico específico, se obtiene la demanda energética anual de la industria cementera de cada país.

Finalmente, el porcentaje de la demanda energética de las plantas cementeras que puede ser cubierto con la oferta energética a partir de RSU, corresponde a el coprocesamiento máximo a partir de

este tipo de residuos que se podría obtener, en base a todos los supuestos ya indicados. Estos valores, expresados como porcentaje, se presentan en la **Figura 13**. Con un 18% de potencial de coprocesamiento como promedio ponderado de la región. Las diferencias entre países son explicadas por: mayor población en el área de influencia de las plantas (Costa Rica, Nicaragua y Uruguay), bajas proyecciones de producción de cemento (Venezuela), baja población en el área cercana a las plantas (Bolivia) o plantas de alta producción de cemento (Perú).

Conclusiones



- 1.- En América Latina, anualmente, más de 36 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos no son recolectados y casi 39 millones de toneladas se destinan a basurales o quema a cielo abierto, lo cual releva la importancia del coprocesamiento como solución al problema de los residuos.
- 2.- Alrededor del 50% de la población de América Latina y El Caribe habita dentro del radio de 100 km de alguna planta cementera.
- 3.- Los Combustibles Derivados de Residuos (CDRs) elaborados a partir de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) son el principal combustible alternativo para la industria del cemento en Europa y una solución atractiva para la región.
- 4.- La industria del cemento ofrece una solución ambiental y sanitariamente segura al problema de los residuos a través del coprocesamiento, dado que utiliza infraestructura ya existente como son los hornos cementeros, no incorpora nuevas emisiones al ambiente ni genera nuevos residuos y las cenizas asociadas a la combustión quedan incorporadas en el clínker.
- 5.- El uso de residuos como combustibles como combustibles alternativos es un importante eje de reducción de GEI, tanto por su contenido de carbono biogénico como por las emisiones evitadas en la metanización y quemas sin control en rellenos sanitarios o basurales.
- 6.- 18% es el promedio ponderado regional de coprocesamiento que es posible aportar con utilizar solo el 10% de los residuos sólidos urbanos energéticamente coprocesables (papeles, cartones, plásticos, caucho) generados por la población que habita en un radio de 100 Km de las plantas cementeras de Latinoamérica y El Caribe.
- 7.- Si las condiciones legales, técnicas y financieras lo permitieran, la incorporación CDR a partir de los residuos sólidos urbanos no reciclables (10% de RSU energéticamente coprocesables) generados en un radio de 100 km de distancia desde la ubicación de las plantas cementeras en ALyC, representaría por sí solo un 18% promedio ponderado de coprocesamiento. Esto sin considerar otras fuentes actualmente subutilizadas de combustibles alternativos, tales como, neumáticos usados, aceites fuera de uso, entre otros.
- 8.- Es necesario conciliar políticas públicas, alianzas público privadas y la capacidad de visión de la industria cementera para evitar que los residuos queden sin recolección y se dispongan en rellenos sanitarios, mientras se mantiene el consumo de combustibles fósiles tradicionales. De esta manera se podrían generar planes integrales de gestión de residuos que incluyan al coprocesamiento como alternativa de disposición final.
- 9.- Es de suma importancia continuar y profundizar el trabajo desarrollado por FICEM, orientado a la utilización de la ciencia de datos para arribar a conclusiones más robustas y mejor sustentadas en torno a las formas más eficientes y ambientalmente sustentables de gestionar los residuos y el rol determinante que le cabe a la industria del cemento en esta tarea.
- 10.- A todos los análisis ya expuestos sobre gestión de residuos se debe incluir la de aquellos derivados de los escombros de la construcción, los cuales tienen el doble efecto de disminuir la huella de carbono y ser valorizados como material de agregado en el concreto. En efecto, según publicaciones recientes, el concreto tiene un potencial de reabsorber alrededor del 20% de las emisiones totales de CO₂ generadas durante su fabricación.

Agradecimientos



Los autores agradecen al Comité de Sostenibilidad de FICEM y a su líder Camilo Sánchez por sus valiosos aportes y recomendaciones en el desarrollo del estudio *“Potencial de valorización de residuos en la industria cementera al año 2030”*.

Bibliografía



[EUROSTAT 2016]: EUROSTAT. Recycling rate of municipal waste. [Dataset]. Versión del 16 de octubre de 2020. Recuperado de https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_11_60/default/table?lang=en

[World Bank 2016]: Silpa Kaza, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, and Frank Van Woerden (2018). What a Waste 2.0 - A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. World Bank.

[GNR 2016]: GCCS in numbers. Versión del 28 de agosto de 2020. [Dataset]. Recuperado de <https://gccassociation.org/gnr/>

Open the future

Smurfit Kappa
**Better Planet
Packaging**

Soluciones de empaque innovadoras y sostenibles

desde República Dominicana,
Costa Rica, Colombia
y Ecuador para toda
América y El Caribe

www.smurfitkappa.com



PAPER | PACKAGING | SOLUTIONS

 **Smurfit Kappa**

El síndrome de Galileo



Philippe Fonta

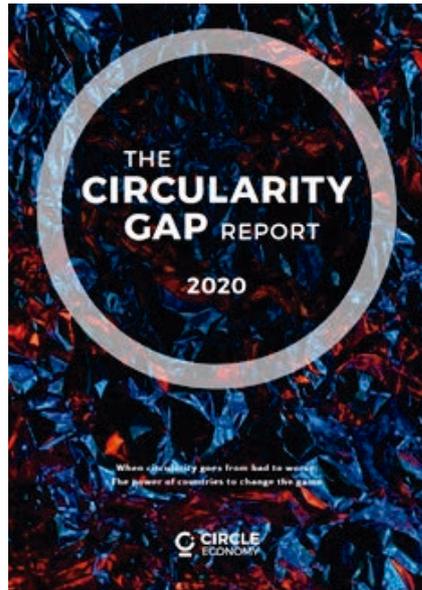
Fundador y Ceo Scrum- Consult

En un momento en que nos dimos cuenta de que nuestra Tierra tiene recursos finitos o que se regeneran a una velocidad más lenta de lo que se extraen y consumen, el concepto de economía circular aparece cada vez más como un modelo virtuoso, por el cual el diseño de productos y servicios se llevaría a cabo mediante la identificación de la posibilidad de reutilización de los diversos materiales y recursos para limitar la cantidad de residuos finales. Sin embargo, parece que este concepto todavía está luchando por obtener el apoyo de todos para su implementación a nivel de la economía mundial, arrastrándonos a un síndrome de Galileo de nueva naturaleza.

Contexto general

En el siglo XVII, Galileo logró establecer los primeros principios mecánicos que justifican que el sol esté en el centro de nuestro sistema espacial y que, por lo tanto, la Tierra gira alrededor del sol y no al revés. Basado en observaciones y experiencias astronómicas, y reflejando los primeros trabajos de Copérnico y Kepler, la teoría de Galileo se opuso fuertemente porque desafió la autoridad de los defensores de las teorías geocéntricas, apoyadas por las grandes corrientes religiosas que no quieren ver su ciencia desafiada. Galileo fue acusado de herejía y condenado a retractarse en 1633. A este científico italiano se le atribuye la famosa frase: “y, sin embargo, se mueve”, incluso si no hay evidencia formal que garantice que lo pronunció bien.

Hoy, casi cuatro siglos después, en solo unas pocas semanas, un virus que inicialmente consideramos como inofensivo se convirtió en una pandemia mundial, lo que provocó numerosas muertes y un cese casi completo del comercio en la base de nuestra economía globalizada. Lo que se consideraba imposible e inimaginable se ha hecho realidad, sacando a todos del curso. Por supuesto, nadie debería estar encantado con esta experiencia, pero todos deberían aprovechar la oportunidad para reflexionar sobre las condiciones futuras de un mundo en el que aspiramos a vivir juntos, con otras especies animales en sus ecosistemas. La reducción drástica del impacto de nuestras actividades y productos sobre el medio ambiente, la colaboración necesaria para reducir las desigualdades económicas y sociales (incluidas y sobre todo para necesidades esenciales como la salud, la nutrición y la educación), y nuestra capacidad de anticipar y prepararnos para nuestra adaptación a fenómenos climáticos o de salud que podrían volverse recurrentes y luego convertirse en prerrogativas esenciales.



Hoy, está claro que, si la Tierra no es plana, nuestra economía es en gran medida lineal, basada sobre las cuatro fases clásicas y tradicionales (esencialmente desde la revolución industrial): extracción de materias primas, fabricación de productos y servicios, uso de estos productos y gestión de sus fines de vida en forma de residuos. Según el “Informe de la brecha de circularidad 2020”¹, nuestro mundo de hoy es solo un 8,6% circular. Aún más, la tendencia hacia un mundo circular no existe, por el contrario, ya que esta cifra fue del 9,1% en 2019.

¿Por qué es tan importante comprometerse con un enfoque global de economía circular? Simplemente porque nuestra Tierra recibe cada vez más habitantes (la población se duplicó en 50 años), aumenta la esperanza de vida promedio, así como el nivel de vida de las clases medias, lo que acentúa la demanda de recursos naturales para una tasa mucho mayor y más rápida que la capacidad de nuestra Tierra para regenerarlos. Esta demanda debería alcanzar 130 mil millones de toneladas para 2050, en comparación con 50 mil millones en 2014. Esto representa un uso excesivo de la capacidad total de la Tierra en más del 400%². Cada año, el Día del Exceso Mundial de la Tierra (Earth Overshoot Day)³, que representa el día en que la humanidad ha utilizado todos los recursos que la Tierra puede regenerar en un año, se produce cada vez más temprano. Desde casi el equilibrio en 1970, con un día de exceso establecido el 29 de diciembre, nuestro estilo de vida ha avanzado desde ese día al 29 de julio en 2019. Si esta evolución, en gran medida vinculada a nuestra actividad económica, sufre las sacudidas de las diversas crisis encontradas más o menos violentas (y la del Covid-19 obviamente se mostrará este año), la tendencia sigue siendo firme y preocupante.



Figura 1. Día del exceso mundial de la tierra.

¹<https://www.circularity-gap.world/2020>

²https://docs.wbcsd.org/2019/01/1_pager/Factor10.pdf

³<https://www.overshootday.org/>

Impactos de una economía lineal

A nivel mundial, la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero y más del 90% de la pérdida de biodiversidad y del estrés hídrico provienen de la extracción de recursos y la transformación de materiales, combustibles y alimentos⁴. Entre 1970 y 2017, la extracción anual mundial de material del mundo se triplicó⁵. Las economías en desarrollo y altamente industrializadas son cada vez más responsables de una mayor participación en la extracción de materiales, principalmente debido a la construcción de nuevas infraestructuras. Incluso en mercados más maduros como el de la Unión Europea, el impacto está lejos de ser insignificante. Un estudio de “Material Economics” evalúa las rutas para cero emisiones netas de la industria pesada en la Unión Europea⁶.

La producción de materiales y productos químicos clave (acero, plástico, amoníaco y cemento) emite alrededor de 500 millones de toneladas de CO₂ por año (incluidas la electricidad y las emisiones al final de su vida útil), o alrededor del 20% del total de la UE o más del 50% de las emisiones mundiales del tráfico aéreo. Se ha encontrado que las emisiones de estos sectores son particularmente “difíciles de reducir”, sin afectar la demanda. Por lo tanto, podemos considerar que un modelo circular proporcionaría una solución reutilizando estos recursos sin limitar esta reducción en la demanda de productos y servicios.

Según un informe de la OECD⁷, se espera que la extracción y el consumo general de materias primas, tales como combustibles fósiles, minerales y materiales se dupliquen aún más en los próximos 40 años. Más allá de la disponibilidad y el precio de estos recursos cuando escaseen, su explotación conduce hoy a consecuencias irreversibles en los límites planetarios (Planetary boundaries).

En el otro extremo de esta cadena lineal, la generación anual de residuos (que debería aumentar en un 70% para



2050⁸ según el Banco Mundial) constituye uno de los desafíos cada vez más críticos de gestionar. En Europa, los residuos del sector de la construcción y de la demolición constituyen uno de los flujos más pesados y voluminosos, representando entre el 25% y el 30% de todos los residuos generados en la Unión Europea⁹. Están compuestos de muchos materiales, incluyendo concreto, ladrillos, yeso, madera, vidrio, metales, plástico, solventes, asbesto y tierra excavada, muchos de los cuales podrían reciclarse. Surgen de actividades como la construcción y la demolición total de edificios civiles e infraestructura, así como la planificación y mantenimiento de carreteras.

Hoy, nuestro mundo está en un punto de quiebre y la crisis del coronavirus es, por desgracia, una ilustración angustiante que demuestra que, a pesar de todo el conocimiento tecnológico y el progreso, no podemos anticipar los riesgos vinculados a nuestro estilo de vida e incapaz de prepararse para posibles desastres que surjan de él. ¿Cuántas viviendas individuales, destruidas en el paso de un ciclón devastador, son reconstruidas, de manera idéntica o casi, en el mismo lugar, sin anticipar que, las mismas causas a menudo producen los mismos efectos, un nuevo ciclón comparable prevalecería nuevamente estas mismas viviendas? Nuestro modelo económico lineal actual está ejerciendo una presión cada vez más insoportable sobre el planeta, sus recursos y la sociedad.

⁴Green Deal Europeo, COM(2019) 640 final

⁵<https://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook>

⁶<https://media.sitra.fi/2019/05/30150529/industrial-transformation-2050.pdf>

⁷OECD (2018), Global Material Resources Outlook to 2060.

⁸World Bank (2018), What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.

⁹https://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm

Hacia una economía circular

Incluso si la necesidad de consumir menos y mejores materias primas, mientras se satisface la creciente demanda de bienes y servicios, y se tiene en cuenta el reciclaje como una nueva fase al final de la cadena son tendencias cada vez más fuertes, estas iniciativas no constituyen un cambio de paradigma a favor de la llamada economía circular.

Cuando se le preguntó a Dama Ellen MacArthur, fundadora de la fundación homónima en 2010, cuál es el principal obstáculo para el desarrollo de una economía circular, ella respondió de inmediato: “¡Es el pensamiento! Estamos encerrados en esta mentalidad lineal “. De hecho, ella dice: “No se trata solo de cambiar de centrales eléctricas de carbón a turbinas eólicas y paneles solares. No se trata solo de diferentes modos de transporte. Esto es reempaquetado. Es un rediseño. Es regeneración. Es el sistema el que debe cambiar. Según el Instituto de Economía Circular (Francia), la economía circular concreta el objetivo de pasar de un modelo de reducción de impacto a un modelo de creación de valor positivo a nivel social, económico y ambiental.

Comprometerse con una economía circular probablemente también sea una de las estrategias más efectivas para combatir el cambio climático. Hasta hoy, los esfuerzos para combatir la crisis climática se han centrado principalmente en una transición a las energías renovables, complementada por la eficiencia energética. Aunque son cruciales, estas medidas solo abordan el 55% de las emisiones, mientras que el 45% restante proviene de la fabricación de los productos que usamos a diario¹⁰. La economía circular puede llenar este vacío y la aplicación de estrategias de economía circular en cinco áreas clave (cemento, aluminio, acero, plástico y alimentos) podría eliminar casi la mitad de las emisiones restantes de la producción de bienes (9.3 mil millones de toneladas de CO₂e en 2050), lo que equivaldría a reducir a cero las emisiones actuales de todo el transporte. Si, además, las emisiones de CO₂ se integran en este enfoque, al desarrollar oportunidades tecnológicas y al financiar la captura del CO₂ emitido, los resultados podrían ser aún más significativos.

La Comisión Europea publicó en marzo de 2020 un plan de acción para la economía circular¹¹, (piedra angular del Pacto

Verde Europeo), y quiere seguir mostrando el camino hacia una economía circular a nivel mundial y utilizar su influencia, experiencia y sus recursos financieros para implementar los Objetivos de Desarrollo Sostenible para 2030. En particular, quiere proponer una alianza global para la economía circular y comenzar las discusiones sobre un acuerdo internacional sobre el manejo de los recursos naturales. Por lo tanto, parece importante, para cada región, y en particular para las compañías multinacionales en estas regiones, conocer el contenido de este plan de acción y posiblemente inspirarse en él para participar en este enfoque de colaboración. Se establecerán y promoverán los principios de sostenibilidad (al extender la vida útil de los productos, evitar la obsolescencia planificada y facilitar la reparabilidad), de reutilización (al mejorar la funcionalidad, la flexibilidad de uso y el uso compartido). La aplicación de los principios de la economía circular a la economía de la UE en general podría aumentar el PIB de la UE en un 0,5% adicional para 2030, según un estudio publicado en 2018¹², creando 700,000 nuevos empleos. A escala mundial, el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) estimó en 2017 que la economía circular representaba una oportunidad de 4.5 mil millones de dólares¹³ para 2030. La realización de una economía circular y neutral en carbono requiere la plena movilización de la industria y la cooperación con las instituciones políticas y organizaciones encargadas de establecer regulaciones.



Se necesitan entre 25 y 30 años, una generación de hecho, para transformar un sector industrial y todas las cadenas de valor. Esto también es cierto para el sector de cemento y concreto. Para estar listo en 2050, se deben tomar decisiones y acciones ahora, y sería apropiado introducir esta orientación estratégica en los planes de recuperación al final de la crisis del coronavirus. A partir de 2017, el WBCSD lanzó el proyecto Factor 10 (al que contribuyeron algunos fabricantes de cemento), ya que una reducción en el consumo de energía, los flujos de materiales y un aumento de la productividad/eficiencia de los recursos en un factor de 10 son necesarios para eliminar todas las formas de residuos¹⁴.

¹⁰« Completing the picture » par Material Economics et la Fondation MacArthur

<https://materialeconomics.com/publications/completing-the-picture>

¹¹https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0018.02/DOC_1&format=PDF

¹²Cambridge Econometrics, Trinomics, and ICF (2018), Impacts of circular economy policies on the labor market.

¹³<https://www.wbcsd.org/Programs/Circular-Economy/Factor-10/Resources/CEO-Guide-to-the-Circular-Economy>

¹⁴<https://www.wbcsd.org/Programs/Circular-Economy/Factor-10>

La necesidad de hablar el mismo idioma y medir los esfuerzos

La economía circular es un esfuerzo extremadamente importante por parte de la industria y su cadena de valor. La producción es ciertamente central, pero también se debe tener en cuenta el impacto de las operaciones, la logística, el uso del producto y el final de la vida útil. Sin embargo, las empresas no tienen control directo sobre muchos de estos aspectos, lo que requiere la cooperación con otras partes interesadas, como proveedores, clientes y, a veces, incluso competidores.

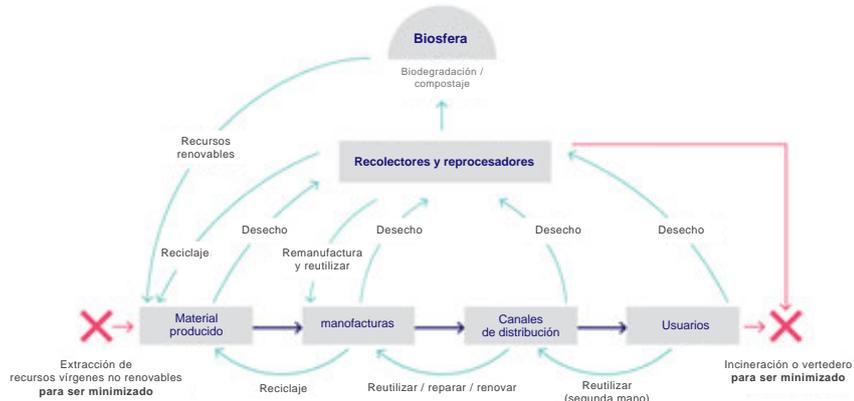


Figura 2. Economía circular.

Una cacofonía de métricas circulares ha surgido en todos los sectores y geografías y ha creado un entorno de indicaciones competitivas y a menudo contradictorias de progreso real.

Para transformarse, las organizaciones deben hablar el mismo idioma, independientemente del tamaño, sector o posición en la cadena de valor. Por lo tanto, es esencial tener un enfoque común para medir y monitorear el rendimiento de circularidad. Se deben desarrollar definiciones comunes e indicadores sólidos.

La Fundación Ellen MacArthur (punto de referencia para la economía circular) desarrolló y publicó una primera metodología¹⁵ en 2015.

ECONOMÍA CIRCULAR - un sistema industrial que es restaurador por diseño

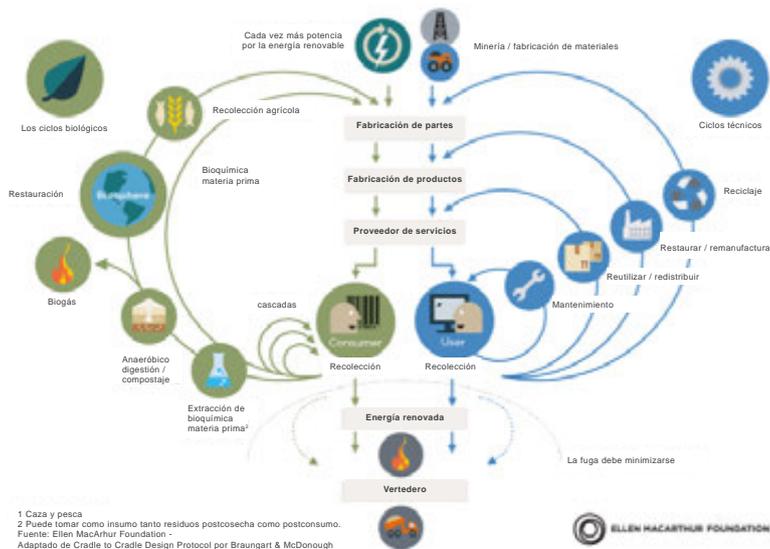


Figura 3. Economía circular global

A principios de 2020, 26 empresas miembros del WBCSD publicaron la primera versión de una serie de indicadores de transición circular¹⁶, conformado por estos representantes del sector privado dentro del proyecto Factor 10. Ayudan a responder preguntas como el grado de circularidad de una empresa (¿en qué medida es circular mi empresa?), sobre los objetivos de mejora y sistemas de monitoreo para comparar las mejoras obtenidas con los objetivos definidos.

¹⁵https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators_Methodology_May2015.pdf

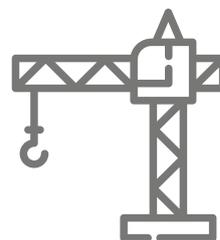
¹⁶<https://www.wbcd.org/Programs/Circular-Economy/Factor-10/Metrics-Measurement/Resources/Circular-Transition-Indicators-V1.0-Metrics-for-business-by-business>

El sector de los edificios y la construcción

El sector de la construcción tiene un impacto significativo en muchos sectores de la economía, en los empleos locales y en la calidad de vida. En un momento en que miles de millones de personas en la Tierra han sido confinadas para evitar la propagación de una devastadora pandemia de salud, también es esencial repensar lo que debería ser un hábitat que cumpla con las limitaciones del desarrollo sostenible. Un hábitat basado en pabellones individuales con un jardín aumenta la expansión y el uso de la tierra, así como el consumo de energía vinculado, entre otras cosas, a la necesidad de viajes más largos. Un hábitat más verticalizado, en forma de apartamentos dentro de los edificios, resuelve en parte este problema de energía, pero genera otros problemas sociales al acentuar la Interacción entre los individuos entre los individuos, que es más cuando es necesario introducir un cierto distanciamiento. Por lo tanto, es imperativo pensar en una nueva forma de vivienda e infraestructura (las dos están vinculadas).

En cualquier caso, el edificio requiere grandes cantidades de recursos. Por ejemplo, representa alrededor del 50% de todo el material extraído en Europa. La economía de la UE está acumulando grandes existencias de metales y plásticos y podría, para 2050, satisfacer una gran parte de sus necesidades con estos materiales reciclando lo que ya se ha producido: 75% de acero, 50% de aluminio y 56% de plástico. Incluso si el cemento es menos adecuado para el reciclaje (aunque es posible reutilizar el cemento sin reaccionar), un aumento en la tasa de acero reciclado (actualmente 30% en China) conduce a una menor disponibilidad de escoria de alto horno (slag), reduciendo así la tasa de clínker por tonelada de cemento. Esta oportunidad de reciclar los materiales podría reducir las emisiones de CO₂ en 178 millones de toneladas, o un tercio de las emisiones totales actuales de las industrias pesadas en Europa (**Figura 4**). En Francia, con 42 millones de toneladas de residuos al año, los residuos del sector de los edificios representan más que los hogares (alrededor de 30 millones), pero de 4 a 5 veces menos que los residuos de la construcción de obras públicas¹⁷. Una ley, promulgada en 2015¹⁸, establece desde 2020 el reciclaje y la recuperación de material de más del 70% de los residuos de construcción y obras públicas.

La evolución hacia un carácter circular del sector de la construcción implica un cambio de roles y modelos de negocio para las partes interesadas activas en este sector (directores, profesionales, habitantes, usuarios). Sin embargo, las barreras relacionadas con la cultura, la regulación, el mercado, la tecnología y la educación están ralentizando la transición. Para lograr un edificio sostenible, debe salir de la secuencia típica de una operación (programa, diseño, sitio, operación) para incluir todas las ambiciones y palancas disponibles en cada fase del proceso, y de manera transversal.



También debe ser imaginativo y pensar en la economía de los servicios, en lugar de la economía de los bienes al repensar y optimizar las necesidades (en el sentido de la definición de desarrollo sostenible en el informe Brundtland). Podemos pensar en estos fabricantes de neumáticos que están orientados al alquiler de neumáticos en lugar de la venta a profesionales del sector del transporte con un precio que ya no se fija en el producto en sí sino en la cantidad de kilómetros recorridos: mejor planificación para los usuarios (mantenimiento delegado y reemplazo productores), y una mayor vida útil de los neumáticos lo convierten en una solución beneficiosa para todos. Del mismo modo, las oportunidades de compartir el automóvil hacen posible reemplazar la posesión de un vehículo que permanece inmóvil la mayor parte del día (uso promedio del 2% en Europa).

¹⁷<http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2018/01/CadreEcoCircuBat-web-ok.pdf>

¹⁸Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV)

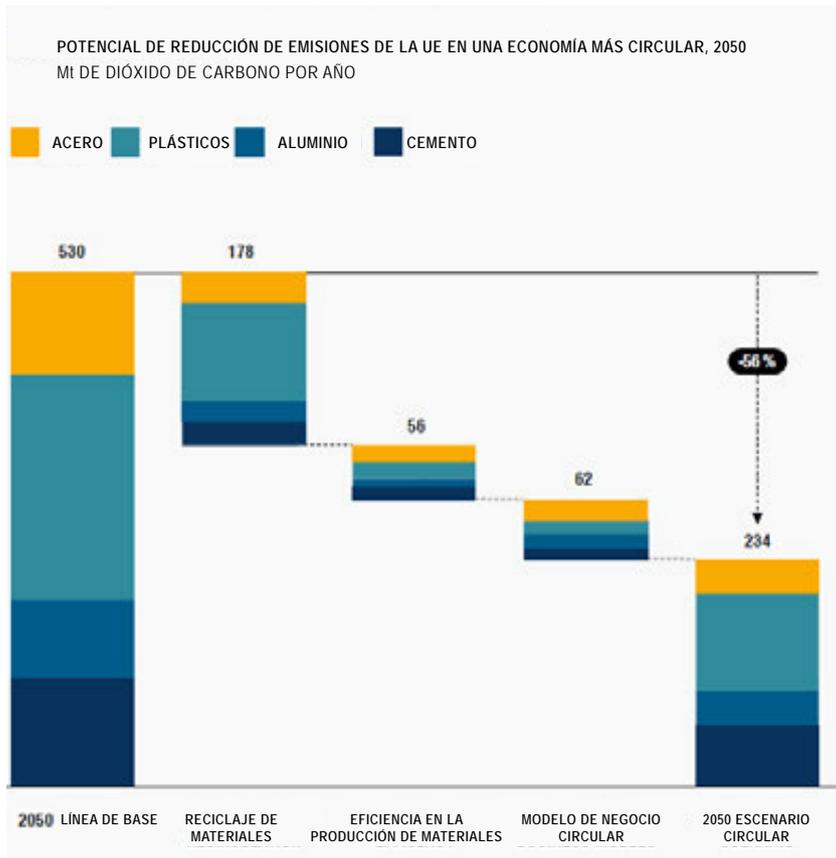


Figura 4. Potencial de reducción de emisiones.

Para el sector de los edificios, esta intensificación de usos también implica la creación de espacios multifuncionales. Según un estudio de la Alianza HQE-GBC¹⁹ en Francia, los espacios de oficinas se utilizan el 20% del tiempo durante una semana (40% en Europa) y de este porcentaje, solo el 60% de las superficies lo son. Los conceptos de coworking, o incluso compartir ciertas áreas (aparcamientos, comedores entre empresas) pueden aumentar este uso.

Después de un cierto período de uso, es posible que un edificio ya no cumpla con las expectativas al mismo nivel que cuando se usó por primera vez. En cuanto a los productos eléctricos o electrónicos, hablamos de obsolescencia y puede ser de dos tipos para un edificio: obsolescencia técnica, si se relaciona con el rendimiento en uso o ambiental o la obsolescencia comercial o patrimonial si el producto o equipo ya no corresponde a la demanda del mercado ni a la moda actual. En el primer caso, es importante analizar el

equilibrio entre las ventajas y desventajas de las soluciones tecnológicas existentes, tanto para garantizar el mantenimiento y la evolución de las existentes como para considerar una demolición y reconstrucción total. En el segundo caso, y para minimizar esta obsolescencia, es importante maximizar la adaptabilidad de un edificio y su capacidad para realizar diferentes funciones a lo largo del tiempo. Por lo tanto, es necesario anticipar la evolución de los usos, permitir la modularidad y la reversibilidad de los lugares (con estructuras de carga que permitan una redistribución funcional y técnica) y la adaptabilidad de los elementos de confort: Así, por ejemplo, la evolución de las temperaturas medias y los períodos de clima cálido debido al cambio climático, pueden requerir el uso de aires acondicionados no provistos durante la construcción inicial si esta previsión no se considera y analiza. La elección de los materiales también será importante y el concreto tiene un papel importante que desempeñar con sus propiedades térmicas.

Con el fin de explotar el potencial para aumentar la eficiencia de los materiales y reducir los impactos climáticos, la Comisión Europea ha planeado lanzar una nueva estrategia global para un entorno de construcción sostenible. Esta estrategia garantizará la coherencia entre las áreas en cuestión, como el clima, la eficiencia energética y el uso de recursos, la gestión de residuos de construcción y demolición, la accesibilidad, la digitalización y las habilidades. Debe promover los principios de circularidad a lo largo del ciclo de vida de los edificios.

- Teniendo en cuenta el rendimiento de durabilidad de los productos de construcción en el contexto de la revisión de la normativa sobre productos de construcción²⁰, incluida la posible introducción de requisitos de contenido reciclado para ciertos productos de construcción, teniendo en cuenta su seguridad y su funcionalidad.
- Fomentando medidas para mejorar la sostenibilidad y la adaptabilidad de los activos construidos de conformidad con los principios de la economía circular para el diseño de edificios²¹.
- Integrando la evaluación del ciclo de vida en la contratación pública y el marco financiero sostenible de la UE y explorando la conveniencia de establecer objetivos de reducción y el potencial de almacenamiento de carbono.
- Considerando una revisión de los objetivos de recuperación de material establecidos en la legislación de la UE para residuos de construcción y demolición.
- Fomentando iniciativas para reducir la estanqueidad del suelo, rehabilitar sitios abandonados o contaminados y aumentar el uso sostenible y circular del suelo excavado.

¹⁹<http://www.hqegbc.org/accueil/>

²⁰Règlement (UE) no 305/2011 du Parlement européen et du Conseil du 9 mars 2011 établissant des conditions harmonisées de commercialisation pour les produits de construction

²¹<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984>



Conclusión

Estar en la mesa en lugar de estar en el menú...

Cuando salgamos de la crisis de Covid-19 nuestros líderes se centrarán en la necesidad de revivir la economía global lo más rápido posible. Sin embargo, la presión para crear un nuevo modelo económico, que tenga menos impacto en el medio ambiente, será muy fuerte, exigiendo, entre otras cosas, que la ayuda financiera vaya acompañada de cláusulas ambientales para los beneficiarios. Los sectores económicos, y especialmente los de las industrias pesadas, tienen la oportunidad de asumir el liderazgo al hacer de la economía circular la herramienta del desarrollo y la responsabilidad. Por lo tanto, parece urgente que el sector del cemento se estructure y desarrolle una hoja de ruta para la economía circular, basada en el éxito obtenido con hojas de ruta bajas en carbono (globales o para miembros del FICEM).

Mover la economía circular de los pioneros a los principales actores económicos hará una contribución decisiva para lograr la neutralidad climática para 2050 y desacoplar el crecimiento económico del uso de recursos, al tiempo que garantiza la competitividad a largo plazo del sector y sin dejar a nadie atrás.

La inclusión de CO₂, a través de programas de captura, uso y almacenamiento en este enfoque de economía circular, será esencial y debe integrar el número máximo de partes interesadas (del sector cemento y concreto y los sectores relacionados) para agrupar costos y compartir buenas prácticas. Este enfoque proactivo podría convencer a los gobiernos y al mundo financiero de apoyar estas iniciativas con regulaciones y subsidios esenciales ...

El mundo del mañana será circular o no será...



<http://scrum-consult.com>

Neutralidad Climática para la industria

del cemento y el concreto en Suecia



Prof. Dr. Katarina Malaga

Directora del programa de investigación y desarrollo empresarial en el Instituto de Investigación de Suecia (RISE por sus siglas en inglés), Departamento de tecnología en Infraestructura y Concreto, Gotemburgo, Borås, Suecia. katarina.malaga@ri.se



Dr. Urs Mueller

Director del programa de Diseño de materiales en cemento y concreto en el Instituto de Investigación de Suecia (RISE por sus siglas en inglés), Departamento de Infraestructura y tecnología en concreto, Borås, Suecia. Urs.mueller@ri.se

La industria del cemento y el concreto necesitan una transición rápida hacia una fuerte reducción de las emisiones de CO₂. Cada año son utilizadas 33 billones de toneladas de concreto en el mundo, las cuales conllevan al aumento las emisiones globales de CO₂ alrededor del 6 al 8%, en su mayoría provenientes del cemento Portland. La alta tasa de urbanización conduce a grandes inversiones en infraestructura y construcción de viviendas, en donde el material predominante de construcción ha sido el concreto (más de un 80%). Suecia aspira a ser el primer país de Europa en ser CO₂ neutral para el año 2045. Este ambicioso objetivo va de la mano con una estrategia nacional para la implementación de hojas de ruta que permitan contribuir a que las industrias del concreto y cemento sean neutras climáticamente. Las metas planteadas son: una visión cero para las emisiones de CO₂ provenientes de la producción de cemento para 2030, que el concreto neutral en carbono esté disponible para 2030 y que todo el concreto sea carbono neutro para 2045.

BETCRETE, el proyecto coordinado por el Instituto de Investigación de Suecia (RISE, por sus siglas en inglés), será el encargado de establecer un plan de acción para la implementación de actividades relacionadas con la neutralidad climática en las industrias del cemento y concreto y a su vez reunirá toda la cadena de valor del sector de la construcción en torno a los desafíos que presente la hoja de ruta, incluidos riesgos y problemas de financiación.

Suecia, oficialmente el Reino de Suecia, es un país nórdico del norte de Europa cuya capital es Estocolmo. Limita con Noruega al oeste y al norte, con Finlandia al este y está conectada con Dinamarca en el suroeste por un puente-túnel que cruza el estrecho de Öresund. Suecia es el quinto país más grande de Europa por área geográfica y tiene una población total de 10,3 millones de habitantes, de los cuales 2,6 millones son de origen extranjero. Suecia es el decimosexto país más rico del mundo en términos de PIB. La asignación anual de 3,5-4,0% del PIB a investigación y desarrollo lo convierte en uno de los más altos del mundo.

El Instituto de Investigación de Suecia (RISE, por sus siglas en inglés) es un instituto de investigación estatal independiente que ofrece gran experiencia y alrededor de 100 bancos de pruebas e instalaciones de demostración, fundamentales para el desarrollo de tecnologías, productos y servicios; además cuenta con 2.800 empleados que apoyan y promueven todo tipo de procesos innovadores. RISE, es el entorno más grande para las actividades de investigación e innovación del cemento y el concreto en Suecia y uno de los más grandes de Europa. Está cooperando estrechamente con diversas industrias dentro del negocio del cemento, el concreto y la construcción en proyectos de investigación e innovación.



Figura 1. Heidelberg Cement ubicada en Slite- Gotland, Suecia (Créditos: Katarina Malaga).



Figura 2. Horno rotatorio en Slite, Gotland-Suecia (Créditos: Katarina Malaga).

La industria del cemento en Suecia se concentra en dos lugares: Slite, Gotland (**Figuras 1-3**) y Skövde; existió un tercero en Degerhamn pero éste cerró durante 2019. Ambas líneas de producción pertenecen a Heidelberg Cement, las cuales cuentan con un volumen de producción de cemento de aproximadamente 2,1 millones de toneladas/año con una facturación de 2.200 millones de coronas suecas y 355 empleados. Las emisiones de CO₂ son de aproximadamente 1,5 millones de toneladas/año. La producción de concreto en 2019 fue de 6,2 millones de m³, de los cuales el 75% se utilizó para la construcción de edificios y el 25% para infraestructura. Las líneas de producción son energéticamente optimizadas, donde el 70% del combustible proviene del biocombustible (20%) y los residuos urbanos (50%). El objetivo es eliminar el combustible fósil restante de la producción hasta 2045. Se han iniciado varios proyectos de innovación para encontrar una solución sostenible que garantice el suministro de energía para la línea de producción en Slite. Dado que los mayores volúmenes de cemento se producen en la isla de Gotland, donde el consumo de electricidad de Heilderberg Cement ya es muy alto, el suministro de electricidad desde el continente no es suficiente por lo que se están evaluando nuevas soluciones. Las autoridades locales, Heilderberg Cement y el gobierno sueco están en procesos de discusión sobre este tema.

El cambio climático es uno de los más grandes retos de nuestros tiempos. Una de las principales causas del cambio climático es el dióxido de carbono (CO₂) emitido por los combustibles fósiles. La producción de clínker genera emisiones de CO₂ donde el CaCO₃ (caliza) se disocia químicamente en Ca (OH)₂ y CO₂ debido al proceso de calcinación. La producción de cemento se ha incrementado casi exponencialmente desde el año 1990, con un mayor aumento en China (ver la **Figura 4**). La tendencia está relacionada con la tasa de urbanización y no hay indicios de que vaya a cambiar en un futuro cercano debido a una gran demanda de vivienda e infraestructura en los países en desarrollo.

Aunque la producción de cemento representa aproximadamente el 6% del total de las emisiones de CO₂ en el mundo, el concreto ocupa una posición importante en la construcción de una sociedad segura y sostenible para el clima. En todo el mundo se utilizan aproximadamente unos 33 billones de toneladas de concreto al año (ISO, 2016), lo que significa que hasta el momento no existen alternativas para reemplazar este material que permitan ofrecer la robustez, la funcionalidad, la seguridad contra incendios y la larga vida útil que ofrece el concreto. No obstante, es necesario promover la eficiencia de recursos en los procesos de construcción, invertir en el reciclaje y fortalecer los procesos de producción de cemento y concreto sostenibles. Con el fin de hacer posible un sector de la construcción más sustentable, la industria necesita implementar las mejores tecnologías disponibles de manera inmediata, y concentrar los esfuerzos en desarrollar nuevas tecnologías que permitan hacer climáticamente neutral la producción de cemento y concreto. La Junta Nacional de Vivienda, Construcción y Planificación de Suecia (Boverket)



Figura 3. Cantera y suministro de piedra caliza en Slite, Gotland - Suecia (Créditos: Katarina Malaga).

estima que Suecia necesita alrededor de 600.000 viviendas nuevas para el año 2025, además en la actualidad se están llevando a cabo importantes proyectos de infraestructura en todo el país. Las inversiones en construcción representan alrededor del 10% del PIB de Suecia y se utilizan aproximadamente unos 6 millones de toneladas de concreto al año. Así pues, las industrias suecas de cemento y el concreto, con el propósito de alcanzar la neutralidad climática en 2045 con una fuerte y constante producción industrial, requieren de una transición adaptada al clima.

En el año 2018 se pusieron en marcha dos hojas de ruta para la promover la

neutralidad climática de las industrias del cemento y concreto, con un amplio apoyo de autoridades, políticos y todo el sector industrial en general (**Figuras 5 y 6**). En las hojas de ruta para las industrias del cemento y el concreto se han enumerado los desafíos que cada industria debe afrontar para lograr la neutralidad de carbono. Las medidas enumeradas son la producción de cemento, la conversión energética, la producción de concreto, los procesos de construcción, la carbonatación, las regulaciones de captura, almacenamiento y uso de CO₂. La implementación de las hojas de ruta depende, en muchos casos, de la coordinación con otras industrias.

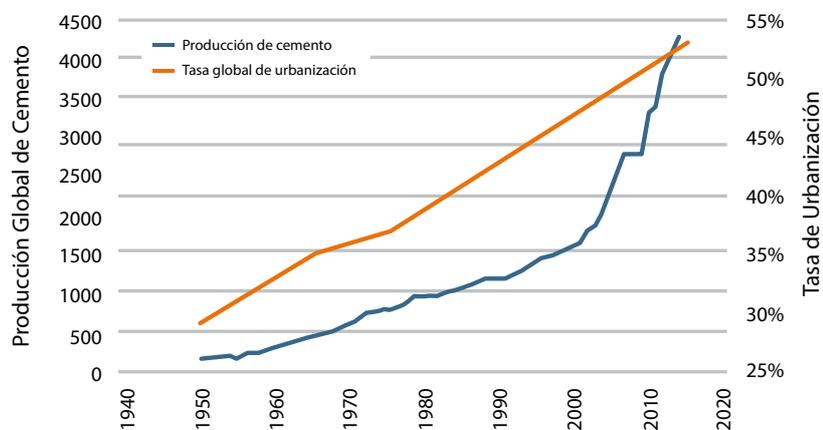


Figura 4. Correlación entre la urbanización y la tasa de producción de cemento a nivel mundial.

Con el ánimo de crear las condiciones necesarias para la implementación de la hoja de ruta, el proceso requiere de un consenso sobre la necesidad de dividir estas actividades en diferentes dominios y perspectivas de tiempo. De igual forma se debe fomentar una cooperación transparente entre los diferentes actores centrada en los desafíos comunes y las posibles sinergias entre las industrias.

El objetivo de Suecia es convertirse en uno de los primeros países del mundo libre de combustibles fósiles. Esto no se trata solo de una visión, sino de una realidad concreta confirmada por todas las industrias que presentaron sus hojas de ruta para convertirse en “industrias competitivas libres de combustibles fósiles”. Esta labor cobra importancia en el escenario actual, donde la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero es muy lenta para mantener la temperatura del planeta por debajo de los dos grados. La iniciativa “Suecia libre de combustibles fósiles” ha tenido como objetivo acelerar la transformación de las industrias suecas por lo que las invitó a desarrollar sus propias hojas de ruta enfocadas en la producción competitiva libre de combustibles fósiles, logrando una respuesta contundente. En la primavera de 2020, se completaron 21 hojas de ruta y ocho se encuentran en proceso. De seguir así, Suecia será libre de combustibles fósiles y neutralidad climática para el 2045.

Esta iniciativa es única en el continente Europeo y probablemente a nivel mundial. El panorama que se está viviendo en el que las redes empresariales demuestran cómo se están transformando en industrias libres de combustibles fósiles es muy positivo, pero aún más importante es que todas las industrias desarrollen sus propias hojas de ruta independientes para el 2045 pues esta iniciativa representa



Figura 5. Färdplan Cement – Hoja de Ruta del cemento para una construcción de concreto climáticamente neutra.

una inversión que da esperanza para el futuro. Y no sólo hablamos de la importancia del documento en sí, el cual es muy relevante, sino también del extenso proceso en el que muchos actores están involucrados a través de varios talleres y seminarios.

Como las hojas de ruta son tantas, su elaboración le da un impulso a Suecia para que más actores se unan al objetivo de obtener la independencia de los combustibles fósiles.

El equipo de la iniciativa “Suecia libre de combustibles fósiles” se ha conformado para demostrar al resto del mundo que la meta es posible, y que un país libre de combustibles fósiles es también el camino hacia una mejor calidad de vida, dando inicio a una carrera mundial hacia el desarrollo de naciones climáticamente neutras.

Con el fin de implementar los ambiciosos objetivos de las hojas de ruta libres de combustibles fósiles, el Instituto de Investigación de Suecia RISE a través del Departamento de Infraestructura y Tecnología del Concreto

tomó la coordinación de la iniciativa nacional llamada BETCRETE - Industria del Cemento y el Concreto climáticamente neutral.

BETCRETE se ha concentrado en reunir a los principales agentes que intervienen en la producción y el uso del cemento y el concreto, para formular un plan transicional para cumplir este objetivo. Para lograr la neutralidad climática para los próximos 25 años se necesita desarrollar soluciones innovadoras que puedan contribuir a un cambio de paradigma en la industria de la construcción.

Por ejemplo, el cemento basado en el uso de clinker portland, posee las mejores propiedades técnicas necesarias para la construcción; sin embargo, representa alrededor del 95% de las emisiones de CO₂ derivadas de la producción de concreto en Suecia (<https://www.betongarhallbart.se/>). Por lo tanto, se puede asumir que el cemento basado en el uso de clinker portland seguirá siendo el principal aglutinante del concreto hasta que puedan desarrollarse alternativas que posean la misma calidad.



Figura 6. Hoja de ruta para una industria del concreto climáticamente neutral y competitiva.

BETCRET ha propuesto un listado de actividades a corto y largo plazo, donde se deben identificar las soluciones a los problemas de manera multidimensional. El proyecto ha identificado 5 posibles estrategias que pueden transformar la industria llevándola hacia una neutralidad climática, mientras se mantiene una producción fuerte y un desarrollo social sostenible (Figura 7):

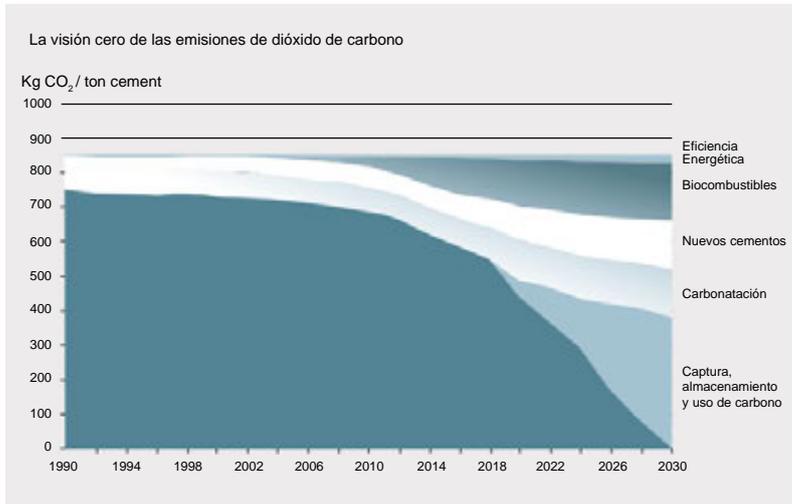


Figura 7. Cinco estrategias para resolver la neutralidad climática de la producción de cemento (Färdplan Cement, 2018): eficiencia energética, biocombustibles, nuevos tipos de cemento, carbonatación, CCS / CCU.

1. Eficiencia energética y energías alternativas en la producción de cemento:

La empresa Heidelberg Cement es el único productor de cemento en Suecia, y se esfuerza por eliminar gradualmente los combustibles fósiles (principalmente el carbón, a corto y medio plazo) y sustituirlos por biocombustibles puros. Sin embargo, esto es un desafío, ya que los biocombustibles tienen un contenido energético más bajo y su acceso es limitado. Dicha empresa examinará a largo plazo la posibilidad de electrificar el proceso de producción y explorará otras fuentes de energía alternativas. RISE/BETCRETE ha iniciado un foro de discusión acerca de la robustez de la red eléctrica en Suecia y las posibilidades de aumentar la distribución de electricidad a Gotland, Slite (lugar de producción).

2. Optimización de la composición del concreto con materiales cementantes alternativos:

Para lograr la neutralidad climática se necesitan nuevos materiales alternativos para la fabricación de cemento. A corto plazo, la sustitución del clínker a través del uso de cenizas volantes y escorias es una opción técnicamente viable y costo-efectiva. A largo plazo, estos materiales no estarán disponibles en cantidades suficientes; se cree que la disponibilidad de cenizas volantes disminuirá y el impacto sobre la escoria puede reducirse significativamente si la industria siderúrgica tiene éxito en sus intentos de electrificar la producción.

3. Desarrollo a largo plazo de nuevos cementantes alternativos y sostenibles en volúmenes y calidades que puedan contribuir a la conversión:

Deberán estudiarse a largo plazo y más a fondo los materiales alternativos para la fabricación de nuevos cementos, su accesibilidad y su calidad. Por el momento se está investigando todo lo relacionado con las materias primas, las arcillas y los geopolímeros, los cuales pueden ser una solución parcial, pero aún existen restricciones para su obtención, por razones legales vinculadas con los permisos necesarios. Los nuevos materiales requieren el desarrollo y la verificación de nuevos procedimientos de normalización y reglamentos. Es necesario difundir los conocimientos y adicionalmente capacitar a todos los actores de la industria. Hay mucha incertidumbre y preocupación con respecto a los nuevos materiales; por esta razón es importante que la información sea difundida dentro del marco del proyecto. Se requiere la elaboración de directrices para la producción de nuevos tipos de concreto, así como información sobre la forma de reducir al mínimo los riesgos tanto en los proveedores de materiales como en las obras de construcción.

Históricamente, el desarrollo de materiales ha ido de la mano de extensas pruebas de materiales, análisis e investigaciones enfocadas en el desarrollo de resistencia. Los nuevos tipos de concreto sólo se han introducido como resultado de procesos de desarrollo, transferencia tecnológica y difusión a largo plazo. La necesidad de hacer grandes cambios en la composición del material del concreto en poco tiempo posiblemente plantee nuevos retos aún desconocidos, como los tiempos de secado y los aspectos de resistencia. Esto lleva a la necesidad de reconsiderar la división de responsabilidades entre los socios involucrados. Las partes interesadas de la industria deben estar preparadas para asumir la responsabilidad compartida de cualquier error o deficiencia que aparezca.



4. Carbonatación y otras oportunidades para crear sumideros de CO₂:

Según estudios desarrollados en esta área de Suecia (Andersson et al, 2013), entre el 15 y el 20 % de las emisiones de proceso de la producción de cemento son absorbidas por estructuras de concreto durante su vida en servicio. Esto significa un consumo anual de alrededor de 300.000 toneladas en Suecia. Esta absorción podría duplicarse optimizando la trituración y el manejo de estructuras de concreto demolidas para crear mayores superficies expuestas de concreto. No existen incentivos legales para el proceso de carbonatación activa de estructuras de concreto o material de desecho de concreto. Así mismo, la carbonatación del concreto no está incluida en ningún tipo de declaración medioambiental en Suecia ("declaración climática de un edificio" - Boverket). Sin embargo, dado que el proceso de carbonatación del concreto puede actuar como sumidero de CO₂, y se ha identificado como un proceso importante para equilibrar las emisiones de CO₂, su potencial de contribución será objeto de estudios más profundos en el futuro cercano.

5. Investigación de las posibilidades de CCS en Suecia o países nórdicos u otras soluciones técnicas para la captura, almacenamiento y/o uso de CO₂:

Hay pocas actividades en el área de captura y uso de carbono (CCU, por sus siglas en inglés) y captura y almacenamiento de carbono (CCS, por sus siglas en inglés) en Suecia. BETCRETE desarrollará estrategias

y objetivos claros sobre cómo se puede aplicar CCU. Existe un gran potencial para desarrollar nuevos productos, procesos y tecnologías; sin embargo, se necesitan más estudios sobre cómo se puede utilizar el CO₂ para nuevos productos, dentro y fuera de la industria de la construcción. Por lo tanto, se incluirá en estudios posteriores un seguimiento externo más amplio de posibles áreas de aplicación.

El productor sueco de cemento, Heidelberg Cement, supervisa los planes de CCS de Heidelberg Norcem en Brevik, Noruega. Dentro de BETCRETE se ha llevado a cabo una revisión de las actividades dentro de la CCS en Europa / el mundo, y de cómo la UE tiene la intención de llevar a cabo diversas iniciativas de desarrollo en el futuro. Existen desafíos tanto técnicos como económicos, pero también un gran potencial de conocimiento en el campo. En todas las hojas de ruta de neutralidad climática, incluidas las iniciativas internacionales, la CCS se identifica como una parte importante de la solución.

Las cinco áreas demuestran la necesidad de revisión, adaptación y desarrollo de nuevos estándares, políticas y regulaciones, así como nuevos modelos comerciales, aumento del conocimiento y, no menos importante, la necesidad de que la sociedad comprenda y apoye las inversiones intensivas en capital que enfrenta la industria. Se necesitan decisiones políticas a largo plazo, soluciones de financiación y procesos de concesión de licencias transparentes y predecibles para lograr la neutralidad climática y al mismo tiempo mantener la competitividad.

Conclusión



Suecia utiliza fundamentalmente cemento Pórtland en el concreto en comparación con otros países, el uso del concreto con materiales cementantes alternativos requiere cambios en el diseño, la producción, la normativa y la educación. Para lograr la neutralidad climática es necesario acelerar el desarrollo y la utilización de materiales cementantes alternativos, además discutir y considerar tanto la captura y utilización de carbono (CCU), como la captura y almacenamiento de carbono (CCS). Asimismo, se necesitan indicadores de seguimiento adecuados (KPIs) para analizar las medidas implementadas en la mejora del clima.

Algunos de los resultados que se esperan obtener en el proyecto BETCRETE son los siguientes: desarrollo de un marco de referencia para la implementación de las hojas de ruta a nivel nacional, optimización de los procesos de producción del cemento y concreto, desarrollo de nuevos materiales de construcción, concreto neutro en carbono, elaboración de estrategias de diseño y sostenibilidad, adaptación de las normativas y mejora del clima.

Enlaces importantes



- Fossilfritt Sverige <http://fossilfritt-sverige.se/fardplaner-for-fossilfri-konkurrenskraft/>
- Cembureau: <https://cembureau.eu/innovation/>
- Cembureau: Building carbon neutrality in Europe <https://lowcarboneyconomy.cembureau.eu/>
- A SUSTAINABLE FUTURE FOR THE EUROPEAN CEMENT AND CONCRETE INDUSTRY, Technology assessment for full decarbonisation of the industry by 2050: ETH and EPFL, 2018.



Tu **partner tecnológico** en
la economía circular del futuro

www.grupo-spr.com

Barcelona

Valladolid

Granada

México DF



Indicadores predictores para alcanzar un mejor desempeño en salud y seguridad ocupacional



Dr. Roberto Hermosilla Colmenares

Gerente Corporativo de Salud y Seguridad Ocupacional
Cementos Progreso



Ing. Jaime Gómez Scala

Gerente Seguridad Industrial
Cementos Progreso

Progreso es un grupo de empresas 100% guatemaltecas, la primera de ellas Cementos Progreso establecida en 1899. Su actividad es producir y comercializar cemento, concreto, cal y otros productos y servicios para la construcción. Cuenta con dos plantas de producción de cemento, 14 plantas de producción de concreto, una planta de Producción de Cal, una planta de producción de bolsas de papel, 11 plantas de producción de agregados, 1 centro de mayoreo y distribución de materiales para la construcción.

En Progreso, desde el inicio de sus operaciones y como valor arraigado en su fundador don Carlos Federico Novella Klee se ha tenido una genuina preocupación por el bienestar de sus colaboradores siendo un pilar fundamental en la gestión de las distintas unidades.



Plantas de producción de cemento

14 Plantas de producción de concreto

1 Planta de producción de cal

Planta de producción de bolsas de papel

11 Plantas de producción de agregados

Figura 1. Instalaciones

A lo largo del tiempo los indicadores que se han manejado en temas de Salud y Seguridad Ocupacional son históricos y específicamente los índices de Frecuencia y Severidad, los cuales permiten conocer cuántos accidentes y días de suspensión han ocurrido a lo largo de un millón de horas hombre trabajadas. Sin embargo, estos indicadores son analizados una vez ocurre el accidente, es decir, cuando ya el trabajador sufrió una lesión o cuando se materializó un daño o pérdida al negocio.

Por otro lado, es sabido por todos que el objetivo de Salud y Seguridad Ocupacional debe ser preventivo y no reactivo, sin embargo con los indicadores históricos no podemos cambiar ni actuar oportunamente y en tiempo para poder evitar que los incidentes ocurran.

En Progreso estamos convencidos de que para lograr el bienestar de los colaboradores debemos centrarnos en las mediciones predictivas para poder actuar oportuna y asertivamente. A raíz de esto se hizo una investigación y análisis profundo con reportes e información de distintas partes del mundo sobre cuáles podrían ser los indicadores predictivos que permitieran tomar acción para poder prever y anticiparse con acciones y decisiones que evitaran la ocurrencia de incidentes causantes de lesión, enfermedad o daño en las operaciones. Con el equipo de Progreso se logró desarrollar y definir 3 indicadores predictores en temas de SSO, los cuales se describen a continuación:

- Gradiente de Seguridad.
- Gradiente de Salud.
- Índice de Liderazgo Percibido.

Descripción Indicadores Predictores:

Gradiente de Seguridad: Es una herramienta destinada a monitorear el nivel de seguridad con que nuestras operaciones se desempeñan en un momento dado. Los elementos que conforman el Gradiente de seguridad de Progreso se calculan y registran, semanalmente y para cada Unidad que se desglosa de la siguiente manera:

- **Momentos de Seguridad:** Se monitorea que diariamente se ejecuten los momentos de Seguridad, además de monitorear el número de colaboradores que participan en los mismos. Al comienzo de cada turno, se realiza un momento de seguridad con todo el personal, donde se comunican los riesgos que pueden ocurrir en la tarea. En este momento, se alienta a las personas a hacer preguntas o exponer cualquier duda para garantizar un trabajo seguro.

- **Observaciones de Seguridad:** En este elemento se revisa el cumplimiento a la programación de las inspecciones planeadas y Cascos Naranjas.

- **Inspecciones Planeadas:** Al menos una inspección planeada debe de ejecutarse en las áreas por parte de los mandos medios donde se revisan las condiciones y comportamientos de las actividades que se realizan.

- **Casco Naranja:** Dos veces al año cada colaborador se desempeña como supervisor de Seguridad y Salud Ocupacional en su jornada laboral, revisando las condiciones y los comportamientos.

- **Acciones Correctivas Ejecutadas:** En este elemento se trabajan dos temas:

- **Cumplimiento a acciones correctivas:** Las condiciones inseguras detectadas en las inspecciones que realizan las áreas y el departamento de OH&S deben de ser corregidas para lo cual se establecen compromisos con fechas y responsables.

- **Condiciones Seguras:** Es un porcentaje que se obtiene de las inspecciones que realiza el departamento de Salud y Seguridad Ocupacional a las áreas verificadas.

- **Actos Inseguros:** En este elemento se le da seguimiento a dos temas:

- **Actos inseguros detectados y corregidos.**

- **Comportamiento seguro:** Es un porcentaje que se obtiene de las inspecciones que realiza el departamento de Salud y Seguridad Ocupacional a las áreas inspeccionadas.



Figura 2. Momento de Seguridad previo a inicio mantenimiento

Además, se penaliza con un valor porcentual en el indicador los incidentes que no han llevado a una suspensión, incluyendo los que generan daño a la propiedad, esto nos permite generar una alerta cuando se tienen varios eventos que no han llegado a tener una lesión seria o una lesión con pérdida de tiempo.

El gradiente de Seguridad semanalmente se comunica y analiza en cada unidad de negocio, además de comunicarlo en la Gerencia General, esto ha permitido tomar acciones de forma asertiva y oportuna para disminuir la probabilidad de un incidente.

Tipo de Alerta Semana		9	
Gradiente de seguridad		98.39	
Momentos de seguridad		10.0%	
Observaciones de seguridad		20.0%	
Acciones correctivas ejecutadas		19.4%	
Actos Inseguros (observados vrs detenidos)		49.0%	
Factor de corrección (Penalización)		1	
Incidentes		Factor de Penalización	
Fatalidad		N/A	
A	Incapacidad permanente	N/A	
	Incidentes causando lesiones con suspensión	N/A	
	Incidentes causando lesiones sin suspensión	-0.150	Q -
B	Incidentes con daños al negocio > Q300K	-0.3	0 Q -
	Q100,001K- Q300k	-0.2	0 Q -
	Q10 - Q100K	-0.1	0 Q -
	< a Q10K	N/A	0 Q -

Figura 3. Gradiente de Seguridad

Gradiente de Salud: Gradiente de Salud es una evaluación individual periódica, en la cual se miden los siguientes parámetros: Peso, porcentaje de grasa corporal, circunferencia abdominal, presión arterial, glucosa en ayunas, colesterol total, colesterol HDL, colesterol LDL, triglicéridos y capacidad física. Asigna una puntuación a estos parámetros de salud de acuerdo con la normalidad de hasta 100 puntos, y clasifica a la población con una puntuación > = 90 con una salud aceptable; 89.00-70 regular; 69.00-40 bajo y <= 39 muy bajo.

Durante los 4 ciclos de Gradiente de Salud (G1, G2, G3 y G4), se realizaron 9.370 evaluaciones de un total de 4.049 colaboradores, con un promedio por ciclo de 2.342 participantes. La participación ha variado a lo largo de los años, con 91.5% en G1 y 81% en G4. El puntaje de Gradiente de Salud ha mejorado significativamente, de G1 (71.5) a G4 (74) (p <0.001). Al

comparar los resultados del programa a lo largo de los años, podemos observar una disminución significativa en la proporción de personas con colesterol HDL <= 40 mg / dl, bajo consumo de frutas y verduras, estilo de vida sedentario, tabaquismo y síndrome metabólico entre los distintos grupos verificados.

El programa de Gradiente de salud es una intervención efectiva para conocer el nivel de salud y para la mejora de indicadores de salud general, a través de una intervención sostenida de seguimiento y atención personalizada.



Figura 4. Cita Nutricional

Índice de Liderazgo Percibido: Basado en el estudio de Predictive Solutions: “Four Safety Truths” o las cuatro verdades de seguridad, que en resumen declara:

- **Verdad de seguridad 1:** Más inspecciones predicen un lugar de trabajo más seguro.
- **Verdad de seguridad 2:** Más inspectores, específicamente más inspectores fuera de la función de seguridad, predicen un lugar de trabajo más seguro.
- **Verdad de seguridad 3:** Muchas inspecciones “100% seguras” predicen un lugar de trabajo inseguro.
- **Seguridad Verdad 4:** Muchas observaciones inseguras predicen un lugar de trabajo inseguro.

Se estableció el índice de liderazgo percibido el cual es un indicador predictivo ejecutado por cada líder de área y / o equipo. La herramienta se conforma de 4 elementos, de los cuales 3 son ejecutados por cada líder. El objetivo es encontrar mecanismos para lograr y mantener resultados excepcionales para el más alto nivel de bienestar de los colaboradores de Progreso.

¿Por qué se llama ILP? Tomamos en cuenta 4 declaraciones que sintetiza los comportamientos en este tema donde cada líder debe:

- Ser auténtico cuando se dice que todos debemos regresar a casa en igual o mejores condiciones de cómo entramos a la empresa. Debe demostrarse que esto es importante para cada líder y ser modelado por ellos.
- Comprometerse e interactuar con personas permanentemente.
- Reconocer el trabajo individual y grupal.
- Detener todos los actos inseguros y aplicar el esquema de consecuencia teniendo en cuenta el coraje y la consideración.

Los 4 elementos que componen el índice son:

- Inspecciones Gerenciales programadas.
- Casco naranja Gerenciales.
- Controles de verificación.
- Gradiente de seguridad.

Dependiendo del nivel jerárquico así será también el número de inspecciones, Casco Naranja o Controles de verificación que debe realizar cada persona. Mensualmente se consolida el ILP de cada líder para poder obtener el de Progreso.

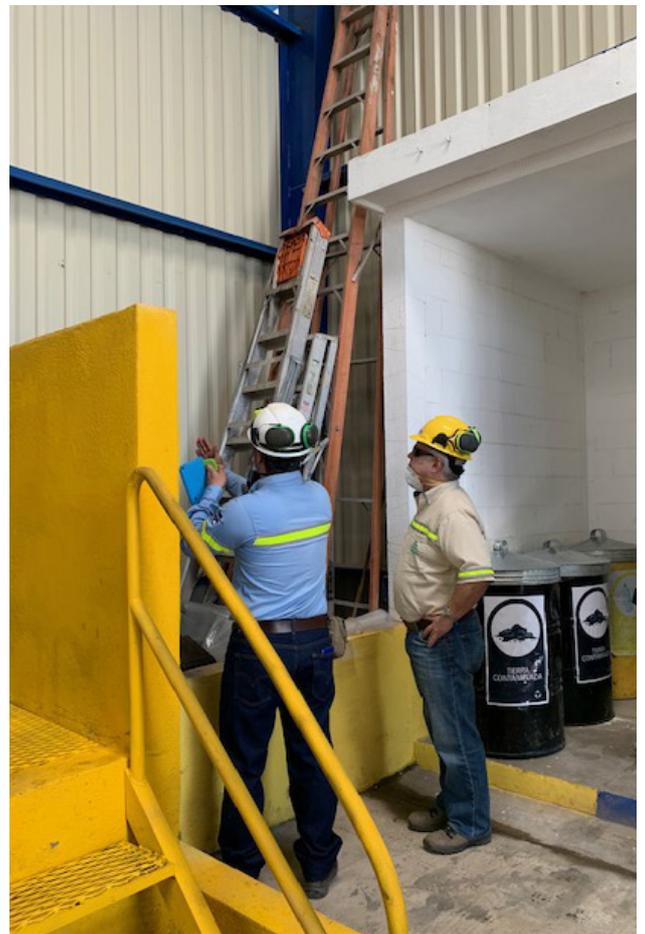


Figura 5. Casco Naranja con miembro de Junta Directiva

Tenemos claridad que el liderazgo percibido no es por temporadas o por ciclos sino debe ser de forma permanente y consistente y esto nos ha ayudado a consolidar la cultura de Salud y Seguridad Ocupacional en los diferentes niveles.

Estamos convencidos que hemos fortalecido una Cultura de Salud y Seguridad Ocupacional en Progreso y que debemos de seguir trabajando fuertemente para alcanzar cero lesiones en todas las operaciones de forma sostenible y que parte de este esfuerzo se basa en un adecuado liderazgo donde las acciones estén basadas en los indicadores predictivos.

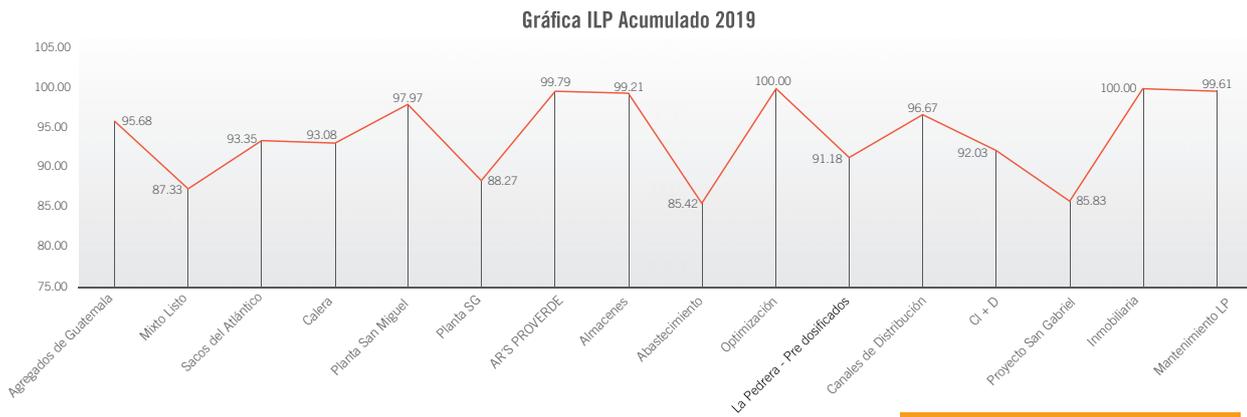


Figura 6. Resultados ILP 2019



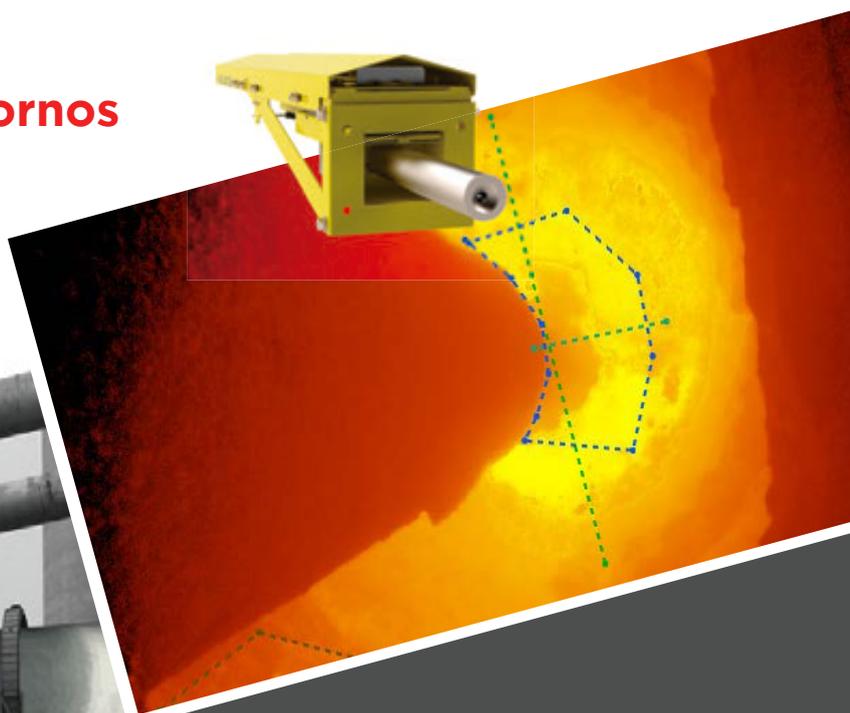
Conclusiones

1. Para lograr una cultura de Seguridad, Salud Ocupacional y Cero Lesiones los principales factores de éxito son el Liderazgo Genuino, el Involucramiento de todos los niveles y un Proceso claro de Rendición de Cuentas permanente.
2. En Progreso los Indicadores Predictores han sido herramientas que nos han permitido anticiparnos a evitar incidentes serios y graves, proporcionando una genuina predicción de lo que puede ocurrir si no se toman acciones.
3. La implantación de una cultura de Salud y Seguridad Ocupacional debe ser un proceso constante y permanente en las organizaciones para alcanzar resultados excepcionales y sostenibles.
4. Una cultura de Cero Lesiones, SI es posible, pero se requiere de Tiempo, Pasión y Esfuerzo a todo nivel.



Su SOLUCIÓN de Termografía Industrial

**Monitoreo térmico de los hornos
y de la combustión, 24/7**
con escáneres y cámaras IR
probados !



Contacto :
hgh@hgh.fr | www.hgh-infrared.com

SELF: El programa de liderazgo y empoderamiento en seguridad de UNACEM Ecuador



Xavier Bonhommeau,

Gerente de Seguridad,
UNACEM Ecuador.

Un buen desempeño en seguridad depende en gran medida del factor humano. Después de 10 años trabajando en este campo, la empresa UNACEM Ecuador ha recopilado sus herramientas más exitosas en un solo programa denominado “SELF” (Safety Empowerment and Leadership Focus) que presentamos a continuación. La ejecución de este programa da lugar a un seguimiento de indicadores de cumplimiento también detallados en el artículo. Finalmente, se exponen algunas de las trampas más comunes que pueden comprometer el éxito de este programa.

Introducción

Para evitar accidentes laborales se necesita disponer de condiciones de trabajo seguras que protejan del peligro y que permitan mitigar los riesgos en la fuente y/o en el receptor. Esto no se puede lograr sin un presupuesto dedicado y una buena experticia técnica en seguridad.



Figura 1. Logo VIDA

Sin embargo, aún con estos aspectos técnicos resueltos, el número y la gravedad de los accidentes no disminuirá a un nivel aceptable si no se logra responsabilizar a todos los empleados sobre la seguridad. En UNACEM Ecuador, el sistema de gestión “VIDA” recuerda este imperativo en su eslogan: “De ti depende, actúa a tiempo” (ver Figura 1).

Los estudios [1] y [2] sobre el comportamiento humano aportan explicaciones interesantes a los malos hábitos en seguridad.

Por un lado, los humanos cometemos errores que pueden ser críticos para nuestra seguridad. Estos errores son principalmente: el exceso de confian-

za, la prisa, la fatiga, la distracción y la improvisación. Uno de los dilemas, por ejemplo, reside en el exceso de confianza cuando desaparecen los accidentes.

Por otro lado, si no se mantienen esfuerzos importantes para desarrollar una cultura de seguridad, los comportamientos riesgosos siempre resultarán espontáneamente más convenientes, debido a que sus consecuencias negativas (sufrir un accidente o una enfermedad o una pérdida económica) no se producen en seguida, ni con certeza.

Al contrario, ofrecen un beneficio inmediatamente perceptible (ahorro de tiempo y/o de dinero).

Así, nace la necesidad de actuar para remover los obstáculos culturales al desarrollo de la seguridad. Desde hace algunos años, los procesos de liderazgo, de asignación de responsabilidades y de participación del personal constituyen un capítulo clave de los sistemas de gestión de seguridad (ISO 45001, última versión de OSHAS 18001). En UNACEM Ecuador, desde hace más de una década, estos procesos constituyen 2 elementos de los 10 del sistema de gestión de seguridad “VIDA” (ver Figura 2).



Figura 2. 10 elementos del Sistema de Gestión de Seguridad VIDA

1. Vulnerabilidad y factor humano

Entendemos por factor humano a la disciplina de los trabajadores expuestos a aplicar las reglas de seguridad, el buen uso de los equipos y su capacidad de mantener el enfoque en la seguridad, incluso en situaciones adversas.

Existen dos elementos que influyen en el peso del factor humano en la seguridad.

Primero, el nivel de eficacia de las medidas de control aplicadas nos hace más o menos vulnerables al factor humano. En efecto, la jerarquía de las medidas de control indica tres categorías de eficacia decreciente: 1) Eliminación/Sustitución, 2) Aislamiento/Ingeniería, 3) Administración/EPI. Nuestra vulnerabilidad frente al factor humano aumenta con las medidas de tipo Administración/EPI, pues su eficacia depende mucho de la actitud de los trabajadores. En una empresa como UNACEM Ecuador, muchas medidas se encuentran todavía en la categoría 3 de la jerarquía de control (la empresa cuenta con 14 permisos de trabajo diferentes y más de 30 módulos de capacitación en seguridad).

Segundo, como parte de las medidas administrativas, todas las empresas elab

boran un programa de capacitación en seguridad. Sin embargo, esta capacitación previa representa tan solo 10% del conocimiento en seguridad que debe adquirir una persona. Los otros 90% se reparten entre: 20% de conocimiento que se adquiere viendo otros hacer (acompañamiento), y 70% de adquisición de conocimiento con base a la experiencia.

Los mecanismos para reducir esta vulnerabilidad consisten en:

1. Subir el nivel de las medidas en la jerarquía de control, sobre todo cuando la gravedad de la lesión en caso de exposición al peligro es alta.
2. Mejorar las medidas administrativas. Un buen ejemplo es la sala interactiva edificada en UNACEM Ecuador para impartir los cursos internos de seguridad (ver Figura 3).
3. Mejorar la conciencia en seguridad del personal.



Figura 3. Sala interactiva de capacitación en seguridad

2. Desarrollar empoderamiento

Es imperativo desarrollar la confianza del personal en los directivos de la empresa para abordar temas de seguridad: confianza en su apertura al diálogo, en su sincera preocupación por la seguridad, y en su esfuerzo en resolver, con urgencia, los problemas de seguridad que lo ameritan. Trabajar en el desarrollo de estas cualidades de los directivos es una necesidad para empoderar a los trabajadores en la seguridad.

Según la curva de Bradley, que relaciona la cultura de seguridad con el nivel de accidentabilidad, el objetivo es tener trabajadores interdependientes: no necesitan supervisión, hacen respetar las reglas, proponen ideas y se hacen responsables por la seguridad (ver Figura 4).



Figura 4. Curva de Bradley

El perfil tipo de este trabajador empoderado es el siguiente:

1. Asimila y cumple las expectativas y objetivos de seguridad.
2. Se responsabiliza de las acciones correctivas en seguridad.
3. Tiene una cultura del diálogo / participa / interviene en temas de seguridad.
4. Tiene confianza en desafiar o negarse a hacer una tarea insegura.
5. Participa en las decisiones en temas de seguridad.

El desarrollo de este perfil depende de los directivos de la empresa. Primero, la ejemplaridad: Un ejecutivo que no es interdependiente en seguridad no puede pretender conducir a sus colaboradores a la excelencia en seguridad. Por lo tanto, se establece el perfil mínimo de un líder en seguridad:

1. Comunica con claridad las expectativas y objetivos de seguridad.
2. Cumple y lidera con el ejemplo.
3. Demuestra un nivel alto de exigencia en el cumplimiento de los requisitos de seguridad.
4. Aplica medidas correctivas con sentido de urgencia.
5. Prioriza la seguridad sobre la producción.
6. Realiza retroalimentación sobre el buen desempeño en seguridad / desarrolla a los trabajadores.
7. Se muestra abierto al diálogo en temas de seguridad.

El programa “SELF” reúne las mejores iniciativas de UNACEM Ecuador de la última década para que los directivos demuestren su liderazgo en seguridad y para desarrollar el carácter interdependiente del personal operativo (ver Figura 5).

Figura 5. Programa SELF



2.1 Gestión de actos o situaciones inseguras

Sin duda es importante visibilizar los actos y situaciones inseguras, antes que las causas de los mismos conduzcan a eventos de mayor gravedad. Por eso, todos los trabajadores deben participar en detectar y reportar incidentes de seguridad. La gestión implementada en UNACEM Ecuador incluye cuatro etapas: 1) el reporte de incidentes en una plataforma digital amigable (“VIDA”), 2) la revisión diaria y la priorización de los incidentes por el departamento de seguridad, 3) la asignación de un responsable y un plazo para el cierre de las desviaciones prioritarias, 4) el seguimiento de este compromiso cada semana con responsables de áreas industriales. El error común en muchas empresas es promover el reporte sin tener un proceso de cierre eficaz.

En 2019, el personal de UNACEM Ecuador reportó más de 6800 incidentes. Los criterios definidos por el departamento de seguridad permitieron resaltar 1098 incidentes de prioridad alta; de los cuales 94% fueron resueltos.

Cabe destacar que, con la finalidad de fomentar el reporte de actos y condiciones inseguras, la compañía ha definido como regla que el reporte de actos inseguros entre el personal operativo no genera sanción.

2.2 Estudio de Casos de Seguridad

El estudio de casos permite recoger las sugerencias del personal sobre preocupaciones en seguridad (recurrencia de incidentes, bajo rendimiento, etc.). Su fortaleza es la contribución del personal operativo en detectar defectos de la gestión técnica, de liderazgo o de empoderamiento en diferentes niveles jerárquicos de

la empresa. El entregable de este estudio es precisamente una matriz de responsabilidad donde cada uno se compromete a solucionar las debilidades encontradas.

2.3 Plan de incentivos “COMPROMISO DE SEGURIDAD”

Los esfuerzos proactivos merecen ser visibilizados y reconocidos. De esta manera, el personal que más participa se ve recompensado. El “Compromiso de seguridad” de UNACEM Ecuador reconoce principalmente al personal operativo industrial de jornada y de turno a través de un premio entregado a 12 trabajadores cada mes. Adicionalmente, cada año se recompensa a la mejor área durante una ceremonia lúdica donde participan los familiares.

Para reconocer los esfuerzos proactivos, UNACEM Ecuador tuvo que desarrollar una base de datos digital, amigable y transparente donde cada empleado puede consultar los esfuerzos contabilizados individualmente, por área o por línea jerárquica.

2.4 Inmersión de seguridad nuevos empleados

Cada nuevo empleado, cualquiera sea su nivel jerárquico, debe iniciar su carrera en UNACEM Ecuador, con una experiencia única que consiste en compartir una semana de inmersión en el departamento de seguridad. El objetivo es que entienda cómo puede apoyar la gestión con sus esfuerzos proactivos y por qué estos aportes son importantes para la reducción de accidentes. Durante esta inmersión, se familiariza con todos los mecanismos y las herramientas a su disposición y con la organización establecida por la empresa en temas de seguridad.

2.5 Desayunos de liderazgo en seguridad

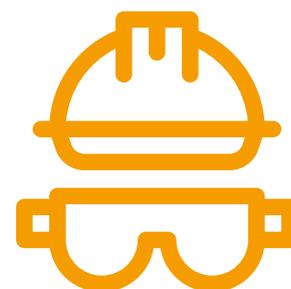
Cada mes, un grupo de mandos medios participa a una discusión abierta y amigable sobre la seguridad industrial con el gerente de la planta y el gerente de seguridad, alrededor de un desayuno en el cual, adicionalmente, participa eventualmente otro miembro del comité de dirección.

2.6 Entrenamiento sobre liderazgo en seguridad

Este entrenamiento está dirigido a los mandos medios y niveles de supervisión operativa de la compañía. Su objetivo es reforzar temas relacionados con sus destrezas como líderes en seguridad. Durante este entrenamiento se comparten metodologías que permiten apoyar su gestión diaria con el personal a su cargo.

2.7 IVL (Interacción Visible de Liderazgo)

Todos los ejecutivos de la empresa fueron capacitados para hacer IVL y se comprometen en sus objetivos anuales a realizar una cierta cantidad de estas interacciones. Se trata de una herramienta para que los ejecutivos puedan demostrar liderazgo en seguridad hacia el personal operativo, generando cultura a través de la confianza, no del miedo.



2.8 Gestión de ideas de mejora y buenas prácticas

Subir en la jerarquía de control o mejorar las medidas administrativas tiene éxito cuando las medidas son sugeridas y diseñadas por los propios empleados. En UNACEM Ecuador existe un proceso para recopilar las ideas de los colaboradores y evaluarlas con la gerencia industrial, trimestralmente. Todas las ideas reconocidas como viables son clasificadas en función de la jerarquía de control y son reconocidas como un esfuerzo proactivo. Cada vez que es posible, se asignan recursos y un responsable para ejecutarlas. En el caso de que la idea no disponga de recursos asignados en el año en curso, se mantiene en un portafolio para el futuro.

La buena práctica es una idea ya implementada que también pasa por una evaluación y aprobación de la dirección industrial para ser reconocida.

2.9 Bono variable de seguridad

Entre 30% del bono variable que recibe el personal ejecutivo y el 20% del personal operativo está vinculado al cumplimiento de objetivos de seguridad, relacionados tanto a esfuerzos proactivos como a indicadores reactivos.

3. Indicadores proactivos y seguimiento de desempeño

En UNACEM Ecuador, cada inicio de año, se definen objetivos colectivos e individuales con un enfoque especial en los esfuerzos proactivos que reflejan el liderazgo y el empoderamiento y que permiten prevenir accidentes.

A lo largo del año, cada mes, el departamento de seguridad presenta los resultados de 8 indicadores claves que reflejan los esfuerzos proactivos del personal. Estos esfuerzos son comparados con los objetivos y son los siguientes:

1. # IVL.
2. # Desviaciones de prioridad alta reportadas y analizadas.
3. % Desviaciones de prioridad alta cerradas.
4. # Inspecciones de cumplimiento a estándares de trabajos de alto riesgo.
5. # Acciones correctivas/preventivas de eventos serios cerradas en el tiempo comprometido.
6. # Inspecciones de área.
7. # Acciones correctivas/preventivas de inspecciones de área cerradas en el tiempo comprometido.
8. # Buenas prácticas implementadas.

La alta dirección de la empresa y el comité paritario de seguridad y salud están involucrados en el seguimiento y el cumplimiento de estos indicadores.



UNACEM

CONSTRUYENDO OPORTUNIDADES

ECUADOR

Conclusión



Solo un buen liderazgo en seguridad permite fomentar una cultura de seguridad y mitigar la vulnerabilidad de nuestras instituciones frente al factor humano.

Sin embargo, una vez definidas las actividades de demostración de liderazgo, es importante mencionar que existen diversas maneras de darles seguimiento. Podemos distinguir tres tipos de líderes:

- 1. Seguidor:** No es convencido y no es sincero.
- 2. Convencido:** Es sincero, pero dedica tiempo por la seguridad solo cuando su agenda está libre de otros compromisos.
- 3. Verdadero:** Siempre organiza su agenda para demostrar, con constancia, liderazgo en seguridad y, además, es capaz de cambiar su agenda si una emergencia de seguridad lo justifica.

Un liderazgo no sincero y no constante no dará el resultado esperado. Peor, las actitudes tóxicas son capaces de destruir en unos segundos toda la credibilidad en seguridad adquirida en meses. Existen situaciones en las cuales, la demostración visible de liderazgo es indispensable. Por ejemplo, es importante que el personal sienta una reacción y una preocupación especial por parte de los directivos después de un accidente serio: exigiendo investigación y acción urgente, compartiendo las lecciones con el resto de los trabajadores, etc.

Otra trampa común (y tóxica) es caer en la tentación de las medidas disciplinarias sin tratar de identificar eventuales obstáculos técnicos o culturales, resultado de un liderazgo inadecuado, que expliquen el exceso de confianza de los involucrados en el accidente.

Lo bueno es que los esfuerzos invertidos en un buen liderazgo en seguridad se reflejan no solamente en la disminución de los accidentes, pero también en el clima laboral y en la excelencia operacional en todos sus aspectos.

Bibliografía



1. Agnew, J. & Snyder, G., “**Removing obstacles to safety – A behavior-based approach**”
2. Agnew, J. & Daniels, A., “**Safe By Accident? – Take The Luck Out Of Safety**”

FEDERACIÓN INTERAMERICANA DEL CEMENTO - FICEM

OBJETIVOS



- **Promover** el desarrollo sostenible de la industria cementera de Iberoamérica y el Caribe.
- **Fortalecer** la representatividad del sector regional del cemento frente a organismos multilaterales, autoridades públicas y la sociedad.
- **Generar** espacios para la capacitación, el intercambio de buenas prácticas y la transferencia de conocimiento, tecnología y normativa de interés para la industria.
- **Promover** las ventajas de sistemas de construcción con base en cemento y concreto.

EJES DE ACCIÓN



- **Sostenibilidad** de la industria del cemento.
- **Promoción** de usos y aplicaciones del cemento y concreto.
- **Alianzas** globales y posicionamiento de la industria latinoamericana y FICEM en el contexto mundial.

RELACIONAMIENTO INSTITUCIONAL

- **La Federación Interamericana del Cemento** se relaciona con homólogos y organismos multilaterales creando una red de aliados internacionales. FICEM representa a la industria del cemento a nivel global y participa de las iniciativas mundiales que promueven la sostenibilidad del sector desarrollando proyectos, foros, encuentros y guías.

GRUPOS DE TRABAJO



- **Sostenibilidad:** Preparar y capacitar a la industria cementera latinoamericana y a las autoridades locales para futuros marcos regulatorios en torno al cambio climático (Mercurio, Getting the Numbers Right, Coprocesamiento).
- **Vivienda y Urbanismo:** Promover el buen uso y aplicación del cemento y concreto en sistemas constructivos de vivienda.
- **Innovación:** Apoyar la investigación e innovación en la producción de cemento y concreto, con el objetivo principal de contribuir a la sostenibilidad y acción climática que nuestra región y nuestro sector requiere.
- **Pavimentos e infraestructura:** Difundir y promover las ventajas técnicas, ambientales y económicas de los pavimentos rígidos así como los marcos regulatorios que consideren la participación de los mismos en las licitaciones.
- **Comunicaciones:** Fortalecer la reputación de marca FICEM y la reputación de la industria cementera de la región.
- **Técnico:** Desarrollo, estructuración y organización del Congreso Técnico FICEM en diferentes países de Latinoamérica.
- **Editorial:** Revisar, supervisar y aprobar el contenido de cada número de la revista Cemento & Concreto de Iberoamérica y el Caribe antes de su publicación.



EVENTOS FICEM



FORO PRESIDENTES

Tiene como propósito abordar los temas clave que enfrentan los dirigentes de las empresas cementeras en el actual contexto global y latinoamericano. Cuenta con la participación de CEO de empresas productoras de cemento, Presidentes y Directores Ejecutivos de Institutos del Cemento y Miembros de la Junta Directiva FICEM.



CONGRESO TÉCNICO FICEM

Tiene como objetivo generar un espacio de intercambio de las mejores prácticas en producción de cemento y sostenibilidad en América Latina, capacitar y actualizar el conocimiento global y regional entorno a la industria cementera y fortalecer el relacionamiento entre proveedores de tecnología e industria, a través de una exhibición comercial con la última tecnología y productos para la producción de cemento en Latinoamérica. Como complemento al evento se lleva a cabo una visita técnica a una planta de producción durante el último día.



ASAMBLEA GENERAL Y JUNTA DIRECTIVA

Tiene como objetivo principal dar seguimiento a los lineamientos y metas del Plan de Acción para FICEM a mediano y largo plazo, con el aporte y directriz de los directores de las empresas asociadas.



FORO Y MISIÓN MULTIPAÍSES DE CAMBIO CLIMÁTICO Y COPROCESAMIENTO

Tiene como objetivo apoyar a la industria de la región en la consecución de políticas y normativas públicas que incluyan al co-procesamiento como una alternativa viable y segura en la pirámide de jerarquía de manejo de residuos en los diferentes países de Latinoamérica. Así mismo, busca capacitar y sensibilizar a las autoridades medioambientales de Latinoamérica en el co-procesamiento de residuos y actualizar a la industria en los avances y mejores experiencias en la región y el mundo.



CONGRESO DE VIVIENDA

Resaltar la importancia de las ciudades resilientes y su capacidad de adaptación al cambio climático, y presentar propuestas para ciudades y viviendas con materiales cementicios, que destaquen por su belleza arquitectónica, versatilidad y funcionalidad.

Adicionalmente busca dar a conocer experiencias exitosas de proyectos de vivienda con materiales a base de cemento y concreto.



Dirección: Calle 118 # 19-52
Of: 204 - Bogotá, Colombia
Teléfono: +57 1 6582978

Mail: ficem@ficem.org
Página web: www.ficem.org



Pisos Saludables:

Una solución que construye sueños y transforma vidas



Elena Castellón

Directora de Relación con Comunidades Regional Caribe y Centroamérica, Cementos Argos



Pamela Sarmiento

Gerente de Comunidades y Directora Fundación Argos Honduras

En la actualidad, una de cada tres familias de América Latina y el Caribe —un total de 59 millones de personas— habita en una vivienda inadecuada o construida con materiales precarios o carente de servicios básicos, según un estudio del BID [2] (2012). En términos absolutos no solo hay un déficit en la cantidad de vivienda disponible, sino también en la calidad de la construcción de las mismas, que va desde no tener un título de propiedad hasta que los elementos principales como el techo, las paredes y los pisos, están elaborados en materiales de desecho o tierra y con un limitado acceso a agua potable y saneamiento. La evidente problemática en la región sobrepasa las capacidades de los gobiernos para abordarla, lo que invita a distintos sectores de la sociedad a vincularse siendo parte de la solución. Cementos Argos, comprometido con el desarrollo de la región y en el marco de su programa social Ambiente Saludable, ha ejecutado el proyecto Pisos Saludables en Honduras, República Dominicana y Colombia, países en donde en conjunto con las familias, entidades sociales y gobiernos locales, ha contribuido a cambiar los pisos de tierra por pisos de concreto, logrando la mejora significativa del bienestar de más de 30,045 personas en los tres países.

De la problemática a la solución

Tener un piso de tierra genera un impacto considerable en el bienestar individual y familiar. Un estudio realizado por Cattaneo et al en 2009 “Housing, Health, and Happiness” [1] examinaron un aspecto particular de la vivienda, la calidad del suelo, y su impacto en la salud de los niños pequeños, así como en la salud mental y la felicidad de sus madres. Encontraron que, los niños que habitaban en las viviendas que fueron beneficiadas con el proyecto de los pisos de concreto redujeron un 78% la presencia de parásitos intestinales, el 49% redujeron sus episodios de diarrea, en el 81% de los niños disminuyó la prevalencia de anemia. Finalmente, este estudio encontró que el 36% de los niños mejoró su desarrollo cognitivo y en cuanto a sus madres la salud mental y satisfacción aumentó en un 52%; estos resultados son contundentes en el beneficio que este tipo de proyectos traen a la salud y el bienestar de los niños y sus familias.

Otros estudios han contribuido a sostener la hipótesis de los impactos negativos de vivir en condiciones precarias; el BID en 2012 [2] publicó un documento cuyos detalles de análisis se resumen en la **Figura 1**, evidenciando la estrecha relación entre vivir en malas condiciones de la vivienda y el desarrollo de enfermedades físicas y mentales.



“Cuando el proyecto de Argos vino a la comunidad fue un alivio porque supimos que íbamos a tener una ayuda. La gente está muy agradecida; en la cara de ellos se refleja el placer de tener una casa bonita”.

Brenda Chacón,
Proyecto Ambientes Saludables
en Comayagua, Honduras

Factores de riesgo	Enfermedades contagiosas asociadas	Accidentes y enfermedades no contagiosas	Enfermedades mentales asociadas
<p>Construcción deficiente, hacinamiento, ventilación inadecuada, humedad y pisos de tierra</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedades causadas o infecciones transmitidas por insectos, parásitos, roedores, mordeduras de animales, (malaria, mal de Chagas) • Infecciones respiratorias agudas • Tuberculosis 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedades coronarias • Enfermedades pulmonares y respiratorias crónicas (incluyendo asma) • Cáncer de pulmón • Heridas • Quemaduras • Enfermedades prenatales 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo cognitivo y psicomotor deficiente en niños pequeños • Problemas de aprendizaje y trastornos del comportamiento causados por la exposición a materiales tóxicos (plomo) • Neurosis • Violencia doméstica • Alcoholismo y drogadicción

Figura 1. Impactos negativos en la salud como resultados de las malas condiciones de la vivienda y de los barrios circundantes. Fuente: BID 2012.

Esta realidad nos invita a adquirir compromisos para generar soluciones integrales que permitan la mejora de las condiciones y la calidad de vida de la sociedad. Así nace el programa Ambiente Saludable en Cementos Argos, un programa cuyo propósito es transformar el hábitat a través del uso de nuestro producto, la innovación social y, a través de CONECTA, el programa de voluntariado corporativo en el cual nuestros colaboradores se involucran por voluntad propia, fortalecer nuestra estrategia de Sostenibilidad. Este programa se desarrolla en todas las geografías en las que Cementos Argos tiene presencia, según sea su contexto.



El proyecto Pisos Saludables hace parte de dicho programa, y busca reemplazar los pisos de tierra por pisos de concreto, desarrollándose bajo un modelo de trabajo conjunto entre Cementos Argos, las comunidades, el gobierno local y otros aliados con el fin de mejorar la habitabilidad, generando mejores condiciones de higiene y salubridad para la población.

Pisos Saludables, una solución concreta

Este proyecto se ha desarrollado en Honduras, Colombia y República Dominicana y consta de cuatro fases (ver **Figura 2**) que propician, de manera integral, la transformación del bienestar de sus participantes. Es importante resaltar que lo aquí expuesto es la forma genérica de su desarrollo, ya que es necesario contextualizar su implementación para que se adapte a las realidades de cada país, ya sea profundizando en alguna fase o prescindiendo de algún elemento que genere poco valor a las comunidades.

Se inicia con una fase diagnóstica. En esta fase se seleccionan a las familias participantes realizando un estudio socioeconómico que ayudará a dimensionar la problemática a la que está expuesta cada familia, y, por tanto, el nivel de riesgo para cada uno de sus miembros. Este proceso se hace con el acompañamiento de los líderes comunitarios, y se toman como prioridad la elección de aquellas familias con mujeres como la cabeza del hogar, con niños en edades tempranas y/o que incluyan adultos mayores; el objetivo es generar oportunidades a las poblaciones más vulnerables.

Luego, se desarrolla una fase de acompañamiento. En esta fase se realizan las formaciones grupales y la organización social que estará liderando todo el proyecto. Este proceso de formación es el más importante de todos porque es el que nos asegura el empoderamiento comunitario, la construcción del capital social necesario, los niveles de comunicación, los acuerdos para la solución y manejo de conflicto, entre otros. En esta misma fase, se realizan las capacitaciones técnicas en obras civiles para las personas que estarán en obra, las capacitaciones de trabajo en equipo, ambientales, de seguridad y salud ocupacional, entre otras.

Se procede a la fase de intervención técnica. En esta fase se construye el piso de la mano con el operador del proyecto, las familias participantes y, en momentos puntuales del proceso constructivo, participan nuestros colaboradores del programa de Voluntariado Corporativo CONECTA. El objetivo es que todos participen desde sus roles, que todos se incluyan y vivan una experiencia transformadora y, especialmente, que todos se sientan parte de la solución de una problemática que, si bien es estructural en nuestra sociedad, juntos podemos cambiarla.

Por último, está la fase de sostenimiento. En esta fase se realizan las evaluaciones técnicas, económicas y sociales que permitan evaluar el éxito del proyecto. Una vez concluido esto, se hace la entrega formal del piso a las familias, junto con el manual de cuidado, limpieza y lineamientos generales para mantener la salud y la higiene en el hogar.

Es importante resaltar que en distintos momentos del proyecto participan los voluntarios CONECTA, todos colaboradores de Cementos Argos que aportan su tiempo y esfuerzo de manera genuina y desinteresada para impulsar los sueños de las familias participantes. También, se generan distintas dinámicas como entregas de donativos a las familias, acompañamiento del tiempo de ocio a los niños y otras experiencias que ayudan a las familias a empoderarse de su realidad y que fortalecen los lazos de relaciones de confianza y apoyo mutuo entre las comunidades y la empresa.



Figura 2. Fases del Proyecto Pisos Saludables. Fuente: Construcción de las autoras.

En Honduras, el proyecto Pisos Saludables se desarrolla desde el año 2014, ininterrumpidamente año tras año, y en él se han beneficiado a 1,862 familias pertenecientes a 89 comunidades en siete departamentos del país. En total, se han construido 61,721 m² de pisos saludables, mejorando las condiciones de vida de 9,310 personas.

Por su parte, en República Dominicana el proyecto está implementado desde el año 2018 y han participado 47 familias de cinco comunidades del municipio de Nigua, construyéndose 2,165 m² de pisos saludables, beneficiándose 235 personas.

En Colombia el proyecto inicia en 2008 y se ha desarrollado en algunos años cuando se cuentan con todas condiciones para ejecutarlo de manera eficiente. Desde ese año, en total han participado 4,111 familias de distintos departamentos del país, construyéndose 110,964 m² de pisos saludables, mejorándose la habitabilidad de más de 20,000 personas.

La evolución de Pisos Saludables

La experiencia en el desarrollo del programa Pisos Saludables le ha permitido a Cementos Argos obtener una visión más amplia y cercana de la situación de vivienda de la región. También, de la mano con las comunidades, Cementos Argos ha podido evolucionar e innovar en la mejora de otros espacios como la construcción de unidades sanitarias, pilas para el almacenamiento de agua, duchas, así como el pulido y repello de paredes. Esto ha permitido mejorar integralmente la habitabilidad de las familias, generar confianza, cercanía y, sobre todo, a través de este programa, ser parte activa de la solución del problema, acompañándolos desde la innovación a crear una nueva realidad para sus familias y sus comunidades. Por ejemplo, gracias al liderazgo y empoderamiento de la comunidad Nueva Valladolid de Capiro, ubicada en Comayagua (Honduras), se han construido integralmente 93 módulos sanitarios, reemplazando más de 1,200 m² de pisos de tierra a pisos de concreto y más de 10,500 m² de repello y pulido de paredes a las 270 familias que, con el apoyo de la compañía, decidieron hacer del programa Ambientes Saludables una oportunidad única para tener una vivienda digna.



“Soy madre soltera de dos niñas y participar en el proyecto de Pisos Saludables fue retador porque yo misma construí mi piso. Ahora sé cómo se construye un piso, se cómo se hace la mezcla; todo lo hice yo con mis manos y con la orientación técnica de las personas de la Pastoral Social y Cementos Argos. Fue una experiencia maravillosa pues me demostré, aún más, lo valiente que soy”.

Lijaris Castro Diaz,
Proyecto Pisos Saludables en
Cartagena, Colombia.



Conclusiones



Este programa tiene todas las características y evolución en la región para ser replicado en otros territorios donde Cementos Argos tiene operaciones. Pisos Saludables se ha convertido en una oportunidad única para la compañía de construir relaciones de confianza con sus comunidades, abrir las puertas del diálogo, generar lazos de fraternidad y apoyo mutuo con el fin de desafiar las realidades que viven estas familias. Los resultados que ha entregado este programa son la prueba más palpable de que, a través del uso de nuestros productos, estamos cumpliendo nuestro propósito superior de “construir sueños que impulsan el desarrollo y transforman vidas”. Eso somos en Cementos Argos, constructores de sueños.



Bibliografía



[1] Cattaneo, M. Galiani, S. et al. “Housing, Health, and Happiness” American Economic Journal: Economic Policy, 2009, 1-31.

[2] Blanco, A. Fretes, V. et al. “Un espacio para el desarrollo: Los mercados de vivienda en América Latina y el Caribe” Banco Interamericano de Desarrollo BID, 2012, Fondo de Cultura Económica, 34-385.



“He tenido la oportunidad de vincularme con este hermoso proyecto que nos permite mejorar las condiciones de salud y calidad de vida de las familias en comunidades cercanas a nuestras operaciones. Resalto que participar con el equipo de voluntarios que ha trabajado la construcción de los pisos ha sido una experiencia energizante e inspiradora. Al finalizar el día, nos retiramos agotados por el esfuerzo físico, sin embargo, la tranquilidad nos reconforta, al recibir esas palabras de agradecimiento, por parte de las personas a las que Cementos Argos ha contribuido en mejorarles su calidad de vida”.

Sahid Mancilla,
Director planta Najayo, Voluntario
Programa CONECTA- República
Dominicana.

Ciudades sostenibles y resilientes:

El desafío latinoamericano



**Edgardo F.
Irassar**

Facultad de Ingeniería -
Universidad Nacional del Centro
de la Provincia de Buenos Aires,
Argentina.

**Vanderley
John**

Escuela Politécnica de la
Universidad de São
Paulo, Brasil.



**Jorge I.
Tobón**

Facultad de Minas
de la Universidad
Nacional de Colombia

**Katia R.
García Punhagui**

Instituto Latinoamericano de
Tecnología, Infraestructura
y Territorio de la Universidad
Federal de la Integración
Latinoamericana, Brasil;



**Yazmín L.
Mack V.**

Centro Experimental
para Ingeniería - Universidad
Tecnológica de Panamá

Este artículo resume los aspectos más relevantes del paper: El rol del cemento y concreto en la construcción de ciudades sostenibles y resilientes, en él se presenta un panorama de las ciudades de Latinoamérica y el Caribe en relación a las acciones para alcanzar las metas del Objetivo de Desarrollo Sostenible 11 – “Hacer que las ciudades sean inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles”. Se analiza la distribución de la población, las amenazas de desastres naturales y el cambio climático, y se proponen soluciones asequibles para el desarrollo del entorno urbano construido en forma resiliente y sostenible utilizando materiales locales de base cementicia, especialmente el concreto.

1. Población, ciudades y desarrollo

La población mundial se ha triplicado en el periodo 1950-2018. Para este periodo, la población de América Latina y el Caribe (ALyC) creció de 169 a 632 millones de habitantes (Mhab), de los cuales un 65,8 % reside en Sudamérica, 27,3 % en Centroamérica y 6,9 % en el Caribe [1]. En ALyC, la población es mayoritariamente urbana (80,7 %), debido a un proceso de urbanización que comenzó hacia finales de la década de 1950 en países como Uruguay, Argentina y Chile, en la década del 1970 en Brasil, México, Colombia y Cuba; en algunos países la urbanización es más reciente (Bolivia, El Salvador) y en

otros aún se encuentra en desarrollo (Guatemala y Haití). La urbanización es un conjunto de procesos por el cual la población y las actividades humanas se concentran con una densidad suficiente que favorecen el desarrollo y el bienestar, promoviendo más aglomeración. Para realizar su vida laboral y social, los habitantes urbanos requieren de vivienda, servicios básicos, e infraestructura de movilidad que son fundamentales para un desarrollo sostenible.

En ALyC, el 20% de la población urbana reside en nueve aglomerados de más de 5 Mhab, que tendrán una tasa

de crecimiento leve en los próximos años. En las ciudades de 1 a 5 Mhab, la población urbana crecerá del 20 al 27 % en los próximos años, pero aún la mitad de la población vive en ciudades de menos de 1 Mhab, y un 40 % vive en ciudades pequeñas (> 0,3 Mhab) [1].

Las ciudades son motores del crecimiento económico y son determinantes para aumentar la productividad y competitividad regional [2], ya que concentran más del 80 % de las actividades económicas [3]. Las ciudades medianas crecen más rápido que las grandes ciudades [4] porque con una menor inversión se puede lograr más prosperidad [5]. La productividad y funcionalidad de la ciudad depende de su estructura espacial, el nivel de infraestructura básica, los servicios, y su planeación y gestión [3]. En general, las ciudades bien organizadas proporcionan más oportunidades de empleo, educación, servicios y movilidad social ascendente. Las ciudades con servicios básicos deficientes a menudo están congestionadas y tienen déficit de viviendas o asentamientos

informales, y generalmente no son atractivas para las inversiones que vigorizan el crecimiento económico y mejoran el bienestar de los habitantes.

A pesar del avance en las últimas décadas, más del 20 % de la población en las ciudades medianas y grandes de ALyC reside en asentamientos [6]. Esta situación plantea crecientes desafíos sobre la estabilidad del tejido social y político, ya que sus habitantes carecen de vivienda digna, servicios básicos, infraestructura e instalaciones adecuadas y concentran la pobreza. Esta urbanización no planeada produce efectos negativos como la congestión, la sub-urbanización, la segregación y la contaminación. Por otro lado, se acelera la demanda de acceso a la vivienda, al sistema de transporte y los servicios inclusivos. En la mayoría de los países de ALyC, las ciudades grandes e intermedias presentan amplios sectores donde el dominio de lo informal y los asentamientos no planificados persisten en zonas urbanas con pocos planes, asistencia, leyes y regulaciones para construir mejor en el futuro.

2. El desarrollo sostenible y la agenda urbana

Uno de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas es “Hacer que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles” [7]. Para 2030, la comunidad internacional se propone como metas aumentar sustancialmente el número de ciudades y asentamientos humanos adoptando e implementando políticas y planes integrados hacia la inclusión, la eficiencia de los recursos, mitigación y adaptación al cambio climático y resiliencia a los desastres [7]. Otros ODS que también incluyen a las ciudades son, proveer de acceso universal y equitativo al agua potable y al saneamiento, el desarrollo y modernización de infraestructura para que sean fiables, sostenibles, resilientes y de calidad. La sostenibilidad, el cambio climático y la reducción del riesgo de desastres también se entrelazan explícitamente en las principales acciones de la Nueva Agenda Urbana [8]. Por ejemplo, un 42 % de las pérdidas en viviendas se deben a inundaciones urbanas causadas por el régimen de lluvias, una localización inadecuada o infraestructura insuficiente; además el uso de diseños y materiales inapropiados en las viviendas causan un gran daño económico-social en la población.

Para hacer frente a estos desafíos, las ciudades deberán mejorar sus capacidades de gestión institucional y económica-financiera. Es necesario establecer normas y regulaciones adecuadas, que gobiernen a los vecinos urbanos que comparten servicios comunes; un diseño y una mejor ordenación espacial, que optimicen la densidad, la conectividad y la diversidad; y con un plan financiero que sostenga el funcionamiento de la ciudad y que asegure la prosperidad económica. Es momento de repensar la urbanización y de promover políticas urbanas que contemplen el desarrollo sostenible. Estas políticas requieren de la realización de planes de mejoramiento de la vivienda existentes y nuevas viviendas, obras de infraestructura de transporte, de agua potable y saneamiento, control de inundaciones y deslizamientos, iluminación y edificios comunitarios, entre otros. En esta planificación, las ciudades deben ser capaces de resistir el embate de los desastres naturales, mitigar y adaptarse a los cambios climáticos, contribuir a un consumo responsable de recursos y gestionar los residuos. La región de ALyC enfrenta numerosos desafíos, pero a su vez existen muchas oportunidades si se actúa a tiempo.

3. Desastres naturales y cambio climático

El impacto económico-social de los desastres naturales es mayor en las ciudades debido a la concentración de población, infraestructura y actividad económica. La evaluación del riesgo de desastre involucra la probabilidad que una amenaza se transforme en un evento que afecte los bienes tangibles e intangibles de la población. El impacto es mucho más significativo cuando crece la vulnerabilidad de la población afectada (pobreza, ancianos, niños, etc.). Las amenazas son fenómenos naturales geofísicos (terremotos, volcanes, tsunamis), hidrológicos (lluvias intensas, inundaciones, movimientos en masa por lluvias, nevadas), climatológicos (sequías, incendios naturales) o hidrometeorológicos (frentes fríos y calientes, huracanes-tornados), mientras que también hay fenómenos antrópicos como los químico-tecnológicos o socio-organizacionales. Los fenómenos geofísicos son imprevisibles, los movimientos en masa y las crecidas excepcionales de ríos son estimables; mientras que los peligros hidrometeorológicos son previsibles.

La región de ALyC cuenta con poblaciones vulnerables en regiones propensas a los desastres y a los efectos del cambio climático, que requieren una planificación y gestión de las ciudades [9]. En la **Figura 1** se clasifican los eventos naturales relevantes acaecidos en el periodo 1900-2020 en ALyC [10]. La naturaleza de los eventos naturales registrados se corresponde a: hidrológicos (46,8 %), meteorológicos (30,1 %), geofísicos (14,9 %) y climatológicos (8,2 %). La mayor cantidad de muertes corresponde a los eventos geofísicos (terremotos, deslizamientos y avenidas), mientras que las mayores pérdidas económicas están asociadas a los eventos hidrológicos, meteorológicos y climatológicos.

El cambio climático también pronostica un incremento de la exposición de las ciudades de ALyC a los fenómenos hidrometeorológico y climatológicos. Basados en los modelos y escenarios del IPCC [11], los efectos probables de ocurrir sobre las zonas urbanas en ausencia de medidas de adaptación son: el aumento de la temperatura media (3 a 4 °C) con días más templados, aumento de la frecuencia de los periodos cálidos y/u olas de calor, aumento de la frecuencia de precipitaciones intensas, aumento de intensidad ciclónica tropical, regiones afectadas por la sequía debido al fenómeno de El Niño/La Niña, y el aumento del nivel del mar que podría afectar a las ciudades costeras.

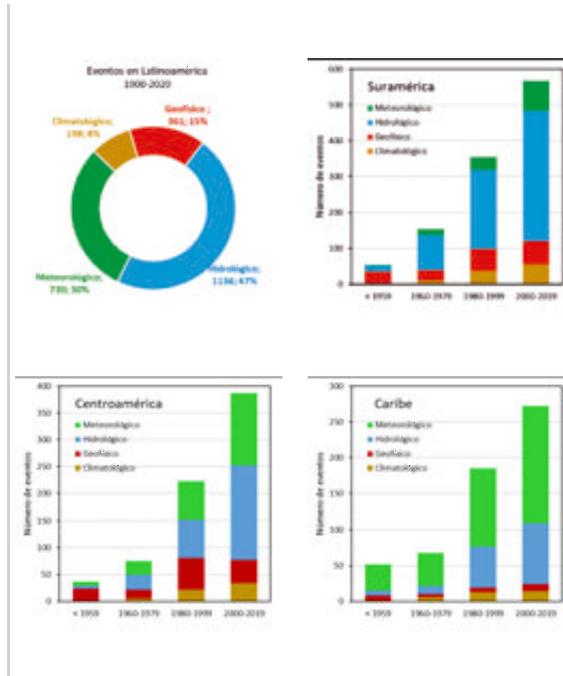


Figura 1. Desastres naturales reportados en América Latina y el Caribe (elaborado a partir de [10])

Las inundaciones son el desastre más frecuente en la región, siendo Brasil el país con mayor población expuesta, por otro lado, las tormentas tropicales severas (17 huracanes/año) afectan a la región Caribe y América Central. Además, la sequía afecta el mayor número de habitantes en la región conocida como el Corredor Seco en América Central. Asociado a las lluvias torrenciales, los deslizamientos en masa se han registrado en varios países. Los eventos hidrometeorológicos son fenómenos de carácter local que afectan la economía de la ciudad o región y generalmente tiene un carácter dramático e intenso para la población. Durante las sequías es necesario prever y administrar los recursos hídricos (almacenamiento, disminución del gasto, pérdidas de agua, etc.). El ascenso de 1 m del nivel del mar afectaría a 5 Mhab, en mayor proporción en el Caribe (2,5 a 3,5 %), Sudamérica (0,8 a 1,5 %) y América Central (0,5 a 0,8 %). En general, la costa Atlántica presenta un mayor riesgo en comparación con la costa del Pacífico. Las costas de Brasil, Guyana y el Caribe oriental son categorizadas de “muy alto riesgo” [12].

4. Estrategias para reducir los riesgos de desastre

El impacto de los desastres en las ciudades puede ser agravado por la ausencia o deficiencia de infraestructura, la urbanización no planificada, la gestión inadecuada de las tierras, la falta de cohesión social y los cambios demográficos. Para aumentar la resiliencia de las comunidades ante los desastres, el Marco de Sendai [13] propone la reducción del riesgo de desastres basado en cuatro prioridades (**Figura 2**): identificar la amenaza, reducir el riesgo y mejorar la respuesta a los desastres, la rehabilitación y la reconstrucción.

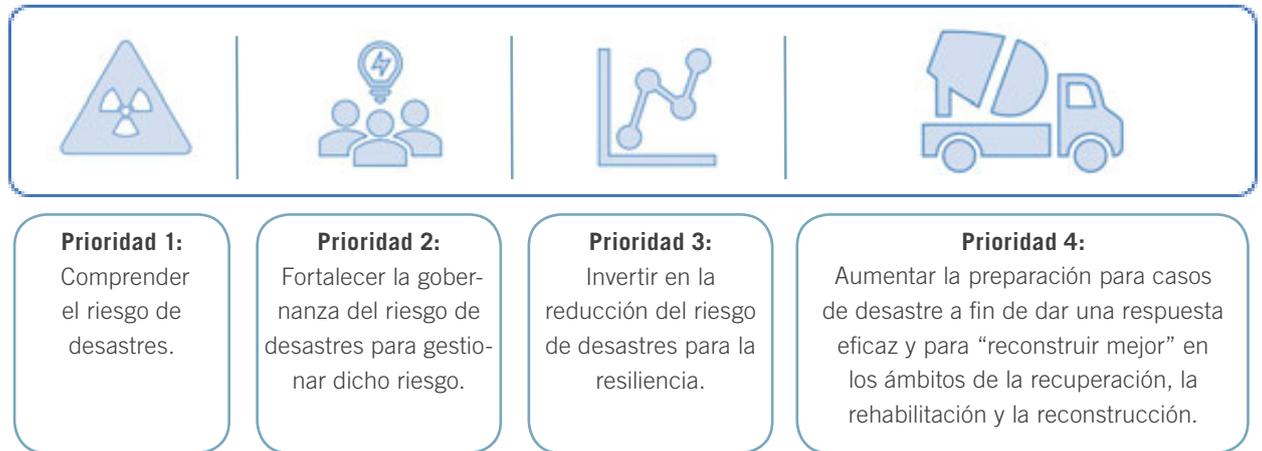


Figura 2. Prioridades del Marco Sendai [12]

Para construir una ciudad resiliente es esencial integrar la mitigación y la adaptación al cambio climático, avanzar en redes de conocimiento, apuntar hacia el desarrollo y el diseño urbano resiliente, garantizar una respuesta eficaz ante desastres, una rápida recuperación y construir y reconstruir mejor [14]. El análisis del riesgo requiere identificar y jerarquizar las amenazas y la vulnerabilidad de cada sector de la ciudad para generar un mapa de riesgo, y así tomar las decisiones apropiadas. Por ejemplo, identificadas las amenazas sobre los habitantes y bienes urbanos (el hábitat, el medio natural, el

paisaje y la parte sociocultural), y la vulnerabilidad de la población, se pueden tomar decisiones que disminuyan la exposición (obras de infraestructura bien diseñadas mantenidas y operadas) para lograr un daño tolerable. Durante la recuperación, la reconstrucción debe hacerse previendo la resiliencia del entorno construido para el próximo evento. Los materiales de base cementicia, especialmente el concreto, son esenciales en las nuevas obras de protección y mitigación, como en las soluciones de recuperación, rehabilitación y reconstrucción después del desastre con construcciones durables y resilientes.

5. Planificar una ciudad resiliente y sostenible

El ordenamiento territorial en todas las escalas (región metropolitana, ciudad, barrio y vivienda) tiene un papel fundamental en la reducción de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) como acción contra el cambio climático, en el desarrollo sostenible y en la construcción de resiliencia ante las amenazas [15]. Las comunidades resilientes requieren una planificación integral, que incluya estructuras e infraestructura robustas con una larga vida útil. Los espacios no planificados también son nuevos retos para el ordenamiento territorial que pretenda generar resiliencia en las ciudades.

Entre las estrategias para el ordenamiento territorial de distintas ciudades [16-23] se encuentran propuestas de: regeneración y recuperación de espacios urbanos e infraestructura, integración de las zonas, oferta de servicios públicos, promoción de ocupación de espacios baldíos, reubicación de comunidades vulnerables, creación de espacios seguros, promoción de la escala humana y accesibilidad, urbanismo táctico [24] e infraestructura “verde-azul” [25]. En el informe completo, sobre el cual base este artículo, se presenta un resumen de estrategias planeadas y ejecutadas en distintas ciudades de ALyC.

6. Viviendas

La vivienda es la célula elemental de la ciudad y satisface las necesidades básicas de la población. Por lo tanto, la vivienda asequible, resiliente y sostenible es fundamental que sea resistente a los terremotos, los huracanes, tornados, y las inundaciones [26-28].

Los estudios realizados en la región muestran que el déficit cuantitativo de vivienda supera el 50 % del total de hogares en Honduras y Nicaragua, y es cercano o superior al 30 % en Argentina, Bolivia, El Salvador, Paraguay, República Dominicana y Venezuela. Los déficits cuantitativos miden las familias

que habitan en viviendas inadecuadas y sin posibilidades de reparación que pueden ser subsanados por planes de vivienda. Los déficits cualitativos miden los hogares que habitan en viviendas cuya paredes y techos están construidas con materiales inadecuados para la exposición, no tienen pisos, carecen de servicios de agua y saneamiento adecuado, hay hacinamiento o su tenencia es precaria. Para disminuir el déficit cualitativo es crucial financiar las mejoras y el mantenimiento de las viviendas. En este caso es necesario repensar la vivienda futura y discutir soluciones sostenibles y resilientes en todas sus

dimensiones; considerando los nuevos proyectos, construcciones con mayor vida útil, mantenimiento y mejoras. La adecuación de las viviendas existentes para dotarlas del confort adecuado es una política pendiente y la mayoría de los hogares que registran déficits cualitativos no son pobres [29].

La formulación, implementación y aceptación de código y reglamentos de construcción apropiados tiene un papel crucial en la reducción del riesgo de desastres, la construcción de resiliencia y el desarrollo sostenible de las ciudades [30].

6.1 Viviendas resilientes:

La adecuación de los edificios y viviendas en zonas de riesgos sísmicos es una prioridad que está ampliamente aceptada y en marcha en AlyC [31] quedando un largo camino por recorrer para lograr una resiliencia sísmica como en Chile.

En las áreas urbanas propensas a inundaciones ya sea por lluvias intensas o su ubicación en zonas anegables, la edificación nueva y existente deben prever la situación, como la construcción sobre zancos o pilotes (**Figura 3a**) en la ribera de ríos o el mar. Para áreas inundables, el ASCE [32] establece según la categoría de riesgo, la elevación mínima del piso, el tipo de fundación según las

características del suelo y las cargas de diseño (presión hidrostática e hidrodinámica, efectos de las olas, entre otros). La resiliencia del edificio requiere su estabilidad durante el ascenso y descenso del agua, cuando el agua permanece o fluye. El diseño requiere de aberturas en los muros inferiores para dejar fluir el agua sin diferencia de empuje [33]. También se establece la altura mínima del equipamiento eléctrico, de calefacción y de bombeo de agua para evitar su daño.

Los huracanes y tornados causan grandes pérdidas en las viviendas, especialmente los techos y las construcciones livianas como los sistemas

de madera [34]. La directriz FEMA [35] establece que los muros de cerramiento de bloques de concreto, o de concreto prefabricado o in situ son menos afectadas por su peso y también impide la penetración de objetos voladores (**Figura 3b**). Las viviendas de materiales livianos en zonas sujetas a eventos extremos deben contar con una habitación segura construida en concreto reforzado para salvaguardar a los ocupantes. Las partes de un edificio o infraestructura con riesgo de inundaciones deben estar elaborados con materiales resistentes al agua (por ejemplo: concreto, cerámicos).



Figura 3. a) Vivienda sobre pilotes en Chiloe (Chile); b) Casa de concreto para resistir huracanes (Itambé, 2017); c) Elementos de confort térmico (Cobogós): sombreado y ventilación natural.

6.2 Confort térmico y ahorro de energía en edificios:

Las viviendas también deben ser diseñadas y construidas según las diferentes zonas bioclimáticas de ALyC. Los materiales cementicios tienen características que pueden ayudar en la construcción bioclimática local al desarrollar soluciones arquitectónicas dirigidas al confort, la eficiencia energética y contribuir a la mitigación del cambio climático. En la arquitectura bioclimática, los elementos de construcción a base de cemento pueden componer sistemas para sombrear, ventilar, iluminar, calentar o enfriar según sea la necesidad, sin necesidad de emplear una gran tecnología de construcción. Se destacan los elementos prefabricados y premoldeados (**Figura 3c**), concretos celulares, drenantes de alto desempeño, paneles compuestos (con PVC, EPS, polímeros, madera, etc.). Estos elementos, al ser empleados en combinación con un diseño y otros materiales locales apropiados permiten dar una respuesta resiliente y sustentable en la construcción. Las soluciones tecnológicas desarrolladas para regiones con un clima diferente y un entorno socioeconómico diferente son desaconsejadas.

7. Servicios Básicos

En la población urbana de ALyC, el acceso al agua potable tiene una cobertura del 77 %, mientras que la infraestructura de saneamiento constituye el principal déficit con una cobertura del 22 % de servicio con manejo seguro [36]. La cobertura de servicio eléctrico urbano es universal [37]. Por el cambio climático, la infraestructura debe prever un aumento en el suministro y el almacenamiento de agua potable en las ciudades afectadas por las sequías. El concreto es un material esencial en la construcción de presas, túneles de captación y redes de distribución como tuberías y tanques de agua urbanos. En regiones de Centroamérica, la adaptación a la falta de agua requerirá de un sistema de captación, almacenamiento y distribución de agua a gran escala [38]. El sistema de saneamiento básico requiere de tuberías, estaciones de bombeo y de tratamiento de aguas residuales donde el concreto se usa ampliamente (**Figura 4**). El concreto utilizado en la red de alcantarillado debe diseñarse considerando el ataque biogénico (H_2SO_4) que reduce la vida útil.



Figura 4. a) Tuberías de concreto prefabricado para alcantarillado y desagües pluviales; b) Planta de tratamiento de aguas residuales.

8. Control de inundaciones urbanas

Las inundaciones urbanas son causadas por la lluvia que cae sobre la superficie impermeable y supera la capacidad de los sistemas de drenaje [39]. La inundación depende del patrón de precipitación, agravados por el cambio climático, la baja capacidad de infiltración del terreno y la insuficiencia del drenaje. Las inundaciones urbanas también pueden ocurrir por el desbordamiento de los ríos que atraviesan las ciudades, los vientos y huracanes que impulsan una marejada en áreas costeras e impiden la escorrentía natural.

Para enfrentar las inundaciones las ciudades han propuesto distintas obras de infraestructura como: desagües pluviales, retardadores pluviales, rehabilitación y construcción de colectores de agua, obras de macro y micro drenaje, tratamiento de fondos de valle, cámaras de intercepción pluvial, aplicación de geo mantas, reacondicionamiento de techos contra tormentas severas y planeamiento de la ocupación del suelo [16-17, 20-23, 40-41]. Por ejemplo, el plan de Drenaje Pluvial de la ciudad de La Paz (Bolivia) pretende el control de inundaciones con canales de drenaje (**Figura 5a**) y microdrenaje (superficial, incluyendo sumideros); y medidas de control de erosión (**Figura 5b**). A ellas se suman, la reglamentación del uso y ocupación del suelo, el manejo de áridos, los códigos de construcción que incluyen el microdrenaje, la red de estaciones hidrometeorológicas y la educación y concientización sobre la disposición de residuos en la vía pública [42]. En otras ciudades (**Figura 5c**), se han realizado presas de gravedad capaces de retener y controlar el flujo de agua construidas en concreto convencional o concreto compactado con rodillos.



Figura 5. a) Embovedado del Río Choqueyapu (Bolivia) [42] b) Control de erosión Río Jake Jake (Bolivia) [42]; c) Presa de concreto compactado con rodillos para regular la crecida de lluvias torrenciales (Tandil, Argentina).

La prevención de inundaciones urbanas también incluye a las áreas verdes, parques lineales, y pavimentos permeables que se exponen más adelante. Las áreas verdes son espacios abiertos y permeables, que pueden mejorarse con suelos enmendados para mejorar la infiltración; estacionamientos, senderos y aceras permeables, áreas de biorretención, árboles en zonas de jardines de acera, etc. [43]. También contribuyen los microdrenajes en los jardines de las viviendas o cajas de jardín en espacios reducidos, techos verdes, y cisternas de agua de lluvia.

9. Muros y obras de contención de movimientos en masa

Algunas ciudades de ALyC presentan riesgos de movimientos en masa (**Figura 6a**) por su relieve y la acción de sismos o las lluvias torrenciales que saturan el suelo incrementando su masa y disminuyendo su resistencia. La deforestación y los asentamientos informales en las laderas aumentan el riesgo y el impacto del desastre.



Figura 6. a) Deslizamiento de tierra en Brasil en laderas construidas. b) Estructuras para la contención de suelos con elementos prefabricados y c) Muro sólido en forma de bolsa de cemento con drenaje.

La alternativa de relocalización de la población vulnerable muchas veces se ve impedida por cuestiones sociales, culturales y económicas; y la estabilización de taludes es una alternativa prometedora. El uso de estacas de retención de concreto o acero es una solución adecuada porque aumenta la resistencia del suelo, permite el flujo de agua y evita el deslizamiento. Los muros de contención de concreto (Figura 6b), moldeados in situ o prefabricados, son una solución de probada eficacia, siempre que se complemente

con la mejora de la vivienda, la urbanización para conducir el agua y un aumento de la vegetación natural cuyas raíces ayuden a contener la ladera. En otras situaciones, se puede reducir el riesgo de deslizamiento mediante la introducción de una pared discontinua que reduzca la energía cinética del material, retenga parte del sólido y permita el drenaje de agua sin obstáculos (Figura 6c) controlando la infiltración de agua para disminuir el peso y la presión de poros en el suelo.

10. Pavimentos y movilidad

En varias ciudades de ALyC se ha facilitado la movilidad de la población, pero todavía el sistema de transporte público es un servicio ineficiente con baja accesibilidad de la población más vulnerable, lo que conlleva al aumento de vehículos privados y aumento de la demanda de carreteras por problemas de tránsito [44]. El Observatorio de Movilidad Urbana de la CAF para 29 ciudades de ALyC [45] estima que entre 2007 y 2014 la infraestructura para los ciclistas y para el transporte colectivo se incrementó en 197 % y 100 %, respectivamente. Pero cerca del 98 % del espacio vial es asignado

a los autos, taxi y motos que corresponden al 32 % de los viajes diarios. El desafío en términos de infraestructura y patrones sostenibles es aún más crítico considerando el aumento de vehículos en la región.

Las soluciones para la mejora de la movilidad de las ciudades están centradas en propuestas de planes integrados de transporte (principalmente el público); aumento de la infraestructura; interconexión de metro, tren, metro-cable y BRT (Bus Rapid Transit); vías para el uso de bicicletas y la peatonalización; interconectividad entre carreteras e

integración urbano-rural. También, se proponen estrategias de promoción fiscal para vehículos eficientes, billete único, movilidad eléctrica, verificación de vehículos, cambio y mejora de la flota y seguridad vial [23, 46-47]. El BRT o Metrobús (Figura 7) es una estrategia que ha sido utilizada y propuesta por varias ciudades en Argentina, Brasil, Colombia y México [47]. Los corredores exclusivos para autobuses disminuyen el tiempo de viaje, cuya infraestructura física para la implementación está compuesta básicamente por pavimentos de concreto y puntos de espera.



Figura 7. Soluciones de transporte con vía rápida para buses: a) Rio de Janeiro b) Bogotá y c) Ciudad de México.

10.1 Pavimentos drenantes:

La urbanización implica un aumento de la impermeabilización con carreteras, calles y edificios que hacen que el agua escurra superficial en lugar de infiltrarse en el suelo. El uso de dispositivos para aumentar la infiltración y retrasar el flujo de agua al sistema de drenaje de la ciudad, como los pavimentos permeables y cisternas

de almacenamiento, es deseable para reducir el riesgo de inundaciones urbanas.

Un piso permeable soporta las cargas mecánicas y tiene una porosidad que le permite al agua de lluvia infiltrarse en el suelo o en el sistema de drenaje. Los pavimentos permeables se pue-

den usar en aceras y caminos peatonales, estacionamientos y carreteras. Existen diferentes tipos, el concreto poroso moldeado in situ, placas de concreto permeables, pavimento entrelazado con o sin juntas abiertas (Figura 8) y asfalto poroso. El pavimento permeable se puede complementar con tuberías de drenaje inferiores. En lugares con

poco tráfico (por ejemplo, estacionamientos), el uso de bloques o adoquines huecos de concreto funciona bien con un bajo mantenimiento durante su vida útil [48]. El concreto permeable, con una porosidad del 15 al 30%, es apropiado para soportar una intensidad de tráfico de liviano a mediano. Sin embargo, requiere un mantenimiento más cuidadoso en la vida útil para evitar la obstrucción de los poros y la consiguiente pérdida de su coeficiente de permeabilidad.



Figura 8. Pavimentos permeables: (a) concreto permeable colocada in situ; (b) pavimento con placas permeables; (c) pavimento de enclavamiento permeable con juntas extendidas; (d) pavimento permeable entrelazado con áreas huecas. Los pisos tienen diferentes formas de percolación: (a) y (b) el agua pasa a través del pavimento mismo; (c) y (d) el agua pasa entre las juntas de los elementos de concreto [49].

11. Áreas verdes y microclima

Las áreas verdes urbanas son excelentes intercambiadores de aire, calor y humedad contribuyendo al confort térmico, reduciendo las islas de calor y proporcionan una forma eficiente de recolección de aguas pluviales. También son áreas de esparcimiento contribuyen a la salud física y mental de la población. La mayoría de las ciudades de ALyC se encuentran por debajo del mínimo (10 m²) de áreas verdes recomendado por habitante [50]. Para mejorar el acceso a áreas verdes y microclima urbano, las ciudades han propuesto distintas soluciones: parques de bolsillo, infraestructura verde a lo largo de las líneas de transporte, plan de arbolado, biocorredores, zonas de preservación, revitalización de zonas verdes (parques, plazas), cubiertas y muros verdes, jardines de lluvias, trincheras de infiltración, reforestación de márgenes de ríos [16-17, 19, 21, 51].

11.1 Parques lineales:

Los parques lineales son una alternativa urbana, ya que crean un área verde y son una herramienta de drenaje resiliente para los tiempos de inundaciones. Generalmente, se construyen a lo largo del curso de agua (Figura 9) de la ciudad combinando aspectos urbanos y ambientales. Para ello se usan componentes y estructuras de concreto que resisten al agua y sufren pocos daños durante la inundación. Esta infraestructura debe desarrollarse en las áreas de mayor riesgo de inundación y deben dimensionarse teniendo en cuenta el cambio climático [43].



Figura 9. a) Parque Lineal del Río (Medellín, Colombia); b) Parque lineal de la Costanera (Asunción, Paraguay); c) Gran Canal, Ciudad de México

12. Residuos Urbanos

Los Residuos Sólidos Municipales (RSM) incluyen los residuos domésticos, de establecimientos comerciales y de instituciones. En 2016, ALyC generó 231 Mt de residuos, con un promedio de 0,99 kg per cápita por día [52]. Estos residuos están constituidos por orgánico (52%), papel y cartón (13%), plásticos (12%), pero también hay una cuota de vidrio (4%) y metal (3%). A nivel urbano, ~85 % de los RSM se recogen puerta a puerta, un 4,5 % se recicla y la mayoría se depositan en rellenos sanitarios, verteros controlados o a cielo abierto. Pero estos son valores generales que pueden variar considerablemente según la ciudad.

Los residuos de construcción y demolición (RCD) incluyen al material sólido residual del proceso constructivo y mayoritariamente de la demolición, e incluyen: suelos de excavación, escombros cerámicos, concreto, yeso, madera, y asfalto [53]. El promedio global de residuos de construcción y demolición es de 1.68 kg per cápita por día [52] y su composición dependen de la infraestructura y entorno construido que es demolido [53]. La gestión de los RCD requiere una transformación para reciclarlos de manera simple en la producción de agregados para su uso en bases de pavimentos, sistemas de drenaje, asentamiento de suelos, gaviones, agregados para concretos, entre otros, preservando los recursos naturales, reduciendo el vertido ilegal y los costos de recolección.

Conclusiones



La población crece y la gran mayoría vive en ciudades donde desarrollan sus actividades y contribuyen al desarrollo económico y cultural. Las ciudades son un actor clave en la mitigación y adaptación al cambio climático, y los gobiernos locales deben abordar planes para construir resiliencia urbana y reducir riesgos de desastres.

La vivienda es la célula básica del urbanismo la cual debe ser conectada con la infraestructura necesaria para facilitar la circulación peatonal y vehicular, la seguridad ciudadana, el abastecimiento de servicios básicos, la disposición y tratamiento de residuos sólidos y la protección de la población a riesgos naturales.

Dicha infraestructura requiere la ejecución de proyectos y uso de materiales adecuados que cumplan con los requerimientos para lograr estructuras durables y al mismo tiempo ciudades inclusivas, seguras, resilientes y sustentables (ODS 11). La industria del cemento y el concreto tienen mucho que aportar a este Objetivo de Desarrollo Sostenible, ya que para su cumplimiento serán necesarias infraestructuras y edificios construidos con materiales locales de mayor durabilidad y menor costo de mantenimiento, propiedades que se destacan en el cemento y el concreto.

Referencias



- 1.- ONU (2018). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Online Edition.
- 2.- Daude, C., Fajardo, G., Brassiolo, P., Estrada, R., et al. (2017). RED 2017. Crecimiento urbano y acceso a oportunidades: un desafío para América Latina. Bogotá: CAF. <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1090>
- 3.- Ferreyra, M.M.; Mark Roberts (2018) “Subamos el estándar para ciudades productivas en América Latina y el Caribe.” Cuadernillo del Banco Mundial, Washington, DC.
- 4.- Balk, D., Montgomery, M.R., McGranahan, G., Kim, D., Mara, V., et al. (2009). Mapping Urban Settlements and the Risks of Climate Change in Africa, Asia and South America. *Population Dynamics and Climate Change*, 80.
- 5.- Floater, G., Rode, P., Robert, A., Kennedy, C., Hoornweg, et al. (2014). Cities and the New Climate Economy: the transformative role of Global Urban Growth. *The new climate economy*, NCE-01(November), 1–70. www.newclimateeconomy.net
- 6.- ONU (2015). World Atlas of Slum Evolution. ONU-Habitat (Vol. 31). Nairobi, Kenya: ONU-HABITAT. www.unhabitat.org
- 7.- ONU (2015) Asamblea General 18/09/2015, Transformar Nuestro Mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, A/70/L.1
- 8.- ONU (2017). Nueva Agenda Urbana. United Nations. [http://urbanhabitat.com.ar/data/Planear el Barrio.pdf](http://urbanhabitat.com.ar/data/Planear%20el%20Barrio.pdf)
- 9.- ONU-OCHA. (2019). Natural Disasters in Latin America and the Caribbean 2000-2019. Clayton, Balboa, Panama.
- 10.- EM-DAT: (2020) The OFDA/CRED International Disaster Database, University Catholic of Louvain (Brussels; Belgium). www.emdat.be
- 11.- IPCC. (2014). Cambio Climático 2014: Informe de Síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- 12.- ONU-CEPAL. (2012). Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: Vulnerabilidad y exposición (Naciones U). Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- 13.- ONU (2015) Marco Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2157sendaiframeworkfordrren.pdf>.
- 14.- Gencer, E.A. (2017). How to make Cities More Resilient: A Handbook for Local Government Leaders. https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/assets/toolkit/Handbook%20for%20local%20government%20leaders%20%5B2017%20Edition%5D_English_ed.pdf

- 15.- Page, J., Pan, H., Ferreira, C., & Kalantari, Z. (2019). Reducing greenhouse gas emissions through urban planning and policies-with nature-based solutions. *Geophysical Research Abstracts*, 21, 1–1.
- 16.- Groisman, D.; Boix, M.V., Ferrarino, M., Ferme, N., Bayá Gamboa, M. & Famularo, F. (2018). Buenos Aires Resiliente. Comité interministerial de resiliencia; ARUP; 100 Resilient Cities. <http://www.100resilientcities.org/wp-content/uploads/2018/09/Buenos-Aires-Resilience-Strategy-English-PDF.pdf>
- 17.- Elgueta, G., Robertson, C., Huidobro, C., Chavez, A., Durán, D., & Reyes, P. (2017). Santiago Humano & Resiliente. http://www.100resilientcities.org/wp-content/uploads/2017/07/Santiago_Resilience_Strategy_-_PDF.pdf
- 18.- 100 Resilient Cities, & Colima Gobierno Municipal. (2019). Colima Resiliente: estrategia de resiliencia. <https://www.100resilientcities.org/cities/colima/>
- 19.- 100 Resilient Cities, & Prefeitura de Salvador. (2019). Salvador Resiliente. <http://100resilientcities.org/wp-content/uploads/2019/03/Resilience-Strategy-Salvador-Portuguese.pdf>
- 20.-100 Resilient Cities, & Santa Fe Ciudad. (2017). Santa Fe Resiliente: estrategia. http://www.100resilientcities.org/wp-content/uploads/2017/07/SFC_EstrategiaDeResiliencia_vf_Web.pdf
- 21.-Beltrán, I., Carrera, E., Young, T.L., Paredes, D., Almeida, D., Rosero, A., & Guzmán, P. (2017). Quito Resiliente. Estrategia de resiliencia Distrito Metropolitano de Quito. Verónica Vacas. <http://www.100resilientcities.org/strategies/quito/>
- 22.- Arosemena, A.D., Webster, P.M., & Martínez, C. L. (2018). Panama Resiliente. www.100resilientcities.org/strategies/panama-city/
- 23.- Gordon, M., Bidault, M., & Craig, N. (2019). Cities100 2019 Report. <https://www.cities100report.com>
- 24.- Sansão-Fontes, A., Pessoa, M., Araujo-Souza, A., Sabaté, J., & Neves, L. (2019). Urbanismo Táctico como teste do espaço público: o caso das superquadras de Barcelona. *EURE (Santiago)*, 45 (136), 209–232.
- 25.- Thorne, C. (2016) The Blue-Green Cities Research Project, University of Nottingham, <http://www.bluegreencities.ac.uk/>
- 26.- García, I. (2019). Natural Hazards Governance Practices and Key Natural Hazards in Latin America and the Caribbean. *Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/97801993894>
- 27.- Leal Filho, W. (2018). Climate Change in Latin America: An Overview of Current and Future Trends. In W. Leal Filho & L. Esteves de Freitas (Orgs.), *Climate Change Adaptation in Latin America: Managing Vulnerability, Fostering Resilience*, p. 529–537. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56946-8_31
- 28.- Reyer, C.P.O., Adams, S., Albrecht, T., Baarsch, F., Boit, A., et al- (2017). Climate change impacts in Latin America and the Caribbean and their implications for development. *Regional Environmental Change*, 17(6), 1601–1621. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0854-6>
- 29.- BID. (2012). Un espacio para el desarrollo- Los mercados de la vivienda en América Latina y el Caribe. Fondo de Cultura Económica.
- 30.- Banco Mundial (2015). Building Regulation for Resilience: Managing Risks for Safer Cities. The World Bank
- 31.- López, O. A. (2014). Guía para la evaluación de edificaciones existentes con fines de adecuación sísmica. Geopolis; Caracas: CAF. <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/895>
- 32.- ASCE 24. (2005) Flood Resistant Design and Construction, American Society of Civil Engineers.
- 33.- FEMA (2020) Requirements for Flood Openings in Foundation Walls and Walls of Enclosures Below Elevated Buildings in Special Flood Hazard Areas in Accordance with the National Flood Insurance Program NFIP, Technical Bulletin 1 / March 2020

- 34.- PCA, (2019). The real value of resilient construction. American Cement Manufacturers
- 35.- FEMA, (2014) P-320 Taking Shelter from the Storm: Building a Safe Room for Your Home or Small Business. Fourth Edition,
- 36.- WHO/UNICEF. (2017). A snapshot of Drinking Water, Sanitation and Hygiene in the Latin America and the Caribbean Region.
- 37.- ONU. (2019). The Sustainable Development Goals Report – 2019. New York, NY, United States of America: United Nations.
- 38.- Antúñez, B., Paredes, G., & Munguía, S. (2019). Manual de construcción de cosecha de aguas lluvia en barrios populares de Tegucigalpa. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0001861>
- 39.- University of Maryland, Center for Disaster Resilience, & Texas A&M University, Galveston Campus, Center for TeBeaches and Shoresxas. (2018). The growing threat of urban flooding: a national challenge. <https://today.tamu.edu/wp-content/uploads/sites/4/2018/11/Urban-flooding-report-online.pdf>
- 40.- Resilient Cities & CRO-CRPA (2017). Estrategia de Resiliência Porto Alegre. <https://www.100resilientcities.org/cities/porto-alegre/>
- 41.- Rosenzweig, C., Solecki, W., Romero-Lankao, P., Mehrotra, S., Dhakal, S., & Ali Ibrahim, S. (2018). Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network. Cambridge Univ Press. <http://uccrn.org/arc3-2/>
- 42.- Illescas, C.F., & Buss, S. (2016). Ocurrencia y gestión de inundaciones en América Latina y el Caribe: Factores claves y experiencia adquirida. Nota Técnica No IDB-TN-924. Banco Internacional de Desarrollo. /
- 43.- EPA. (2017). Green Infrastructure in Parks Guide: A Guide to Collaboration, Funding, and Community Engagement (Reports and Assessments EPA 841-R-16-112). EPA. <https://www.epa.gov/nps/green-infrastructure-parks-guide>
- 44.- Estupiñan, N., Scordia, H., Navas, C., Zegras, C., Rodríguez, D., et al. (2018). Transporte y desarrollo en América Latina: Vol. I. CAF- Banco de Desarrollo de América Latina. scioteca.caf.com
- 45.- Vasconcellos, E. A., & Mendonça, A. (2016). Observatorio de Movilidad Urbana: Informe 2015-2016. CAF. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/98>
- 46.- 100 Resilient Cities. (2020). Cities Archive. 100 Resilient Cities. <https://www.100resilientcities.org/cities/>
- 47.- CDP, D. I. A. (2020b). 2019 City-wide Emissions. CDP Open Data Portal. <https://data.cdp.net/Emissions/2019-City-wide-Emissions/542d-zyj8>
- 48.- Jabur, A., Dornelles, F., Silveira, A., Goldenfum, J., Cardoso, A., Okawa, C., 2013. Avaliação de pavimentos permeáveis com o uso da norma ASTM C1701. Simpósio Bras. Recur. Hídricos 8.
- 49.- Silva, C., 2017. O uso do pavimento permeável nas cidades.
- 50.- Terraza, H., Rubio Blanco, D. & Vera, F. (2016). De Ciudades Emergentes a Ciudades Sostenibles: Comprendiendo y Proyectando las Metrópolis del Siglo XXI. BID.
- 51.- 100 Resilient Cities, & Cidade do Rio de Janeiro. (2017). RioResiliente: Estrategia de Resiliência da Cidade do Rio de Janeiro. http://100resilientcities.org/wp-content/uploads/2017/07/estra_res_rio_port-1.pdf
- 52.- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P. & van Woerden, F. (2020). What a waste 2.0 A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
- 53.- EPA. (2019). Advancing Sustainable Materials Management: 2017 Fact Sheet. Assessing Trends in Material Generation, Recycling, Composting, Combustion with Energy Recovery and Landfilling in the United States, November 2019. https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-11/documents/2017_facts_and_figures_fact_sheet_final.pdf

schenckprocess



Produzca lo que necesite, cuando lo necesite.

MULTICOR® sistemas de mezclado de cemento

- » Respuesta instantánea a las variaciones de rendimiento
- » CV <10% en aplicaciones típicas
- » Reducción en los costos del CAPEX y OPEX



Más
información

www.schenckprocess.com/us
americas@schcnckprocess.com

we make processes work

Viviendas sociales

asequibles y seguras



Jorge Reyes

Gerente General de RISE, SA.

Ante la descomunal necesidad de vivienda en Latinoamérica, es importante poder dimensionar que este requerimiento debe ser satisfecho con la tecnología y recursos que ya existen. En este artículo se pretende hacer un llamado a los involucrados para que usemos la experiencia adquirida de todos los países latinoamericanos que han construido viviendas con muros y losas de concreto armado y que capitalicemos las lecciones aprendidas para poder vencer las condiciones locales. Lo anterior con el objetivo de despertar el buen ánimo de participar en la generación de viviendas para los sectores más necesitados, haciendo de todo esto un modelo de negocio, donde la participación gubernamental debería estar dirigida a dar las facilidades como incentivos fiscales, además de crear los mecanismos que hagan fluir todos los recursos necesarios, de modo que las empresas privadas puedan poder brindar una vivienda digna con un concepto urbanístico agradable.

Antecedentes

En América Latina tenemos varias soluciones que se han planteado para resolver el déficit habitacional, sin embargo, no todas han tenido un desempeño como se esperaba. Pero es importante conocer cómo clasificar el mercado de vivienda social, para que las soluciones estén orientadas a resolver esa necesidad en forma integral.

En la región un 65% de personas están viviendo en ciudades, a diferencia de otras regiones ya llevamos tiempo con este efecto comparado con la India que solo el 30% vive en ciudades y en la China que a penas ha llegado al 55% de personas viviendo en ciudades.

Eso significa que esos países asiáticos, que están pasando rápidamente a ser potencias se enfrentaran a los mismos problemas que tenemos en esta región.

Pero a pesar de que llevamos tiempo padeciendo de este efecto, aun no logramos disminuir en forma significativa ese déficit, por eso se vuelve muy significativo aplicar las tecnologías de desarrollo y comercialización,

y construcción con encofrados monolíticos de concreto armado. Como veremos más adelante, esta tecnología cumple muy acertadamente con los requerimientos para reducir el déficit de vivienda.

Consideraciones

He podido ver muchos tipos de planteamientos para poder enfrentar este déficit, desde ONGs, municipalidades y emprendimientos particulares que tienen bien claro su propósito de ayudar a enfrentar el problema en ciudades y principalmente en el campo, pero las soluciones son muy particulares usando muchos materiales propios del lugar, principalmente madera, bambú, barro, etc. Además, su alcance es limitado y satisface una u otra familia, mientras que la curva de déficit sigue creciendo más rápido que las respuestas de todos sus esfuerzos. Muy pronto los desarrolladores inmobiliarios se ven forzados a segmentar su mercado objetivo, ya que no es posible abarcar tanto volumen de viviendas.

Cuando hablamos de viviendas sociales debemos considerar que es necesario solventar las necesidades y servicios básicos esenciales para la vida de sus ocupantes y el desarrollo efectivo de los países.

**AGUA
SANEAMIENTO
ALIMENTACIÓN
ENERGÍA**

**Necesidades y servicios
básicos esenciales**

Se discute mucho sobre la sostenibilidad, lo cual integra no solo la vivienda como tal, sino también el entorno que la rodea como el urbanismo. América Latina tiene 60 millones de personas que viven en condiciones inseguras e insalubres. Para que exista sostenibilidad, podemos usar tecnología para captar agua de lluvia en invierno, modificar su PH y luego ingresarla al suministro de agua; también tenemos las estufas eficientes, de bajo consumo energético y podemos clasificar y separar las aguas servidas o negras y hacerlas grises y llevar a la planta de tratamiento solo las aguas necesarias.

Estos renglones suben el costo urbanístico y de las viviendas, pero si hacemos volúmenes de producción significativos, podemos abaratarlos.

En línea con la sostenibilidad, algo bueno que han dejado las pandemias mundiales, son las lecciones aprendidas para los nuevos asentamientos humanos, reduciendo los contagios a través del mejoramiento de la potabilidad del agua, usando un control en la disposición de los desechos, estas soluciones funcionan dentro de la parte profiláctica.



Figura 1. Hogar con condiciones no adecuadas.

Clasificación del mercado

Comprendamos el mercado demandante y el ofertante. En cada país varían un poco las condiciones del mercado, pero en general en América Latina del 100% del déficit, tenemos esta distribución:

PESO	TIPO	CARACTERÍSTICAS
6%	Cuantitativo	Es un mercado estable y se ha mantenido de ese modo
94%	Cualitativo	Este es el que genera muchos problemas Hacinamientos Falta de agua y energía Falta de seguridad Condiciones inadecuadas

Del total de la población en América Latina, el 65% vive en ciudades y el 35% vive en el campo, la forma de enfrentar cada mercado varía de un país a otro, pero lo importante es que la tecnología de muros y losas de concreto armado es muy similar.

Por lo tanto, separemos las soluciones para los diferentes mercados según estas consideraciones:

#	MERCADO
1	Viviendas en ciudades grandes y medianas y sus suburbios
2	Viviendas en el campo

De este modo podremos comprender como el sistema industrializado de viviendas en concreto que usan encofrados monolíticos se pueden aplicar a ambos mercados en forma satisfactoria y eficiente.

Vivienda en áreas urbanas y suburbanas

Normalmente dentro de las áreas urbanas para atender el déficit, el 90% de las soluciones son viviendas nuevas, dando la oportunidad de enfrentar el déficit de una forma eficiente y rápida; mientras el 10% restante son mejoras y/o ampliaciones.

Para las unidades habitacionales dentro de las ciudades, normalmente se están construyendo edificios de 4, 6 y 8 niveles, según la normativa de cada ciudad, donde no se instalan ascensores, ya que, si se usan, puede incrementar no solo la inversión inicial, sino que puede

subir la cuota mensual en un 15% a 20% por pagos de mantenimiento.

En las ciudades es importante los edificios porque se logra densificar la vivienda en forma vertical en vez de la vivienda horizontal, aun cuando el terreno sea irregular, puede servir para generar un urbanismo eficiente.

Cuando son viviendas nuevas pueden tomarse en cuenta las siguientes variables multidimensionales:

CARACTERÍSTICA	RESULTADO	VIVIENDAS INDUSTRIALIZADAS EN CONCRETO CON ENCOFRADOS MONOLÍTICOS
CONFORT TÉRMICO	😊	Se resuelve fácilmente al usar planchas de poliestireno
HUELLA DE CALOR	😊	Es muy favorable refractando el calor
RESILIENCIA	😊	Alta capacidad para soportar daños de terremotos, huracanes, etc.
SEGURIDAD	😊	Los muros y losas de concreto protegen más que otros materiales
CERCANÍA AL EMPLEO	=	Igual que los demás
TIEMPO EN EL TRANSPORTE	=	Igual que los demás
INFRAESTRUCTURA VERDE	=	Igual que los demás
EDUCACIÓN	=	Igual que los demás
SALUD	=	Igual que los demás

¿Por qué usar encofrados monolíticos? La razón es muy sencilla, se cumple con todas estas variables que están intrínsecamente atados a la estructura física, por ejemplo, el confort térmico. Estuve en un desarrollo en Cancún para trabajadores del mercado de turismo y las fachadas del edificio se recubren con planchas de poliestireno haciendo que sea muy fresco y cómodo. En relación con la resiliencia, tenemos muchas ciudades en América Latina que tiene un alto grado de sismicidad y a pesar de que las estructuras podrían dañarse por sismos muy fuertes, con el sistema monolítico pueden quedar en capacidad de operación. Las normas estructurales varían entre un país y otro, por condiciones de zonas sísmicas o por estar expuestas a rutas de huracanes. Es importante aclarar que esta tecnología es un sistema rígido que busca que los elementos estructurales tengan confinamiento para poder absorber la energía horizontal, es importante hacer notar que las cargas gravitacionales son muy bien soportadas por este sistema.

Debemos considerar que cada molde o juego de formaletas o encofrados, puede construir una unidad ha-

bitacional por día. Eso significa que, si tenemos más moldes, podemos incrementar el rendimiento hasta poder construir un nivel completo.

Tenemos un buen ejemplo en Guatemala, donde se pudieron construir más de 600 unidades habitacionales en torres de 5 y 8 niveles con una cuota o pago mensual en crédito bancario de \$200 /mes por 60 m². Fue muy importante la definición del método constructivo, para que fuera posible cumplir con la velocidad de ventas y la densidad en vivienda en el terreno, aprovechando la economía de escala. También hubo un cambio en la mentalidad de los usuarios de estos apartamentos, que antes tenían más espacio en una vivienda horizontal y que ahora debían tener solo lo necesario.

Todo lo anterior, implicó alinear la legislación, la regulación bancaria, la venta, la necesidad del cliente final y por supuesto el sistema constructivo.



Figura 2. Proyecto El Refugio de San Rafael, Guatemala.

Viviendas en áreas suburbanas

Las viviendas suburbanas pueden hacerse como desarrollos horizontales o viviendas de uno o dos niveles, con lo cual puede adaptarse la infraestructura de urbanización para que lleve energía, agua y saneamiento.

En la **Figura 3** se muestra un complejo de 1.200 unidades habitacionales de dos niveles, el cual se esperaba terminar en 5 años, pero tuvo tan buena aceptación que culminó en 3 años. Para poder cumplir con estos requisitos, se planteó el sistema de encofrados monolítico, convirtiéndose en un caso de éxito.



Figura 3. Proyecto Alamedas de Villa Flores, Guatemala.

Viviendas en el campo

Este es un modelo de negocio diferente a los dos casos anteriores. Aquí el desarrollador debe interactuar constantemente con el cliente final, y las condiciones varían mucho de una región a otra dentro de un mismo país, además hay variaciones de acuerdo a la localización, es decir, si están en la montaña, en la costa, en una planicie o en un terreno agreste. Los hábitos de la región, los recursos del lugar también son factores clave.

No obstante, lo importante es que las viviendas pueden hacerse siempre rentables con la participación de un desarrollador, porque hemos visto proyectos donde solo el gobierno participa, se hace mucha publicidad y las viviendas no son ocupadas. Por lo tanto, la empresa privada como el Desarrollador buscarán hacer el proyecto en el menor tiempo y de forma eficiente. Para la evaluación del sistema de encofrados monolíticos, por lo general, se considera el concreto premezclado con auto-hormigoneras y sus equipos y herramientas asociados. Además, en la parte urbanística se pueden construir bases estabilizadas con cemento.



Figura 4. Actores relevantes para el desarrollo de viviendas.



Conclusión



Después de varios años de construir en varias ciudades, en suburbios y en el campo de varios países de Centro América, me queda la satisfacción de haber visto la alegría y felicidad que llegan a tener los clientes al recibir las llaves de su vivienda nueva, sabiendo que van a durarles largo tiempo, además de la ilusión de hacer planes para amueblar y mostrar su vivienda a familiares y amigos. A todo lo anterior se suma la confianza de que su vivienda, ya sea un apartamento o una casa, es un lugar seguro, resiliente, cómodo y confortable.

Esa satisfacción, es haber tomado las decisiones correctas junto con el método constructivo adecuado de encofrados monolíticos, generando una economía de escala para poder entregar un precio favorable.

Bibliografía



TED, Leonel Fernandez. Grupo Rosul, S.A.
CEPAL, Informe 2018

LA ECONOMÍA INCLUSIVA, UN PUENTE PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LOS TERRITORIOS

Alcanzar un futuro inclusivo que responda a la meta de alcanzar los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**, en un balance adecuado con el uso de los recursos, no es una utopía.

Cada vez más la sociedad demanda colocar a las personas y al medioambiente en el centro de las agendas gubernamentales y empresariales. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos en la **Agenda 2030**, surgen como una respuesta para prestarle especial atención al **cuidado y preservación del planeta, así como a la salud y bienestar de las personas.**

Como parte de las iniciativas que Cementos Progreso lleva a cabo para contribuir con el avance de la **Agenda 2030**, la empresa cuenta con una política de compras inclusivas por medio de la cual favorece **la activación económica local.**

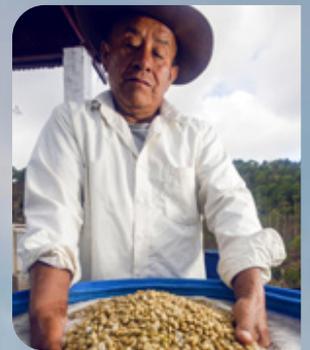
"Para implementar dicha Política, buscamos priorizar a proveedores locales de las zonas de operación. En las áreas en donde no hay disponibilidad de capacidades, bienes o la oferta disponible no cuenta con los estándares de productos necesarios, invertimos en desarrollarlas", comparte **José Raúl González, CEO de Progreso.**

La empresa también le apuesta a la **creación de nuevas cadenas de proveedores.** Para ello trabaja con personas de comunidades locales para crear capacidades y oportunidades de empleo. Como resultado, **en el último año se trabajó con 22 proveedores originarios de las zonas de influencia directa de las plantas de operación.**

Por ejemplo, tras detectar la necesidad de mejorar la calidad de la **producción agrícola**, Cementos Progreso

impulsó un proyecto de apoyo a **caficultores de San Juan Sacatepéquez** con asistencia técnica en su idioma materno que incluyó soporte con infraestructura productiva. **Fue así como en 2013 se conformó la Cooperativa Agrícola Cafetaleros de San Juan R. L., Ciacafé R.L.**

Actualmente, **Ciacafé RL vende café en la planta San Gabriel.** Como resultado del trabajo en equipo y la relación empresa - comunidad, Cementos Progreso obtuvo en marzo de 2019 **el segundo lugar en certamen Premio Transformadores en Brasil,** en la categoría de Negocios y Comunidades Sostenibles.



El apoyo también se ha brindado en el **rubro del transporte local.** Cerca de las plantas de San Miguel, San Gabriel y otras operaciones se ha fortalecido las **capacidades de los transportistas que brindan sus servicios a la empresa.**

San Juan Sacatepéquez, es considerada la tierra de las flores por sus buenas prácticas agrícolas, es por eso que como parte de los proyectos sociales impulsados en Planta San Gabriel de Cementos Progreso también se han desarrollado **proyectos que les permitan a los vecinos perfeccionar sus técnicas de cultivos.** ▲

Cementos Progreso es empresa signataria del **Pacto Global de Naciones Unidas.** Los cuatro pilares por los que se rige la empresa, empatan con al menos **10 de los ODS** y enmarcan sus políticas de **sostenibilidad y desarrollo.**



cementos
PROGRESO

El fin de la corrosión en estructuras de hormigón armado con armadura FRP



Alvaro Ruiz Empanza, Ph.D.

Gerente de desarrollo de negocios y Asesor Técnico en Infraestructura, Mafic USA, LLC. alvaro.ruiz@mafic.com



Francisco De Caso, Ph.D.

Francisco De Caso: Científico principal, Departamento de Ingeniería Civil, Arquitectónica y Ambiental, Universidad de Miami, Florida USA. fdecaso@miami.edu



Antonio Nanni, Ph.D.

Profesor y Catedrático, Departamento de Ingeniería Civil, Arquitectónica y Ambiental, Universidad de Miami, Florida USA. nanni@miami.edu

La prolongación de la vida útil y la reducción de los altos y continuos costos de mantenimiento de la infraestructura de hormigón (concreto) son dos de las necesidades más críticas para los gobiernos y autonomías, especialmente en zonas costeras donde los cloruros en el agua salada corroen rápidamente el hormigón construido con refuerzo de barras de acero. Estas necesidades críticas pueden dejar de ser motivo de preocupación con el uso de barras de FRP (del inglés Fiber Reinforced Polymer); las cuales están compuestas de fibra de vidrio, además de basalto y carbono, integradas en una matriz de resina polimérica, y por lo tanto no sufren corrosión.

Este artículo detalla las propiedades de las barras FRP, las principales consideraciones de diseño y constructivas, así como ejemplifica su uso a través de proyectos prácticos existentes alrededor del mundo. La finalidad de este artículo es establecer un marco de referencia para la transformación de la construcción en zonas costeras o en donde la tendencia de corrosión en estructuras de hormigón es alta; implementando las barras de FRP en estructuras de hormigón armado. De este modo, los profesionales, líderes de la construcción, de gobiernos y autonomías podrán optar por el fin de la corrosión en las estructuras de hormigón armado con el uso de barras FRP.

1. Introducción

La infraestructura es, sin lugar a duda, un factor determinante para elevar la calidad de vida y promover el crecimiento económico. Una red de infraestructura eficiente y sostenible facilita el traslado de personas, bienes, y mercancías, y permite que los servicios de educación, salud y seguridad pública lleguen a la población con calidad y oportunidad. Tales proyectos de infraestructura, tradicionalmente se construyen principalmente a base de hormigón reforzado de barras de acero, siendo el hormigón el segundo material más consumido globalmente, después del agua. Sin embargo, la corrosión del refuerzo de acero reduce la vida útil de la infraestructura y resulta en un alto costo de mantenimiento; en un estudio del 2002 se estimaron los costes directos de la corrosión del acero en más de 8.3 billones de dólares anuales en Estados Unidos y unos costes indirectos (retrasos por tráfico, etc.) 10 veces mayores [1].

Por consiguiente, la prolongación de la vida útil y la reducción de los altos y continuos costos de mantenimiento relacionados con la corrosión del acero interno del hormigón, son dos de las necesidades más críticas para los gobiernos y autonomías. Esto es de especial importancia en zonas costeras debido a la presencia de cloruros provenientes del agua salada; o donde la tendencia de corrosión en estructuras de hormigón sea alta. Estos cloruros llegan a las estructuras de hormigón armado tanto por el contacto directo con el mar,

por cimientos o a través del aire, y aceleran la corrosión del acero reduciendo la vida útil de las estructuras [2]. Por otra parte, y con mayor importancia, es la necesidad de incrementar la sostenibilidad y resistencia de la infraestructura de cara al futuro por los diferentes efectos relacionados con el cambio climático. Estos efectos incluyen la subida del nivel del mar, que tiene un efecto directo resultando en corrosión a los cimientos existentes (construidos con barras de acero) por la intrusión de agua salada; además del incremento de frecuencia y fuerza de tormentas y otros desastres naturales que afectan a la vulnerabilidad de la infraestructura costera.

Con el uso de barras de FRP, las necesidades de prolongar la vida útil, reducir los costos de mantenimiento, e incrementar la resistencia y sostenibilidad de la infraestructura pueden dejar de ser motivo de preocupación. Es una tecnología de refuerzo de hormigón que está en auge, y que ha sido implementada en más de 600 proyectos de construcción entre Estados Unidos y Canadá en los últimos 30 años. Además, el uso de este tipo de armadura se respalda por la existencia de guías de diseño y especificaciones ya establecidas, lo que hace que el FRP sea una alternativa viable para transformar la construcción de estructuras de hormigón, especialmente en zonas costeras [3].

2. Armadura FRP

Las barras de refuerzo FRP son elementos compuestos formados de fibras continuas, longitudinalmente alineadas en una matriz de resina, que puede ser Vinyl Ester o Epoxi. Existen diferentes tipos de fibra que suelen ser utilizados en la fabricación de las barras FRP; las más comunes son la fibra de vidrio, basalto, carbono y aramida, de las cuales las fibras de vidrio, basalto y aramida se emplean para armadura tradicional, y la fibra de carbono para aplicaciones de pre y post-tensionado. En este artículo, se hará hincapié en las

barras de fibra de vidrio GFRP (del inglés Glass Fiber Reinforced Polymer), debido a que hoy en día son las más utilizadas.

Las barras de GFRP cuentan con una capacidad a tensión dos o tres veces mayor que las barras de acero, proporcionan transparencia a campos magnéticos y eléctricos, pesan una cuarta parte del acero y como ya se ha mencionado, no sufren corrosión [4].

2.1. Proceso de fabricación

Las barras de GFRP se fabrican mediante la técnica ‘pultrusión’, donde el material se guía tirando (en inglés ‘pull’ y de ahí pultrusión) a una velocidad constante. En este proceso, las fibras de vidrio, inicialmente pasan a través de un baño de resina donde se impregnan con resina líquida. Las fibras impregnadas de resina se guían primero a través de un molde que define la sección y diámetro de la barra fabricada, y luego ingresa en un horno donde se da la polimerización o curado de la resina. Finalmente, los tratamientos de la superficie se pueden aplicar antes o después del horneado, y son imprescindibles para proporcionar la adherencia con el hormigón [4]. Los tratamientos de superficie varían significativamente entre fabricantes ya que no existe una superficie (o deformación externa) estándar. Los tratamientos de superficie actuales incluyen: cobertura de arena, envoltura helicoidal, corrugas, etc., y se representa en la **Figura 1** [3, 5]. La duración del proceso varía con el tamaño de la barra final;

típicamente, la velocidad media a día de hoy de producción es de alrededor de un metro por minuto, pero existen tecnologías en desarrollo que pueden incrementar la velocidad de producción diez veces más.



Figura 1. Barras GFRP con distintos acabados.

2.2. Propiedades Mecánicas

Las barras GFRP son anisotrópicas ya que tienen características diferentes en dirección longitudinal y transversal. Como se puede apreciar en la **Figura 2**, el comportamiento de tracción de las barras GFRP se caracteriza por una relación tensión-deformación que es elástico-lineal hasta el fallo.

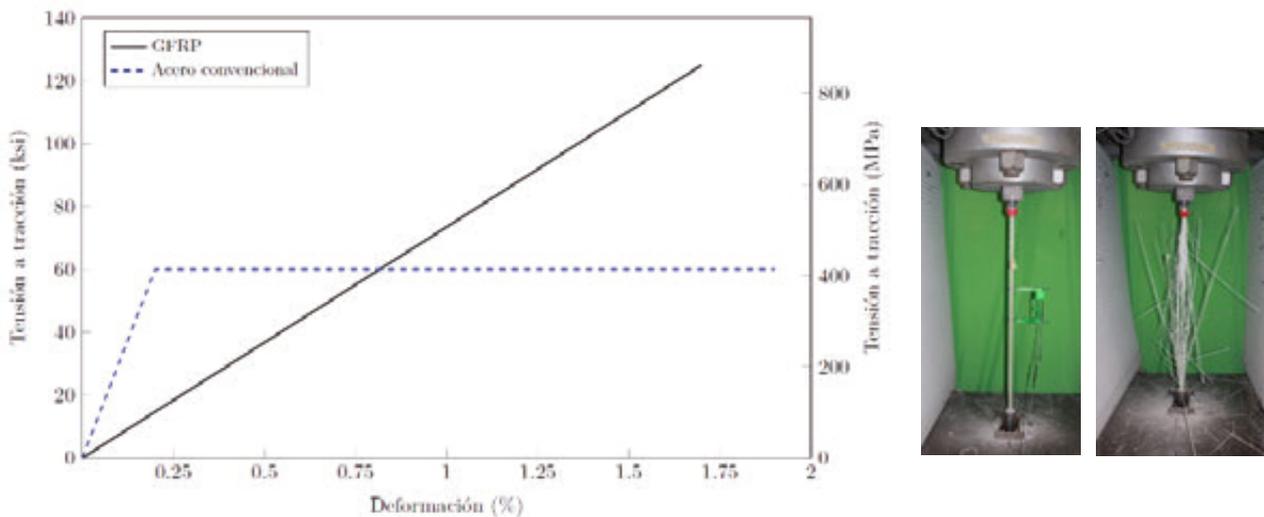


Figura 2. De izquierda a derecha: relación genérica tensión-deformación de las barras GFRP (negro) y acero (azul), ensayo de tracción de barras GFRP, y fallo a tracción.

Si se compara con las barras de acero, las barras GFRP ofrecen una mayor resistencia a tracción (750-1000 MPa), pero no presentan ductilidad, y el módulo elástico es menor (45-55 GPa). La falta de ductilidad es aceptable y se tiene en cuenta en el diseño reduciendo el coeficiente de reducción de resistencia en un 25% aproximadamente comparando con el acero, lo que supone un margen de seguridad mayor respecto al fallo último [4]. En dirección transversal, sin embargo, las barras GFRP son relativamente más débiles presentando una capacidad a corte transversal de alrededor de 150 MPa.

2.3. Durabilidad

La durabilidad de las barras de GFRP es, sin lugar a duda, el principal argumento para el uso de esta armadura alternativa al acero. En los últimos años, se han llevado a cabo numerosos y extensos proyectos de investigación sobre la evaluación de dicha durabilidad, y se ha determinado que estas barras pueden proporcionar una vida útil de entre 100 y 200 años [6, 7, 8], comparado con los 50 años típicos exigidos por los códigos de edificación de estructuras de hormigón usando acero convencional. Esta alta durabilidad comparada con la armadura de acero, está basada en el uso de materiales base de inertes o altamente resistentes al deterioro como son las fibras de vidrio E-RC o las resinas epoxi/vinil éster.

Sin embargo, no hay que obviar, que por mucho que la durabilidad sea mayor que la de la armadura de acero, existe cierto deterioro con el tiempo, atribuido principalmente al ingreso de humedad, así como a los álcalis debido al alto pH del hormigón [7, 8]. Este deterioro se tiene en cuenta en las guías de diseño mediante el uso del coeficiente medioambiental o CE, que tiene un valor de 0.7 para estructuras en contacto con tierra o agua, y 0.8 para estructuras en seco, según la guía 440.1 del Instituto de Hormigón Americano, ACI.

3. Métodos y guías de diseño actuales

Para un uso seguro y eficiente de cualquier material de construcción como las barras GFRP, es imprescindible el desarrollo de protocolos estandarizados de caracterización y diseño [9]. En noviembre de 2017, se publicó el documento ASTM D7957, el cual incluye los métodos de prueba y parámetros de especificación para la certificación, validación y caracterización de las barras GFRP. Asimismo, el uso de este

tipo de armadura está respaldado por guías de diseño para la edificación que están muy bien establecidas, principalmente en Norteamérica, aunque todavía no existe ningún código de edificación. Las asociaciones técnicas principales desarrolladoras de guías en Norteamérica son: Asociación de Oficiales de Carreteras y Transporte Estatales (AASHTO), Instituto Americano de Hormigón (ACI), y la Asociación Canadiense de Estándares (CAN/CSA). Es importante destacar, que el primer código de construcción (para puentes) data del 2000; y actualmente, el comité ACI 440, está en pleno proceso de transformar la guía ACI440.1R a un código de edificación para el uso de GFRP en estructuras de hormigón. Además, en Estados Unidos, el departamento de transporte de la Florida (FDOT) ha desarrollado, especificaciones, manuales, ejemplos, guías de diseño, y hasta una base de datos con proyectos donde se han usado barras FRP en estructuras de hormigón. Esto demuestra que el uso actual de este tipo de armadura no corrosiva es abundante. En el marco internacional, el uso de las barras FRP también está en auge y existen guías para su caracterización (ISO 10460-1:2015) y diseño estructural (ISO 14484:2020).

4. Consideraciones de diseño

El diseño de estructuras de hormigón armado con barras GFRP se basa en los mismos principios de mecánica y estados límite (último y de servicio) que el diseño de las estructuras hormigón armado con armadura de acero; sin embargo, hay ciertas diferencias tener en cuenta debido a la diferencia en las propiedades mecánicas de las barras GFRP y el acero. Para el diseño a flexión, al igual que con la armadura de acero, se considera la hipótesis de Navier o de las secciones planas, se considera que la adherencia entre la armadura y el hormigón es perfecta, y finalmente, las tensiones tanto en el hormigón como en el refuerzo se calculan en función del nivel de deformación alcanzado en cada material utilizando las leyes constitutivas apropiadas para el hormigón y las barras de refuerzo. A flexión, la mayor diferencia recalca en la filosofía de diseño. En las armaduras de hormigón armado con acero el modo de fallo preferible es la fluencia del acero (comportamiento dúctil) para el cual el factor de reducción de resistencia (ϕ) toma un valor de 0.9, según ACI 318, mientras que si el fallo es el aplasta-

miento del hormigón (comportamiento frágil), $\phi=0.65$. En las estructuras armadas con barras GFRP, sin embargo, se prefiere que falle el hormigón por aplastamiento, debido a la falta de ductilidad en la armadura, de ahí que el factor de reducción de resistencia relativo a este modo de fallo definido en ACI440.1R sea de 0.65, en comparación al $\phi=0.55$ atribuido a la ruptura de la barra GFRP, como se refleja en la **Figura 3** [10].

Otra de las diferencias respecto a la armadura de acero, es la incorporación del coeficiente de adherencia o k_b , el cual tiene en cuenta el diferente comportamiento de adherencia entre las barras GFRP y el hormigón. Por último, existe el coeficiente ambiental o CE de alrededor de 0.8 (variable dependiendo de la exposición), que tiene en cuenta el posible deterioro con el tiempo de la armadura GFRP. Además de estos, existe el coeficiente de fluencia o 'creep', el cual actualmente es de 0.2 aunque se prevé su revisión.

Finalmente, ha de ser mencionado, que, debido a la alta capacidad a tracción, pero bajo módulo elástico de las barras GFRP (comparando con el acero), el diseño suele estar gobernado por el estado límite de servicio (deformaciones), y no por el estado límite último [11].

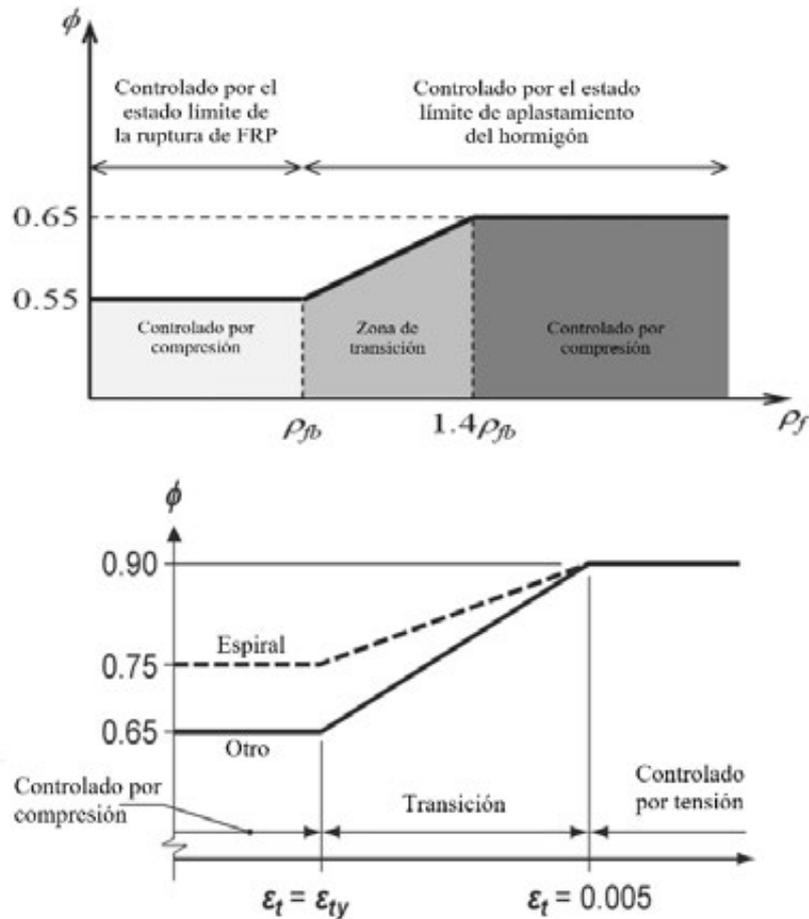


Figura 3. Factores de reducción de resistencia para estructuras de hormigón con GFRP según ACI 440.1R (izquierda) y con acero según ACI 318 (derecha)

5. Consideraciones constructivas

Los métodos de construcción de estructuras de hormigón armado con armadura GFRP son prácticamente iguales que los de la armadura tradicional de acero. Una de las mayores ventajas que ofrece el uso de las barras GFRP es que al ser cuatro veces más ligera que la armadura de acero convencional, se facilita la manipulación y el transporte, lo que resulta en ahorro. Por otro lado, dado que la resina utilizada en la fabricación de estas barras es termoestable, el doblado de las barras no es posible una vez se haya curado la resina, por lo que es necesario realizar todas las dobleces necesarias durante la fabricación de las barras, imposibilitando el doblado en obra [4]. No obstante, esta

característica permite doblar las barras GFRP en formas únicas y continuas comparándose a estribos soldados, también en espirales circulares o cuadras continuas, proporcionando varias opciones de diseño. Finalmente, hay que tener en cuenta que debido a las propiedades de las barras GFRP (bajo módulo elástico o adherencia al hormigón comparado a las barras de acero), se requieren solapes mayores, los calzos separadores deben ser colocados a una distancia menor (dos tercios de la distancia sugerida para la armadura de acero), y para el izado de la armadura es posible que se necesiten más puntos de agarre para evitar deformaciones excesivas.

6. Proyectos y aplicaciones

Con casi tres décadas y más de 500 proyectos construidos entre Estados Unidos y Canadá, el uso de barras GFRP como refuerzo de hormigón ha dejado de ser algo innovador. Entre las estructuras y aplicaciones existentes, podemos encontrar proyectos de reemplazo de puentes, rehabilitación de subestructura de puentes, estructuras portuarias, etc.

En cuanto a la construcción de puentes con armadura FRP, el puente de reemplazo del Rio Hall en el estado de Florida (ciudad de Homosassa), se considera el proyecto buque insignia (véase imagen 4). Este puente construido en 2019 reemplaza el puente existente altamente deteriorado. Tiene 5 vanos de unos 11.5 m de largo y construidos con materiales compuestos y hormigón con armadura FRP, si bien sea el tipo de fibra vidrio (GFRP) o carbono (CFRP). Además, en algunos de los elementos estructurales como en los muros de contención o tapas del tablestacado, se utilizará hormigón con agregado reciclado (contaminado de cloruros y

otros agentes), así como hormigón mezclado con agua marina, ya que no hay problema de corrosión de armadura al usarse solo FRP [12].

Entre las estructuras portuarias, en 2019 se completó un proyecto icónico en Miami (Florida) denominado como 'i-Dock', que consistió en el reemplazo de un muelle que fue destruido en 2017 por el huracán Irma. Para la construcción del muelle de reemplazo se utilizó hormigón armado con refuerzo de fibra de vidrio y de basalto. Asimismo, por el impacto de otro huracán, en este caso el huracán Mathew de 2016, el rompeolas de la playa de Fagler, tuvo que ser reemplazado, y también se empleó armadura GFRP, para asegurar una vida útil de más de 100 años sin necesidad de mantenimiento (véase imagen 4). Estos son dos de los muchos casos que evidencian la necesidad de cambio. Los desastres naturales y la demanda estructural está aumentando con los años y es necesario tomar medidas eficientes y sostenibles.



Figura 4. Aplicaciones de GFRP: puente del Rio Halls, muelle I-Dock en Miami, y rompeolas en Flagler Beach (de izquierda a derecha)

FDOT esta liderando a nivel estatal el uso de barras de GFRP en estructuras de hormigón. Dentro de su programa de innovación, recopila los datos de cada proyecto en el que se emplea este tipo de material (nombre de proyecto, ubicación, fecha, descripción, etc.), y lo publica para fomentar el uso de materiales innovadores alternativos. Entre todos los proyectos llevados a cabo en este estado, muchos están relacionados con la rehabilitación/refuerzo de subestructuras de puentes, tapas de tablestacado en zonas costeras, diques de abrigo

en contacto con agua salada, etc. Si bien es cierto que en la mayoría de los casos la razón principal por la que se usa la armadura GFRP es durabilidad en ambientes agresivos, hay casos en los que son otras propiedades de este material las cuales desequilibran la balanza hacia su uso: este es el caso del tramo de 2.4 millas del metro de Miami (Florida) en el que se utilizaron barras GFRP por no ser conductoras eléctricas, ya que se requería aislar las vías de la estructura de la subestructura.

Conclusiones



A día de hoy, se puede concluir que el uso del GFRP aumenta la vida útil de las estructuras de hormigón, creando una infraestructura duradera y sostenible, reduciendo los costes de reparación. Estas barras compuestas de fibra de vidrio y resina, además de ofrecer una capacidad superior a las barras de acero, no sufren corrosión, son mas livianas (25% del peso del acero) y transparentes a campos magnéticos y eléctricos. Sin embargo, el valor del módulo elástico es una cuarta parte del acero, dando lugar a altas deformaciones, por lo que en la mayoría de los casos el diseño está gobernado por el estado límite de servicio y no por el estado límite último.

Por último, se destaca que la armadura GFRP es una tecnología completamente desarrollada, existiendo métodos de prueba estandarizados, códigos y normas relacionados tanto a la certificación y caracterización del material como al diseño de estructuras de hormigón armado con barras GFRP. Además, existen más de 600 estructuras armadas con este tipo de armadura en Estados Unidos y Canadá, lo que hace que haya plena confianza en esta tecnología en especial para el desarrollo y reconstrucción de la infraestructura costera.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo técnico-económico del Centro de Investigación de Materiales Compuestos en la Infraestructura (CICI) y la Fundación Nacional de la Ciencia (NSF).

Bibliografía



- [1] Koch GH, Brongers MPH, Thompson NG, et al. Corrosion cost and preventive strategies in the United States. 2002.
- [2] Nolan S, Rossini M, Nanni A. Seawalls, SEACON and Sustainability in the Sunshine State. In: Transportation Research Board 97th Annual Meeting. Washington, DC. 2018, pp. 123–129.
- [3] Ruiz Emparanza A, Kampmann R, De Caso Y Basalo F. State-of-the-Practice of Global Manufacturing of FRP Rebar and Specifications. In: ACI Fall Convention.

Anaheim, CA, 2017.

[4] Nanni A, De Luca A, Zadeh H. Reinforced Concrete with FRP Bars. Epub ahead of print 2014. DOI: 10.1201/b16669.

[5] Ruiz Emparanza A, De Caso Y Basalo F, Kampmann R, et al. Evaluation of the Bond-To-Concrete Properties of GFRP Rebars in Marine Environments. *Infrastructures* 2018; 3: 44.

[6] Micelli F, Nanni A. Durability of FRP rods for concrete structures. *Constr Build Mater* 2004;

[7] Robert M, Benmokrane B. Combined effects of saline solution and moist concrete on long-term durability of GFRP reinforcing bars. *Constr Build Mater*; 38. Epub ahead of print 2013. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2012.08.021.

[8] Ruiz Emparanza, A. (2020) GFRP Reinforcement in Concrete: Durability Assessment and Evaluation of the Bond Behavior.

[9] Echeverria L, Ruiz Emparanza A, Nanni A, et al. Quality Control Methodology for Composite FRP Rebars. In: 5th International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies (SCMT5). London, 2019.

[10] Rossini M, Bruschi E, Matta F, et al. Case-Specific Parametric Analysis as Research-Directing Tool for Analysis and Design of GFRP-RC Structures. In: ACI Fall Convention, Anaheim. 2017.

[11] Tassinari A, Ruiz Emparanza A, Nanni A, et al. Bond Behaviour of GFRP Rebars in Reinforced Concrete Members under Flexure. In: Fiber Reinforced Polymer for Reinforced Concrete Structures - FRPRCS 14. Belfast, 2019.

[12] Cadenazzi T, Rossini M, Nolan S, et al. Resilience and Economical Sustainability of a FRP Reinforced Concrete Bridge in Florida: LCC Analysis at the Design Stage. In: The Sixth International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE). 2018.



EL CORAZÓN DE CHILE®

SEGURIDAD
Capacitación Virtual

INNOVACIÓN
Traslado filtro la Calera

TECNOLOGÍA
Planta Puerto Montt



**INNOVACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN PAÍS SÓLIDO Y PRÓSPERO.**

Cuantificación de la absorción del dióxido de carbono por los morteros y hormigones



**Miguel Ángel
Sanjuán**

Jefe del Área de Cementos y Morteros, Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA), C/ José Abascal, 53, 28003, Madrid, España

**Cristina
Argiz**

Profesora Contratada Doctor. ETSI Caminos Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid – UPM. C/ Profesor Aranguren, 3, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid, España



**Pedro
Mora**

Director Técnico de la Agrupación de fabricantes de cemento de España (OFICEMEN), C/ José Abascal, 53, 28003 Madrid

**Aniceto
Zaragoza**

Director de la Agrupación de fabricantes de cemento de España (OFICEMEN), C/ José Abascal, 53, 28003 Madrid, España



En la 43ª reunión del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC-43) de abril de 2016, se propuso la realización de una mejora a la guía de 2006 del Inventario Nacional de los Gases de Efecto Invernadero. Uno de los objetivos era la inclusión de las fuentes y sumideros que no se habían incluido adecuadamente en la guía de 2006. Este último caso es el que aplica al sector cementero ya que pudo haber propuesto a los morteros y hormigones como sumideros de dióxido de carbono en la modificación de la Guía de 2019. Además, se considera estratégico para el sector cementero que la IPCC reconozca un método fiable, con su error asociado, para la contabilización del dióxido de carbono absorbido debido a la carbonatación del hormigón. Finalmente, este balance neto (emisión de dióxido de carbono en el proceso de calcinación menos el absorbido por la carbonatación) se deberá de emplear en los futuros modelos de estimación de los efectos del Cambio Climático.

1 Introducción

En la 43ª reunión del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC-43) de Nairobi, Kenia, celebrada del 11 al 13 de abril de 2016, se decidió la elaboración de una modificación de la guía de 2006 del Inventario Nacional de los Gases de Efecto Invernadero [1]. El motivo de esta modificación se encuentra en la intención de facilitar la incorporación de metodologías complementarias, tanto para las fuentes como para los sumideros de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Los únicos casos contemplados eran aquellos en los que hubiera vacíos sin cubrir, en donde hubiesen surgido nuevas tecnologías y procesos de producción que requieran nuevos métodos, o para las fuentes o sumideros que no se hubieran incluido adecuadamente en la guía de 2006 [1]. En este sentido, el sector cementero pudo haber propuesto la incorporación del proceso de la carbonatación, de los morteros y hormigones, como un sumidero de dióxido de carbono en la modificación

de la Guía que se publicó en 2019 [2]. Esto se podría sumar al compromiso de la industria del cemento con la mitigación y adaptación al Cambio Climático [3].

El dióxido de carbono (CO_2) es “un gas de origen natural, subproducto también de la combustión de combustibles fósiles procedentes de depósitos de carbono fósil, como el petróleo, el gas o el carbón, de la quema de biomasa, y de los cambios de uso del suelo y otros procesos industriales (como la producción de cemento). Es el principal gas de efecto invernadero antrópico que afecta al equilibrio radiativo de la Tierra. Es el gas utilizado como referencia para medir otros gases de efecto invernadero, por lo que su potencial de calentamiento global es igual a 1” [4]. La **Figura 1** muestra su evolución en la atmósfera.

Es bien sabido que la fabricación del cemento Portland necesita consumir tanto materias primas, para la reacción de clinkerización, como combustibles. Además, se emite

dióxido de carbono debido tanto a la combustión de los combustibles (unos 300 kg CO_2 /t clínker) como al proceso de clinkerización (unos 520 kg CO_2 /t clínker). Es en este proceso en donde los carbonatos se disocian en óxido de calcio, óxido de magnesio y dióxido de carbono (**Figura 2**). Por el contrario, el dióxido de carbono puede absorberse por el proceso de la carbonatación natural de los morteros y hormigones, como se conoce desde hace más de medio siglo [6]. Es deseable que los hormigones se carbonaten de una forma controlada y no muy extensa durante la vida útil [7]. Por otro lado, los morteros de cemento Portland podrían carbonatarse en mayor medida cuando éstos no dispongan de armadura metálica. Además, es muy deseable que se carbonaten al límite de sus posibilidades al final de su vida en servicio. Para ello, habría que mejorar el tratamiento del residuo generado por los morteros y hormigones al final de su vida en servicio para favorecer su máxima absorción de dióxido de carbono.

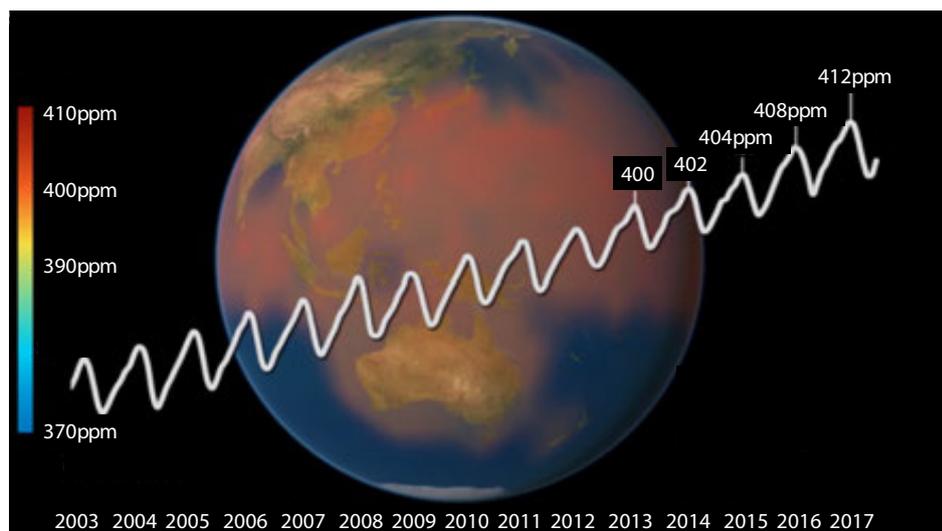


Figura 1. Evolución del dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera (2003-2017) [5].

2 Metodologías para la cuantificación de la absorción de CO₂ por los morteros y hormigones

Es estratégico para el sector cementero que el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) reconozca un método fiable, con su error asociado, para la contabilización del dióxido de carbono absorbido debido a la carbonatación del hormigón y de los morteros (Figura 3). De esta forma, se podrá hacer un balance neto (emisión de dióxido de carbono en el proceso de calcinación menos el absorbido por la carbonatación) que se podrá implementar en los futuros modelos de estimación de los efectos del Cambio Climático [5].

2.1 Metodología simplificada

La metodología simplificada consiste en un procedimiento sencillo de estimación de la cantidad de dióxido de carbono de morteros y hormigones fabricados con cementos Portland. Esta cantidad se estima multiplicando las emisiones debidas al proceso de calcinación por un valor conservador fijo, independientemente del tipo de cemento, de la aplicación, de la dosificación de los hormigones, etc. [5].

Según un estudio reciente [8], basado en estudios previos realizados en diferentes condiciones [9-13], la cantidad de dióxido de carbono absorbida durante la vida en servicio de las estructuras de hormigón y de las apli-

caciones de los morteros podría ser el 15% o el 20% de las emisiones de CO₂ debidas al proceso de calcinación [8]. Además, se puede sumar un 3% de las emisiones de CO₂ debidas al proceso de calcinación al considerar la etapa de fin de la vida en servicio, en la cual, los residuos de los morteros y hormigones pasan a ser áridos reciclados en el mejor de los casos. Con objeto de incrementar su carbonatación, se recomienda que estos residuos se traten de forma adecuada, es decir, que se muelan y expongan a la atmósfera durante un prolongado periodo de tiempo [14].

Actualmente, ya se ha aplicado esta metodología a los cementos Portland fabricados por algunos países [5]. Por ejemplo, las Figuras 4 y 5 muestran

el estudio realizado para los cementos españoles producidos entre los años 2005-2015. La primera figura muestra la cantidad de dióxido de carbono emitida por los cementos españoles producidos entre los años 2005-2015 de forma desglosada: emisiones de proceso y emisiones por la combustión del coque.

La Figura 5 presenta el resultado final de la cantidad de dióxido de carbono absorbida durante la vida en servicio aplicando un factor del 20% a las emisiones de CO₂ debidas al proceso de calcinación y un 3% de las mismas emisiones debidas a la etapa de fin de la vida en servicio [5]. La absorción de CO₂ de las fábricas de cementos españolas, aplicando la metodología simplificada, es de 31,3 millones de toneladas de CO₂ en el periodo 2005-2015 [5].

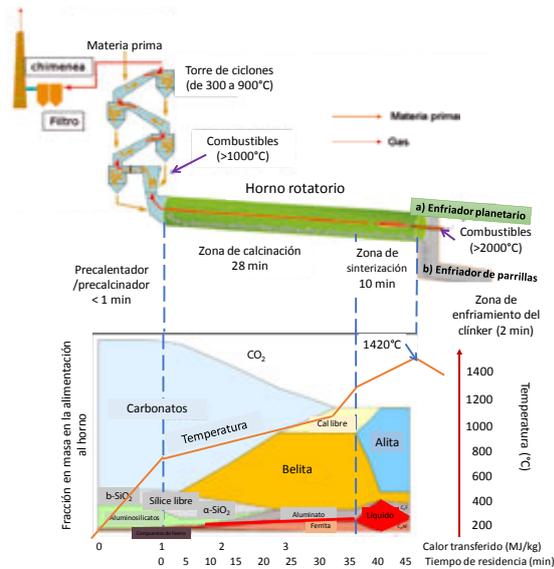


Figura 2. Proceso de fabricación del clínker del cemento Portland.



Figura 3. Conferencia de prensa de la IPCC anunciando el inicio del ciclo del Sexto Informe de Evaluación el 4 de diciembre de 2019 en la COP25.

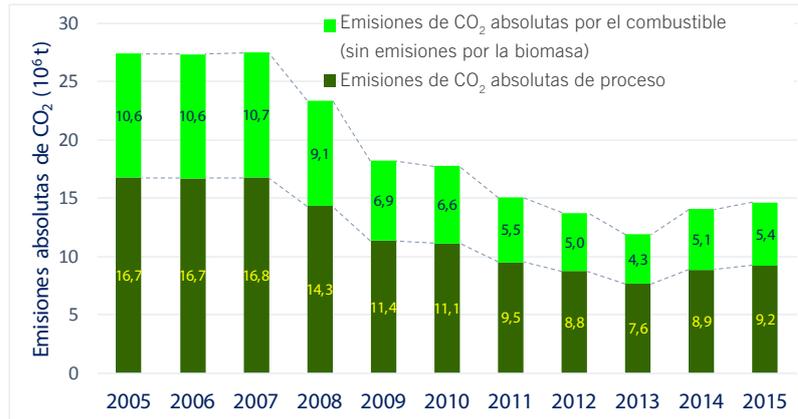


Figura 4. Cantidad de dióxido de carbono emitida los cementos españoles producidos entre los años 2005-2015.

2.2 Metodología avanzada

La cantidad de dióxido de carbono que pueden absorber morteros y hormigones, durante la vida en servicio y al final de ésta, varía mucho en función del país que lo calcule debido a diversos factores. Por ejemplo, hay países que reciclan el hormigón como árido en grandes cantidades; sin embargo, hay otros, que apilan los residuos de construcción y demolición (RCDs) en vertederos.

En la metodología avanzada, al menos, hay que conocer los diferentes tipos de cementos producidos anualmente en el país y la cantidad de cada uno. Hay que estimar la velocidad de carbonatación para cada tipo de hormigón y el contenido de cemento por metro cúbico de hormigón, según la aplicación de éste. También hay que estimar la cantidad de dióxido de carbono absorbida por cada kilogramo de cemento, considerando la cantidad máxima de dióxido de carbono que puede absorber cada tipo de cemento, el grado de carbonatación y la cantidad de CaO reactivo que contiene el clínker [15].

Un ejemplo de metodología avanzada se da en el Anejo BB de la norma eu-

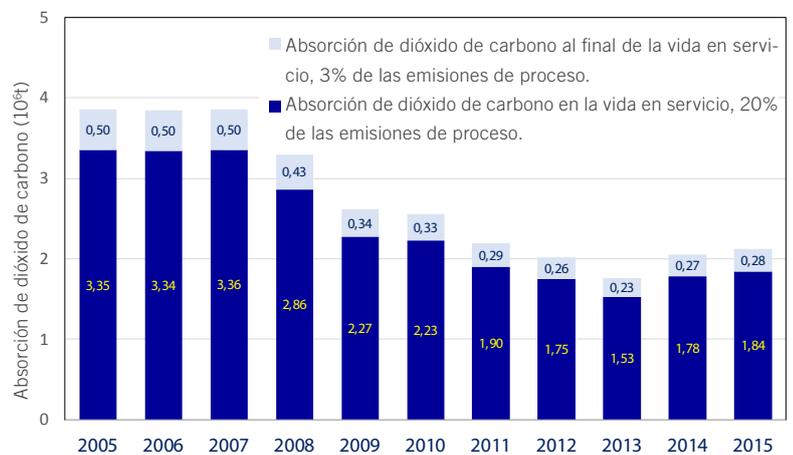


Figura 5. Cantidad de dióxido de carbono absorbida durante la vida en servicio y al final de ésta [5].

ropea EN 16757 [16]. La cantidad de dióxido de carbono que se puede absorber en kg de CO₂ por metro cuadrado de superficie de hormigón expuesta a la atmósfera, conforme con la EN 16757 se calcula aplicando la **Ecuación (1)**:

$$(CO_2)_{\text{absorbido}} = (k_{\text{co}_2} \sqrt{t} / 1000) \times CO_{2,\text{máx}} \times C \times GC \quad (1)$$

en donde:

- (CO₂)_{absorbido}: Cantidad de dióxido de carbono absorbida, kg CO₂/kg cemento.
- k_{co2}: Velocidad de carbonatación (mm/año^{0,5}).
- CO_{2,máx}: Cantidad máxima de dióxido de carbono que se puede absorber, kg CO₂/kg cemento.
- CaO_{reactivo}: kg de CaO/kg de conglomerante x 100.
- C: Contenido de cemento por metro cúbico de hormigón (kg/m³).
- GC: Grado de carbonatación.

2.2.1 Velocidad de carbonatación

La difusión del dióxido de carbono en la red de poros del hormigón desempeña el papel fundamental en el proceso de la carbonatación [6]. De este modo, el coeficiente de difusión del dióxido de carbono en el hormigón, la velocidad de carbonatación y el grado de carbonatación son los parámetros necesarios para determinar la absorción del dióxido de carbono por el hormigón. La forma más sencilla de calcular la velocidad de carbonatación es empleando la **Ecuación (2)** que deriva de una de las soluciones de la segunda ley de Fick.

$$x = k\sqrt{t} \quad (2)$$

En donde:

- k = Coeficiente de carbonación (mm/año^{0.5})
- x = Profundidad de carbonación (mm)
- t = Tiempo de carbonatación natural (años)

Por otro lado, la **Ecuación (3)**, que es otra solución de la segunda ley de Fick, considerando un frente móvil en el avance del dióxido de carbono hacia el interior del hormigón (**Figura 6**), se utiliza para la determinación del coeficiente aparente de difusión del dióxido de carbono [6].

$$\frac{C_x - C_1}{C_2 - C_x} = \sqrt{\frac{x}{\sqrt{t}}} \exp\left(-\frac{x^2}{4D}\right) \operatorname{erf}\left(\frac{x}{\sqrt{t}}\right) \approx \frac{C_1}{C_x} \quad (3)$$

donde:

- C_x = Concentración de CO₂ en la discontinuidad (kmol/m³)
- C₁ = Concentración de CO₂ en el entorno (kmol/m³) = 1.23·10⁻⁰⁵.
- C₂ = Concentración de CO₂ en el material de base cemento Portland (kmol/m³) = 0.
- D = Coeficiente de difusión aparente del CO₂ (m²/s)

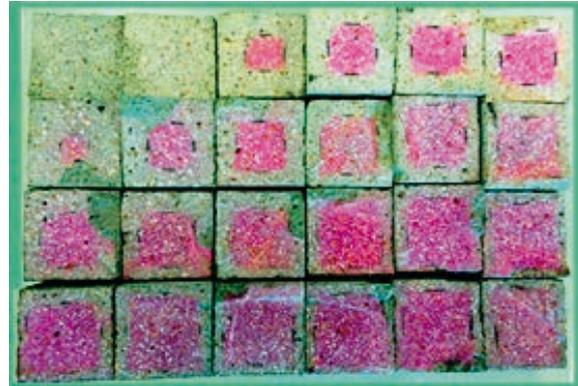


Figura 6. Absorción de dióxido de carbono por morteros curados durante 0, 1, 3, 7, 14 ó 28 días bajo agua (de izquierda a derecha) y fabricados con diferentes contenidos de escoria (62%, 28%, 14% y 0%) [6].

La **Tabla 1** muestra los valores típicos de los valores del coeficiente de carbonatación, k, y del coeficiente de difusión aparente del dióxido de carbono, D, de diferentes tipos de hormigones [6]. En estas ecuaciones, se supone que ambos coeficientes son constantes, sin embargo, esto no es así ya que dependen de factores ambientales tales como la humedad relativa y temperatura, distribución del tamaño de poros, grado de hidratación, concentración de CO₂, y composición del cemento, entre otros [6].

	Poca calidad (Obras menores)	Calidad media (Edificación)	Buena calidad (Obras civiles)
k (mm/año ^{0.5})	>9	5 - 9	<5
D (x 10 ⁻⁷ m ² /s)	>4	0,5 - 4	0,5

Tabla 1. Coeficientes de carbonatación, k, y de difusión aparente del dióxido de carbono, D más habituales [6], en función de la calidad del hormigón.

2.2.2 Cantidad máxima de dióxido de carbono que se puede absorber

La cantidad máxima de dióxido de carbono que se puede absorber estequiométricamente se calcula aplicando la **Ecuación (4)**.

$$CO_{2,m\acute{a}x} = (CaO_{\text{reactivo}} / 100) \cdot \text{Conglomerante} \cdot (M_{CO_2} / M_{CaO}) \quad (4)$$

en donde:

$CO_{2,m\acute{a}x}$: Cantidad máxima de dióxido de carbono que se puede absorber, kgCO₂/kg cemento.

CaO_{reactivo}: kg de CaO/kg de conglomerante x 100.

Conglomerante: Contenido de cemento (kg).

M_{CO₂}: 44,0 g/mol; M_{CaO}: 56,1 g/mol.

Considerando la posible carbonatación de los compuestos alcalinos para formar carbonatos alcalinos, se podría aplicar la **Ecuación 5** [5].

$$CO_{2,m\acute{a}x} = (M_{CO_2} / M_{CaO}) \times (CaO - 0,7 \times (SO_3)_{CaSO_4}) + (M_{CO_2} / M_{Na_2O}) \times Na_2O + (M_{CO_2} / M_{K_2O}) \times K_2O \quad (5)$$

en donde:

CaO: kg de CaO/kg de cemento Portland x 100.

0,7 x (SO₃)_{CaSO₄}: kg de CaO debidos al CaSO₄/kg de cemento Portland x 100.

Na₂O: kg de Na₂O/kg de cemento Portland x 100.

K₂O: kg de K₂O/kg de cemento Portland x 100.

M_{CO₂}: 44 g/mol; M_{CaO}: 56 g/mol; M_{Na₂O}: 62 g/mol; M_{K₂O}: 94 g/mol.

2.2.3 Máxima cantidad carbonatable de un cemento portland

Con objeto de calcular la cantidad máxima carbonatable de un cemento, se considera que el 100% del Ca(OH)₂ de la fase acuosa, de la portlandita (CH) y de los aluminatos (AF_v, AF_m) se carbonata, pero sólo el 50% del gel C-S-H es carbonatable. Puesto que la pasta de cemento tiene un 65.3% de CaO y que el 31.4% de CaO forma parte del gel C-S-H, sólo el 76% del CaO del clinker es carbonatable (**Ecuación 6**). En consecuencia, la fracción carbonatable del cemento se determina con la **Ecuación (7)**. Este valor está relacionado con el grado de carbonatación de un cemento [5].

$$CaO_{\text{carbonatable}} = 100 \times (33,9/65,3) + 50 \times (31,4/65,3) = 76\% \quad (6)$$

$$\text{Fracción carbonatable del cemento} = 0,76 \times C \times CaO \times (M_{CO_2} / M_{CaO}) \quad (7)$$

en donde:

C: Contenido de clinker en el cemento, kg de clinker/kg de cemento Portland x 100.

CaO: Contenido de CaO en el clinker de cemento Portland (~0,65).

M_{CO₂}: 44 g/mol; M_{CaO}: 56 g/mol.

2.2.4 Absorción de dióxido de carbono al final de la vida en servicio

La cantidad de dióxido de carbono que se puede absorber al final de la vida en servicio es muy variable entre unos países u otros debido a los diferentes porcentajes de reciclaje del hormigón. Por ejemplo, Suecia es uno de los países que más residuos de construcción y demolición (RCD's) reciclan.

La norma EN 16757 [16] propone un valor objetivo de dióxido de carbono que se podría absorber al final de la vida en servicio de 5 kg de CO₂/m³ de hormigón reciclado. También se podría estimar aplicando un factor del 3% de las emisiones de CO₂ debidas al proceso de calcinación [8].

En definitiva, habría que potenciar que los RCDs se molieran y expusieran a la intemperie en plantas de reciclaje o, al menos, en vertederos controlados, durante un elevado periodo de tiempo. De esta forma, la cantidad de dióxido de carbono absorbida sería mayor que en los casos en los que el hormigón se reciclase como árido en un corto espacio de tiempo [14].

2.3 Modelos avanzados desarrollados por usuarios expertos y validados por cada país

Los modelos avanzados debieran de realizarlos expertos en este tema y, preferentemente, de forma local ya que conocerán de primera mano los hábitos constructivos locales y dispondrán de los datos más realistas del país. Es decir, conocimiento no sólo de los tipos de cementos que se emplean en cada aplicación, sino también, las características de los hormigones (dosificación, tipologías, etc.).

Un ejemplo de este tipo de estudios es el conocido como *Global Study* [17], en el que se realizan cálculos estimativos de la producción y usos de los diferentes tipos de cemento Portland a nivel mundial desde 1930 hasta 2013. Se obtiene un resultado de absorción de dióxido de carbono del 43% del emitido por la calcina-

ción de la materia prima en este periodo de tiempo. Este resultado tan elevado se debe, en parte, al alto consumo de morteros en China. Estos estudios proporcionarán resultados más precisos que los obtenidos con la metodología simplificada [18].

Conclusión



La conclusión fundamental de este trabajo es que la carbonatación del hormigón y morteros es un tema estratégico para el sector cementero debido a que es un método de mitigación del efecto del Cambio Climático. Para ello, se deben de seguir las vías adecuadas para que el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) reconozca las tres metodologías expuestas en este artículo, con su error asociado, para la contabilización del dióxido de carbono absorbido debido a la carbonatación. De esta forma, se realizaría un balance neto (emisión de dióxido de carbono en el proceso de calcinación menos el absorbido por la carbonatación) que se deberá de emplear en los futuros modelos de estimación de los efectos del Cambio Climático y en la futura guía del Inventario Nacional de los Gases de Efecto Invernadero.

La metodología simplificada permite calcular de forma sencilla la absorción de dióxido de carbono de los morteros y hormigones, aplicando un factor de 0,15 ó 0,20 en la vida en servicio, más un factor de 0,03 al final de la vida útil y en su reutilización. Esta metodología aplicada al caso español entre los años 2005-2015 ha permitido estimar una absorción o ahorro de emisiones efectivas por calcinación (emisiones de proceso) de 31,3 millones de toneladas.

Referencias

[1] Task Force on National Greenhouse Gas Inventories (TFI) of The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). National Greenhouse Gas Inventories Programme. Technical Support Unit. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 3 Industrial Processes and Product Use. Chapter 2 Mineral Industry Emissions. Eggleston H.S., Buendía L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_2_Ch2_Mineral_Industry.pdf

[2] Task Force on National Greenhouse Gas Inventories (TFI) of The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). National Greenhouse Gas Inventories Programme. Technical Support Unit. IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendía, E., Tanabe,

K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.

[3] Sanjuán, M.Á. “The cement industry’s commitment to reduce CO₂ emissions in the context of the COP 21 (Paris 2015)”. *Materiales de Construcción*, 2016, 66 (321), 1-2. <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/1983/2435>

[4] Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, Alexander Nauels, Yu Xia, Vincent Bex, Pauline M. Midgley y la Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo I del IPCC. Cambio climático 2013. Bases físicas. Resumen para responsables de políticas. Informe del Grupo de trabajo I del IPCC. Resumen técnico. Informe aceptado por el Grupo de trabajo I del IPCC pero no aprobado en detalle y Preguntas frecuentes. Parte de la contribución del Grupo de trabajo al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. © 2013 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. ISBN 978-92-9169-338-2.

[5] Sanjuán, M.Á.; Andrade, C.; Mora, P.; Zaragoza, A. “Carbon Dioxide Uptake by Cement-Based Materials: A Spanish Case Study”. *Applied Sciences*, 2020, 10, 339. <https://doi.org/10.3390/app10010339>

[6] Miguel Ángel Sanjuán, Esteban Estévez, Cristina Argiz, Daniel del Barrio. “Effect of curing time on granulated blast-furnace slag cement mortars carbonation”. *Cement and Concrete Composites*, 2018, 90, 257–265. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.04.006>

[7] Sanjuán, M.Á.; Estévez, E.; Argiz, C. “Carbon Dioxide Absorption by Blast-Furnace Slag Mortars in Function of the Curing Intensity”. *Energies*, 2019, 12(12), 2346. <https://doi.org/10.3390/en12122346>

[8] Håkan Stripple, Christer Ljungkrantz, Tomas Gustafsson (2018) CO₂ uptake in cement-containing products. Background and calculation models for IPCC implementation. (Proyecto “re-carbonatación” financiado por CEMBUREU-PCA-CSI-CEMENTA). IVL Swedish Environmental Research Institute. Stockholm, Sweden.

[9] Andersson, R.; Fridh, K.; Stripple, H.; Häglund, M. “Calculating CO₂ Uptake for Existing Concrete Structures during and after Service Life”. *Environmental Science & Technology*, 2013, 47, 11625–11633. <http://dx.doi.org/10.1021/es401775w>

[10] Galán, I.; Andrade, C.; Mora, P.; Sanjuán, M.A. “Sequestration of CO₂ by Concrete Carbonation”. *Environmental Science & Technology*, 2010, 44, 3181–3186. <http://dx.doi.org/10.1021/es903581d>

[11] Fitzpatrick, D, Nolan, É, Richardson, M. “Sequestration of carbon dioxide by concrete Infrastructure: A preliminary Investigation in Ireland”. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, 2015, 1(10), 66-77. <https://doi.org/10.5755/j01.sace.10.1.8037>

[12] Nygaard PV, Leemann A (2012) “Carbon dioxide uptake of reinforced concrete structures due to carbonation”. EMPA, Cemsuisse Project 201106.

[13] Leemann A., Hunkeler F., Widmer H., “Calculation of CO₂ binding during the service life of concrete”, cemsuisse, March 2018.

[14] Silva, R.V. Neves, R. de Brito, J. Dhir, R.K. “Carbonation behaviour of recycled aggregate concrete”. *Cement and Concrete Composites*, 2015, 62, 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2015.04.017>

[15] Sanjuán, M.Á.; Andrade, C.; Mora, P.; Zaragoza, A. “Carbon Dioxide Uptake by Mortars and Concretes Made with Portuguese Cements”. *Applied Sciences*, 2020, 10, 646. <https://doi.org/10.3390/app10020646>

[16] EN 16757:2016. Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Product Category Rules for concrete and concrete elements. Annex BB (informative). CO₂ uptake by carbonation — Guidance on calculation. European Committee for Standardization (CEN): Brussels, Belgium, 2016.

[17] Xi, F.; Davis, S.J.; Ciais, P.; Crawford-Brown, D.; Guan, D.; Pade, C.; Shi, T.; Syddall, M.; Lv, J.; Ji, L.; Bing, L.; Wang, J.; Wei, W.; Yang, K-H.; Lagerblad, B.; Galán, I.; Andrade, C.; Zhang, Y.; Liu, Z. “Substantial global carbon uptake by cement carbonation”. *Nature Geoscience*, 2016, 9, 880-883. <https://doi.org/10.1038/ngeo2840>

[18] Sanjuán, M.A.; Argiz, C.; Mora, P.; Zaragoza, A. Carbon Dioxide Uptake in the Roadmap 2050 of the Spanish Cement Industry. *Energies* 2020, 13, 3452. <https://doi.org/10.3390/en13133452>



El complejo el “Bosco Verticale” lo componen dos rascacielos residenciales diseñados por el Boeri Studio (Stefano Boeri, Gianandrea Barreca y Giovanni La Varra) y se caracteriza por la presencia de balcones de hormigón armado.

Gránulos de cemento ampliados x 100.
© Claudius Peters

Cement Technik

Nuestro objetivo es comprender sus necesidades y ofrecer soluciones.



PARQUES DE ALMACENAMIENTO



SILOS DE ALMACENAMIENTO



ENFRIADORES



MOLIENDA



TRANSPORTE NEUMÁTICO



EMPAQUE



MEZCLADOR DE COMPONENTES



PALETIZADO

We know how

claudiuspeters.com

■ TRANSPORTE DE ALÚMINA ■ PRODUCCIÓN DE ALÚMINA ■ CALCINACIÓN ■ MÉTODOS DE TRANSPORTE ■ ENFRIADORES ■ DESPACHO ■ REGULACIÓN ■ HOMOGENEIZACIÓN ■ SECADO ■ MOLIENDA ■ EMPACADO ■ PALETIZADO ■ TRANSPORTE NEUMÁTICO ■ COMBUSTIBLE PULVERIZADO ■ SILOS DE ALMACENAMIENTO ■ PATIOS DE ALMACENAMIENTO ■ MANEJO MARÍTIMO DE MATERIAL MOLIDO ■ PROYECTOS LLAVE EN MANO

Claudius Peters (Americas) Inc. T: +1 (972) 386-4451 E: usa@claudiuspeters.com

SEDE: CLAUDIUS PETERS GROUP, GMBH. ALEMANIA | BRASIL | CHINA | ESPAÑA | ESTADOS UNIDOS | FRANCIA | ITALIA | INDIA | REINO UNIDO | RUMANIA | SINGAPUR
con Representación Mundial



CLAUDIUS PETERS

Las arcillas activadas y su potencial en la industria del cemento



**PhD. Carlos
Aramburo Varela.**

Consultor independiente. Colombia,
carambuov@gmail.com

**Prof. Rafael
Talero Morales.**

SACACH S.L. España,
rtalero@sacach.com



**Ing. Luiz
Felipe Pinho.**

DYNAMIS, Brasil,
luiz.pinho@dynamis-br.com

**PhD. César Pedrajas
Nieto-Márquez.**

I+D, Cementos ARGOS, Colombia,
cpedrajas@argos.com.co



La activación térmica de arcillas para producir puzolanas artificiales de elevada actividad es una de las tecnologías más importantes desarrolladas para reducir las emisiones de CO₂ en la fabricación del cemento. Este documento pretende dar una fundamentación técnica de la activación térmica de arcillas para producir un material cementíceo suplementario (MCS) de extraordinaria calidad, su potencial basado en sus factores hidráulicos, sílice reactiva y alúmina reactiva, su proceso de producción y la optimización de su uso en los cementos, mejorando por ello, su desempeño, prestaciones y durabilidad.

Introducción

Actualmente en la industria del cemento se está trabajando en la búsqueda y utilización de nuevos MCSs que permitan la reducción del factor clínker/cemento de forma significativa. Los tradicionalmente utilizados son las escorias siderúrgicas, puzolanas naturales y las cenizas volantes. Para el caso de este último, ante la exigencia de reducción de las emisiones de gases efecto invernadero y los compromisos del COP21, se ha iniciado el cierre de las plantas de generación eléctrica con base en carbón, por tanto, la disponibilidad de este material va a verse afectada drásticamente en el futuro próximo.

En la **Figura 1**, se puede observar la escasa disponibilidad de MCSs convencionales en relación con la existencia de piedra caliza y de arcillas activables. La disponibilidad en el globo terráqueo de arcillas susceptibles de ser activadas térmicamente es bastante grande, convirtiéndose, así como el MCS de mayor potencial en la industria del cemento más aun teniendo en cuenta la drástica disminución en la oferta de ceniza volante.

Surge entonces, la necesidad de activar térmicamente arcillas para fabricar industrialmente un MCS de muy elevada calidad, donde el productor de cemento tiene el control de su capacidad de producción y calidad de éste. Es necesario dar claridad sobre los términos y diferenciar arcilla calcinada de arcilla activada, pues el primer término incluye también

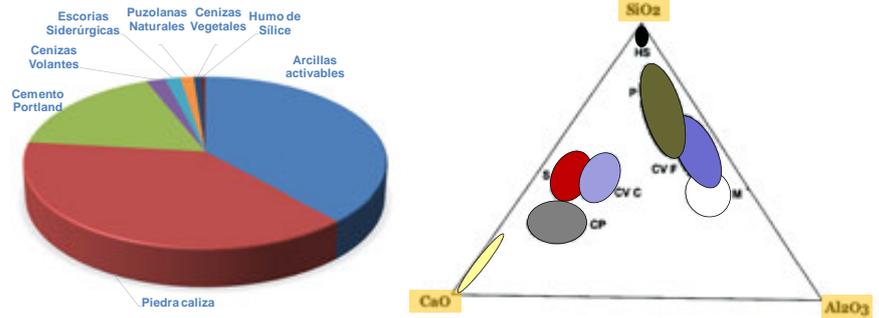


Figura 1. Disponibilidad de MCSs a nivel mundial. Su variabilidad en función de su composición.

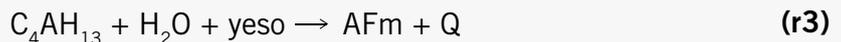
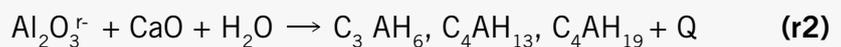
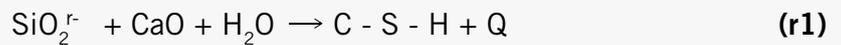
las arcillas calcinadas de la industria cerámica y ladrillera, por tanto, en lo sucesivo se denominará siempre “arcilla activada” y no arcilla calcinada.

Mediante el desarrollo industrial de esta tecnología el sector cementero puede avanzar hacia una mayor

sostenibilidad ya que este proceso de producción puede tener una reducción de niveles de emisiones de CO₂ cerca del 70% comparado con el clínker y también una reducción importante en el consumo de energía dependiendo del proceso de activación.

Clasificación de las adiciones puzolánicas por su carácter químico

Clasificar y catalogar las puzolanas en función de su origen, o por sus contenidos totales de óxidos y, en definitiva, en función de su composición química [1,2], es insuficiente para la caracterización de su actividad. Por ello, R. Talero propuso una clasificación muy diferente, con base en los resultados y conclusiones de sus investigaciones [3], la cual está basada en su carácter químico, fruto de sus contenidos de SiO₂^r y Al₂O₃^r especialmente, es decir: por las prestaciones que es capaz de dar cualquier adición puzolánica formando parte de los cementos y concretos. A continuación, se detallan las reacciones químicas en



las que se encuentran envueltos los factores hidráulicos (SiO₂^r y Al₂O₃^r) de origen puzolana.

En este sentido, es de vital importancia poder conocer el carácter químico de una puzolana a través de la determinación de sus factores hidráulicos (SiO₂^r y Al₂O₃^r), ya que, en función de este carácter, la puzolana va a tener una influencia

muy distinta en todas las propiedades de los materiales base cemento de los que forme parte. Dicha influencia va a tener consecuencias significativas en todas las variables de desempeños de los materiales base cemento: calor de hidratación, comportamiento reológico, desempeño mecánico resistente y durabilidad frente a los distintos ataques agresivos a los que se tengan que enfrentar [3-8].

Las arcillas. Su activación térmica y propiedades puzolánicas

Las arcillas son tierras constituidas fundamentalmente por silicatos de aluminio hidratados. Estos materiales, sometidos a un calentamiento adecuado pueden activarse, resultado de su proceso de deshidroxilación (pérdida de grupos OH- de la red cristalina). La temperatura óptima mediante la cual se alcanza este propósito suele oscilar entre 600°C y 800 °C, dependiendo de la composición en minerales arcillosos de la propia arcilla. En síntesis, la descomposición térmica de la arcilla empieza a 120°C con la pérdida de humedad (el agua higroscópica, coloidal y de hidratación, y la físicamente adsorbida, o absorbida en poros del material). Después y a medida se incrementa

la temperatura del proceso, los grupos hidroxilo integrantes de la red cristalina de la arcilla empiezan a separarse de la misma (etapa de deshidroxilación), debido al aumento de la energía de vibración que se les confiere, alcanzando el valor o grado de agitación térmica suficiente para poderse unir con un protón cercano y formar una molécula de agua para finalmente separarse de la estructura cristalina. A temperaturas superiores a 920°C la arcilla activada se vuelve muy inestable y se posibilita la formación de la pseudo-mullita [9]. En la **Figura 2** se muestra el comportamiento térmico de las arcillas más comunes. Los valores de temperatura aquí mencionados corresponden a Arcillas Caoliníticas.

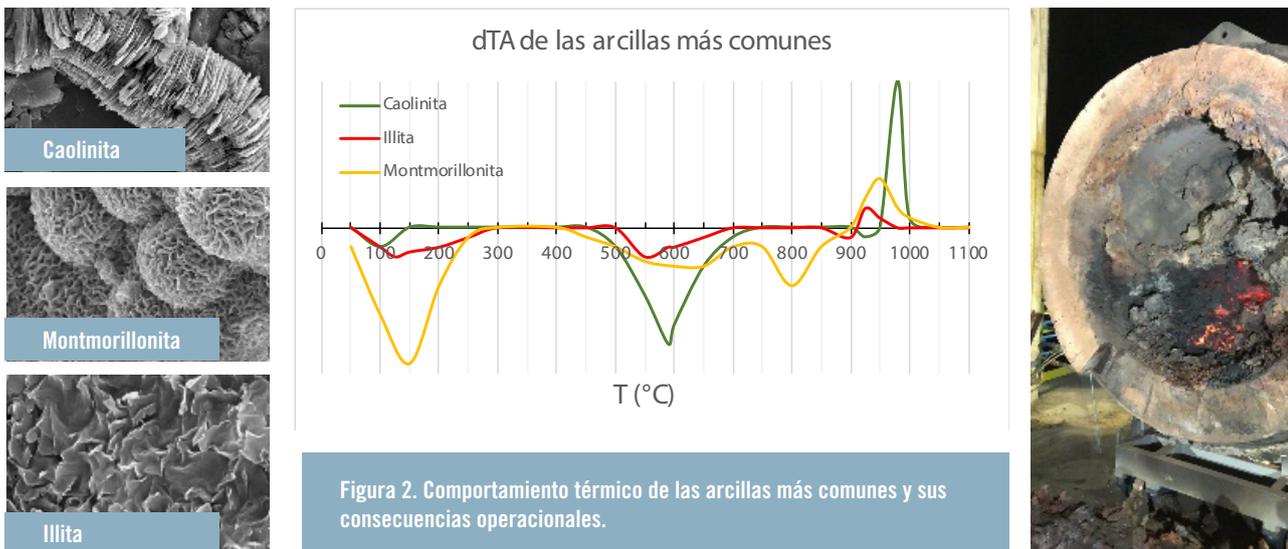


Figura 2. Comportamiento térmico de las arcillas más comunes y sus consecuencias operacionales.

Mediante el proceso de activación térmica de las arcillas se está produciendo una puzolana artificial con un carácter químico aluminico, puesto que al liberar el agua químicamente combinada de la arcilla se está actuando sobre el índice de coordinación del Al_2O_3 [10], que se encontraría, después de este proceso térmico, en condiciones óptimas para reaccionar con el hidróxido de calcio presente en la fase líquida del cemento desde las primeras edades de la hidratación.

Por ello, aunque las arcillas caoliníticas son aquellas con un mayor contenido de Al_2O_3 , a priori, no debe existir una restricción taxativa respecto a que arcilla es aprovechable para producir una puzolana artificial mediante su activación térmica. Su aptitud debe ser evaluada, de acuerdo con la cantidad de SiO_2^r y $Al_2O_3^r$ que es posible generar durante el proceso de activación. En la **Figura 3** podemos observar la actividad puzolánica de una arcilla antes y después de su óptima activación, de acuerdo con la norma EN 196-5 [11].

Tecnología de Piroproceso

En primer lugar, la arcilla debe pasar por los procesos de secado, activación y enfriamiento. Además del proceso de activación térmica de las arcillas para obtener las características puzolánicas, es importante garantizar el cambio de color de la arcilla para obtener un color gris que favorezca su mezcla con el cemento, en el caso que la arcilla a activar tenga un alto contenido de hierro (mayor al 4%).

Los principales puntos para obtener arcilla térmicamente activada y garantizar su cambio de color son el control preciso de la temperatura y de la concentración de oxígeno en los gases en los equipos de secado, activación y enfriamiento.

La tecnología utilizada para el sistema de combustión de los procesos de secado y activación permite la operación con combustible sólido, asegurando la estabilidad de la llama incluso en un proceso con temperaturas más bajas (menos de 900°C).

El secado y la activación de las arcillas se pueden realizar mediante hornos rotatorios o tecnología flash. En el caso del uso de hornos rotatorios, es posible reutilizar hornos existentes en plantas fuera de servicio para adaptarlos a su nueva condición de operación.

La **Figura 4** muestra los perfiles de temperatura de los gases, del lecho de material y del revestimiento refractario de un modelo matemático desarrollado para la simulación de hornos rotatorios para la activación de arcilla. En este caso, el material alimentado al horno ya ha sido secado previamente (250°C aprox.).

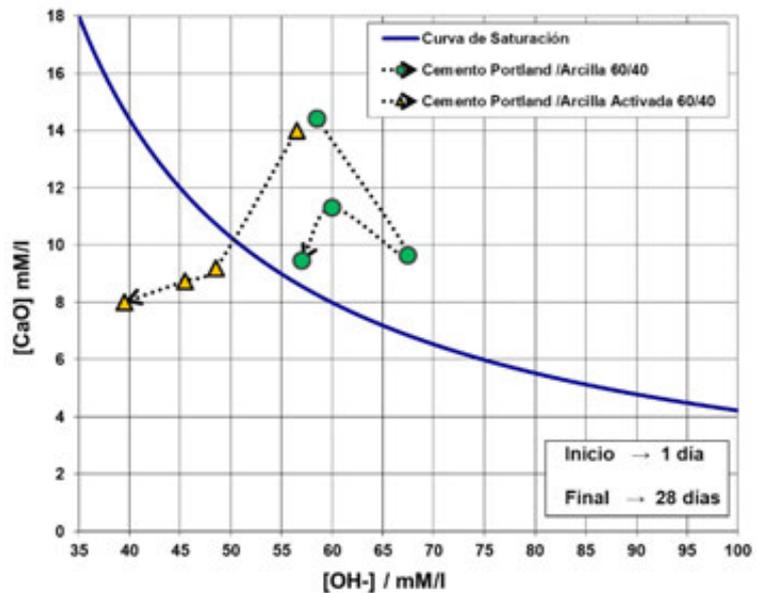


Figura 3. Cambio en las propiedades puzolánicas de la arcilla tras su activación.

La tecnología flash se basa en el arrastre de pequeñas partículas sólidas por un flujo de gases calientes concurrente, lo que permite obtener altos coeficientes de transferencia de calor y masa en un equipo más compacto. Esta tecnología se puede utilizar para el proceso de secado o activación. Para el caso de aplicar un calcinador flash, el proceso debe ser escalonado en varias etapas en una torre de ciclones para garantizar el tiempo de residencia del material en el rango de temperatura de 750 a 850°C, necesario para que ocurra la activación.

La experiencia en hornos rotatorios a nivel industrial es amplia en Brasil con hornos hasta de 1,100 TPD, toneladas por día, y ahora en Colombia con un horno de una capacidad de 1,500 TPD.

Su operación es relativamente sencilla y fácil de entender para los operadores de sala de control. Su control de operación en términos de ajustar las temperaturas de activación de acuerdo con las variables de control de calidad hora a hora son de relativo fácil manejo, aun cuando el corto rango de activación en términos de temperatura hace muy exigente este control para poder obtener una arcilla activada de elevada actividad puzolánica. Por tanto, es importante decir que la experiencia de activación de arcillas con hornos rotatorios ya lleva varias décadas y no existe hoy en día, una activación industrial en calcinador flash de un tamaño industrial importante.

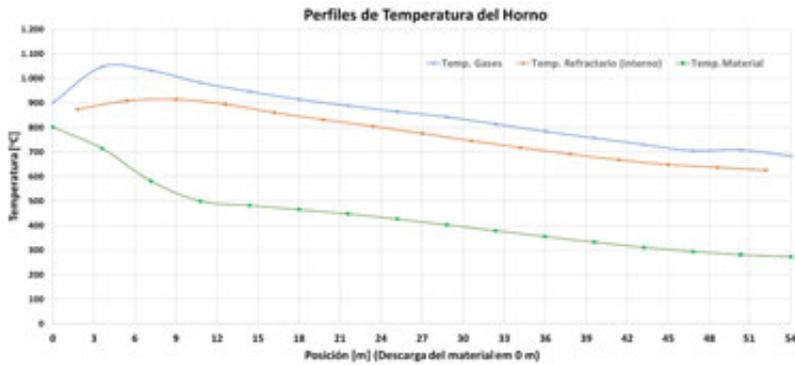


Figura 4. Perfiles de T de los gases, del lecho de material y del refractorio.

Después de la activación es necesario enfriar el material. En esta etapa, en el caso de arcillas con alto contenido de hierro, es importante controlar la atmósfera y evitar que el material a altas temperaturas entre en contacto con altos flujos de aire para que el color gris obtenido en los pasos anteriores no se pierda por la oxidación del material. Una tecnología que se adecua perfectamente a estos dos objetivos (enfriar el material y mantener su color gris) es el enfriador rotatorio.

Variables de Control de Proceso y Verificación

Uno de los aspectos que cobra extraordinaria importancia en el proceso de activación térmica de la arcilla, es como asegurar la calidad de ésta. Obviamente, no existe un método o un ensayo que determine la actividad puzolánica de manera inmediata tan pronto la arcilla activada ha salido del horno rotatorio o del calcinador flash. Por ello, se debe conocer, de manera indirecta, si la activación de la arcilla ha sido correcta o no, y al mismo tiempo, ajustar en el proceso de activación de forma rápida tal que se logre los mayores contenidos de $Al_2O_3^r$ [12] y de SiO_2^r [13] en ella, que se traducirá en una mayor actividad puzolánica, como se ha citado con anterioridad.

Durante esta etapa es muy recomendable determinar parámetros tales como pérdida al fuego (PF) y porcentaje de minerales arcillosos antes de la activación, e índice de actividad puzolánica (IAP) después de este proceso. Todos estos análisis deben haber sido corre-

lacionados previamente. Además, es de vital importancia, en esta etapa previa, la determinación de los factores hidráulicos de la arcilla activada en cada caso, $Al_2O_3^r$ [12] y SiO_2^r [13] para, a través de su determinación encontrar la temperatura particular de mayor activación de cada tipo de arcilla del yacimiento.

En ese sentido, la temperatura de activación a la cual se obtengan los mayores contenidos de $Al_2O_3^r$ [12] en la arcilla activada será la temperatura óptima. Por ello, de esta manera también se podrán determinar los rangos superior e inferior de activación, los cuales indican que si se sobrepasa cierta temperatura se sucede una cristalización de la estructura de la arcilla activada perdiendo su nivel de activación y si por lo contrario la temperatura es muy baja no se logra la deshidroxilación suficiente, siendo muy pobre entonces el nivel de actividad puzolánica. Lo que finalmente se traduce en un menor grado de reemplazo de clínker en el cemento a producir.



Con toda esta información obtenida mediante los análisis y ensayos a nivel de laboratorio, se puede identificar con claridad y determinar los rangos en que dichas variables se mueven de acuerdo con la mayor actividad puzolánica a buscar, ya que los citados análisis y ensayos también deben ser utilizados en el control de calidad de la arcilla activada a escala industrial en planta de cemento.

Molienda conjunta

La operación más común en las plantas de cemento es la molienda conjunta, donde se sucede la reducción en tamaño de las partículas del clínker, los MCSs y el yeso. Por ello, es muy importante conocer los índices de dureza de los diferentes materiales a moler, su humedad, sus proporciones y granulometría de alimentación, para, con esta información, diseñar la carga de cuerpos moledores que debe llevar cada cámara de molienda, de acuerdo también con la calidad física del cemento a producir, obviamente en los molinos de bolas.

La arcilla activada tiene una finura muy alta, se podría decir que el 85% de su masa pasante 1mm, aunque, este valor dependerá del tipo de arcilla, su composición, de la temperatura de activación y su contenido de cuarzo. A modo de ejemplo se puede citar que el índice de dureza Bond para la caliza puede oscilar entre 10 a 13 Kwh/ton, para una arcilla activada de 13 a 15 Kwh/ton y para el clínker entre 16 a 18 Kwh/ton. Los rangos pueden variar dependiendo de su composición mineralógica, contenido de cuarzo, origen, etc.

El contenido de cuarzo en el material de alimentación al horno puede variar entre 25 a 50% en algunos casos. Este factor, por tanto, que debe ser tenido muy en cuenta en una molienda conjunta. La arcilla activada posee una dureza intermedia, aunque puede parecerse más a la de la piedra caliza, teniendo una granulometría de alimentación muy fina y, por tanto, será más fácil de moler, quedándose la primera cámara del molino bastante vacía. Para obtener un desempeño del mismo orden de magnitud que los cementos tradicionales, con seguridad se podrá trabajar con las especificaciones

de un mayor retenido en malla 325, aunque su finura Blaine será también mayor. A modo de ejemplo, para un cemento Uso General con un desempeño previsto de 26 MPa a 28 días aproximadamente, se podrá trabajar con un retenido en malla 325 entre 4 a 7% y una finura Blaine entre 4500 a 5500 cm^2/g .

Además, el cuarzo, si bien es duro de moler, no presenta un gran tamaño y en este tipo de molienda el cuarzo sirve como "aditivo", pues tendrá un efecto de limpieza de las bolas y del revestimiento del molino, ayudando a la molturación, pudiéndose de esta manera reducir o evitar el aditivo mejorador de producción. Debido a la baja granulometría de la arcilla activada también puede estudiarse la posibilidad de alimentarla directamente al separador. Los aspectos físicos tratados aquí cobran fuerza para niveles de sustitución superiores al 12%, con una alimentación baja no se notará mucho sus cambios. Y en cuanto a la actividad puzolánica esta cobrará importancia en niveles de sustitución superiores al 8% dependiendo de su contenido de Al_2O_3^r .

En cuanto a la dosificación de los cementos con esta adición puzolánica, la relación óptima entre todos los componentes, clínker, arcilla activada, otros MCSs y yeso, dependerá de múltiples factores, por ello cada dosificación debe ser estudiada y analizada por separado en función de las siguientes premisas: composición del clínker, reactividad de la arcilla activada producida (Al_2O_3^r y SiO_2^r , y óptimo de sulfatos entre otros. A modo de ejemplo, la Figura 5 muestra los desempeños obtenidos en dos tipos de cementos distintos, con la misma dosificación de clínker, arcilla activada y caliza, y con la misma finura de molido, respectivamente. En este ensayo se utilizaron dos arcillas activadas con distinto contenido de Al_2O_3^r y distinta proporción de yeso adicionado.

Por último, es importante tener en cuenta en los sistemas de transporte, tolvas y dosificadores la baja granulometría de la arcilla activada y su reología, pues pueden ocurrir avalanchas en las tolvas y un difícil control en la dosificación.

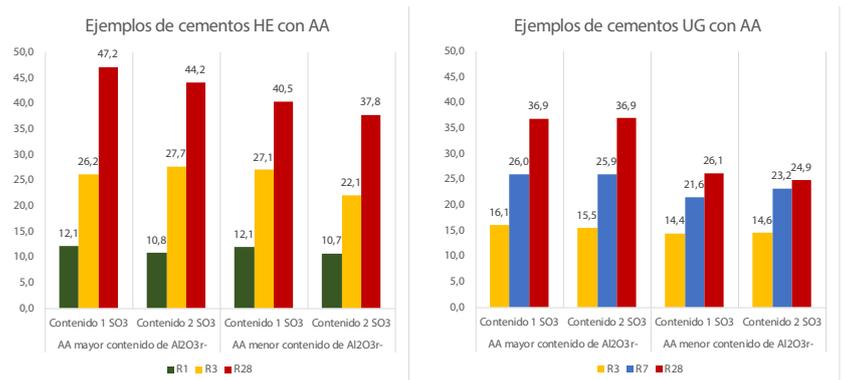


Figura 5. Desempeños obtenidos en la dosificación de distintos cementos HE y UG respectivamente.

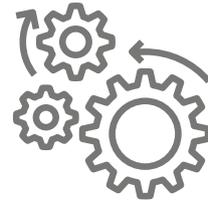
Molienda separada y estaciones de Blending

Sin duda alguna la mejor opción de molienda para fabricar cementos con varios MCSs es la separada. Desde el punto de vista de la molienda de las partículas lo ideal es moler materiales de similar dureza, así se asegura una molienda más controlada y eficiente. En una molienda conjunta la molienda es conducida por el material más duro y este definirá el retenido y la finura Blaine, por consiguiente, los materiales más blandos serán “sobre-molidos” y estos afectarán la distribución granulométrica final del producto. La viabilidad de este sistema dependerá, obviamente, de si se tiene disponibilidad de equipos, dos molinos y sus capacidades de producción.

La molienda separada presenta grandes ventajas a favor, especializa los molinos, por tanto, su eficiencia de molienda mejora en términos de producción y energía consumida y lo que es más importante elimina los tiempos de preparación al cambiar de un producto a otro. Este tiempo de molienda es un ahorro muy importante a tener en cuenta, pues generalmente estos tiempos de preparación significan la producción de un cemento de mayor calidad, menos MCS, mayor costo que se deposita en los silos de cemento de Uso General, por tanto, son ineficiencias operacionales. Otra gran ventaja en especializar las moliendas es que los operadores de Sala no tendrán que estar cambiando condiciones a los molinos y su conducción será más fácil de llevar.

Ahora bien, una sugerencia es tener dos “productos intermedios”, el primero, un cemento base y el segundo, un mix que contenga los materiales más fáciles de moler. El cemento base puede estar conformado por Clínker y regulador de fraguado solamente y/o por algún MCS adicional, dependiendo de los tipos de cemento que se deben producir. El mix estará conformado por la arcilla activada, el resto de MCSs y la cantidad adecuada de regulador de fraguado acorde con su composición. Los porcentajes de mezcla de cada uno de los productos intermedios dependerá de la calidad de sus componentes y de las calidades o tipos de cemento a producir.

La molienda separada del mix permite un mejor control en cuanto a la finura Blaine y al retenido a buscar, por ser materiales más fáciles de moler que el clínker. Dependiendo de los materiales a moler en este mix se puede buscar una molienda más “gruesa” en términos de retenido en malla 325, bien pudiera ser en un rango entre 10 a 15% y la finura Blaine sería un resultante. Este aspecto físico tendrá gran importancia en la finura final y en la conformación del sistema de poros en la estructura final del cemento producido, con seguridad más compacto que el alcanzado en la molienda conjunta. Esto redundará también en mejores resistencias y durabilidad de los cementos a producir en moliendas separadas con estaciones de Blending.



La molienda separada exige montar estaciones de Blending, sencillas en su operación y diseño y a la vez muy exigentes en cuanto a los Sistemas de Dosificación a utilizar, pues en verdad aquí radica el éxito de esta. Una estación de Blending equivale a tener un nuevo molino de alta capacidad y altísima eficiencia. Además, no necesita tiempos de preparación y solo introducir la mezcla correspondiente de los dos productos intermedios. La ganancia en términos de flexibilidad de la operación, logística de despachos, atención al cliente es indiscutible. Para esta tecnología es imprescindible disponer de un equipo de alta calidad en la dosificación y mezcla. Su diseño de capacidad será determinado por las condiciones de despacho y almacenamiento.

Conclusiones



1. Sin duda alguna, las arcillas activadas se han consolidado como el MCS de mayor potencial. Se trata de puzolanas aluminicas artificiales de calidad controlada y sostenible con el medio ambiente reduciendo en un 75% las emisiones de CO₂ en su producción, comparadas con el clínker.
2. Las arcillas susceptibles de ser activables no son solamente las caoliníticas sino también las illíticas y esmectíticas. Su viabilidad de uso depende fundamentalmente del contenido de Al₂O₃^r y de SiO₂^r que se sea capaz de generar durante el proceso de activación térmica.
3. El control de proceso en el horno en términos de mantener la temperatura óptima de calcinación es fundamental, pues garantizará la mayor actividad puzolánica de la arcilla activada. Por ello el control permanente de las variables de proceso instantáneas y su correlación con las variables de desempeño es fundamental.
4. La molienda separada y estación de blending es la mejor opción de molienda en términos de calidad, distribución granulométrica, eficiencia de molienda y costos.

Bibliografía



1. ASTM C 618-19 Standard: "Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete". ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS, Section 4 Construction, Vol. 04.02 Concrete and Aggregates.
2. Norma UNE-EN 197-1:2011: "Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes". AENOR.
3. Talero, R. "Contribución al Estudio Analítico y Físico-Químico del Sistema: Cementos Pozzolánicos-Yeso-Agua (a 20 ± 2 °C)", Tesis Doctoral – Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid, 20 nov. 1986.
4. Talero, R.: "Performance of metakaolin and Portland cements in ettringite formation as determined by Le Chatelier-Ansttet test: Kinetic and morphological differences and new specification". Sil. Ind., 72 (11-12), pp.191– 204, 2007.
5. Talero, R.: "Gypsum attack: performance of silicic pozzolans and Portland cements as determined by ASTM C 452-68". Adv.in Cem. Res. 24 (1), pp. 1-15, 2012.

6. Talero, R., Rahhal, V.: "Calorimetric comparison of Portland cement containing silica fume and metakaolin: Is silica fume, like metakaolin, characterized by pozzolanic activity that is more specific than generic?". *J. Therm. Anal. Cal.*, 96 (2), pp. 383-93, 2009.
7. Talero, R., Trusilewicz, L., Delgado, D., Pedrajas, C., Lannegrand, R., Rahhal, V., Mejía, R., Delvasto, S., Ramírez, F.A.: "Comparative and semi-quantitative XRD analysis of Friedel's salt originating from pozzolan and Portland cement". *Construction & Building Materials*, 25 (5), pp. 2370-2380, 2011.
8. Aramburo, C., Pedrajas, C., Rahhal, V., González, M., Talero, R.: "Calcined clays for low carbon cement: Rheological behaviour in fresh Portland cement pastes". *Materials Letters* 239, pp. 24-28, 2019.
9. Grimshaw R.W. "The Chemistry and Physics of Clays and Allied Ceramic Materials", 4th Edition Revised, Ernest Benn Limited, London. 1971.
10. Trusilewicz, L., Fernández-Martínez, F., Rahhal, V., Talero, R.: "TEM and SAED Characterization of Metakaolin. Pozzolanic Activity", *J Amer Ceram Soc*, 95 (9), pp. 2989-2996, 2012.
11. Norma UNE-EN 196-5:2006: "Ensayo de puzolanicidad para cementos puzolánicos". AENOR.
12. R. Talero: "Nuevo método químico por vía húmeda, para determinar el contenido de alúmina reactiva de puzolanas naturales y artificiales". Documento privado, 2014.
13. Norma UNE 80225:2012: "Métodos para el ensayo de cementos. Ensayos Químicos. Determinación del dióxido de silicio reactivo en los cementos, en las puzolanas y en las cenizas volantes". AENOR.



FICEM SERVICIOS PARA LA INDUSTRIA DEL CEMENTO Y CONCRETO

Cambio climático:

- ▶ Construcción de Hojas de Rutas de la industria del cemento para los países latinoamericanos hacia una economía baja en carbono e iniciar con el proceso de implementación.

Calculadora FICEM:

- ▶ Identificación de brechas energéticas y benchmarking tecnológicos.

Reporte y Verificación:

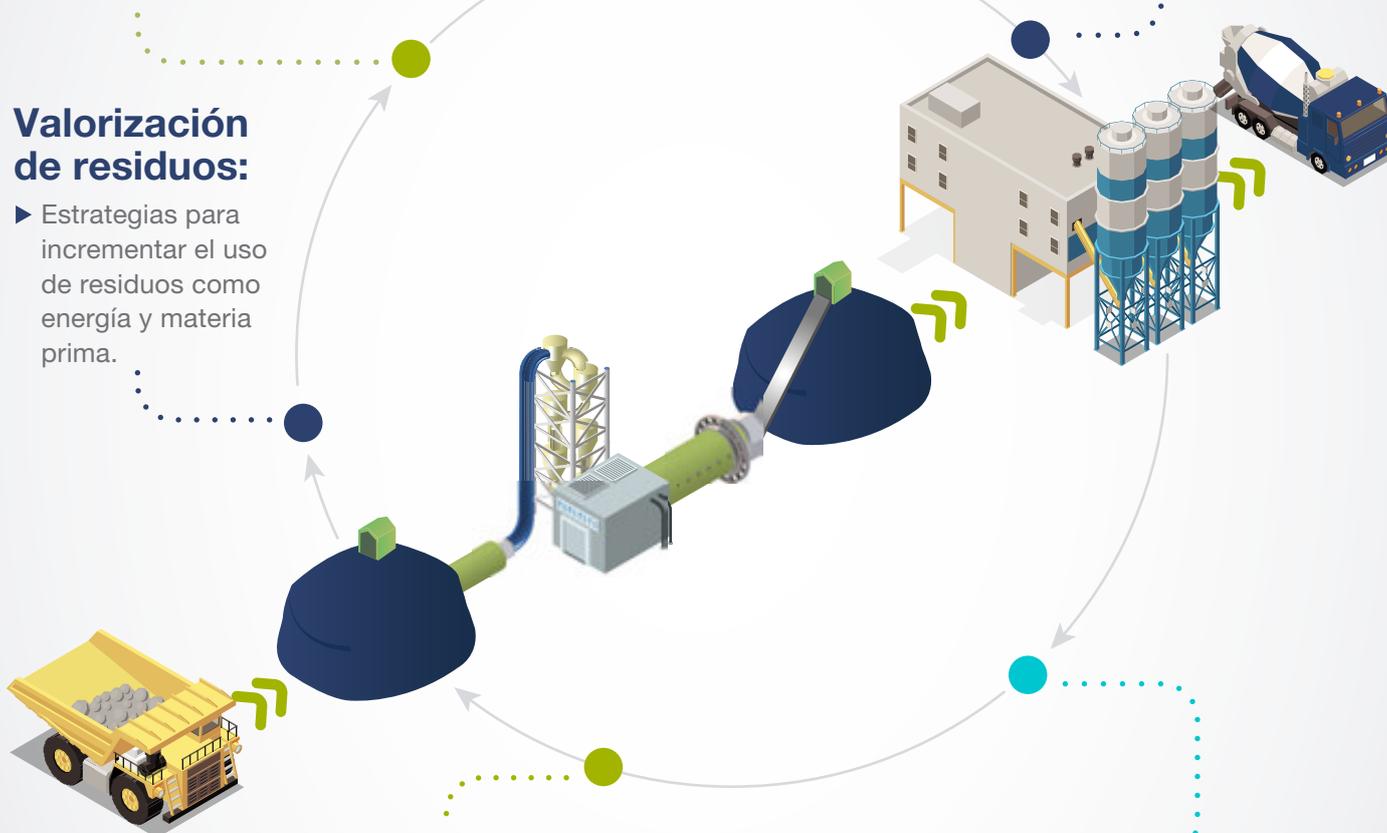
- ▶ Auditoría de procesos ambientales y evaluación de inversiones.

Innovación:

- ▶ Desarrollar investigaciones a nivel regional y local que ofrezcan soluciones innovadoras.

Valorización de residuos:

- ▶ Estrategias para incrementar el uso de residuos como energía y materia prima.



Comunicaciones:

- ▶ Realización y desarrollo de **congresos, foros y misiones**.
- ▶ **Apoyar los diálogos entre los gobiernos y la industria del cemento para los aspectos relacionados con:** reglamentación y normativa, políticas públicas, planes y programas relacionados con el cambio climático, la mitigación de emisiones, el desarrollo de los países, entre otros.
- ▶ **Desarrollo de webinars** técnicos y tecnológicos para aumentar la curva de aprendizaje en la industria.
- ▶ **Capacitación e intercambio** de experiencias de la industria del cemento y de sus aplicaciones.

Legal:

- ▶ **Análisis de marco regulatorios** para potenciar la sostenibilidad del cemento
- ▶ **Promover el mejoramiento** de los códigos de construcción para que contemplen las nuevas solicitudes asociadas a los desastres naturales y cómo el concreto por sus características de durabilidad, resistencia, menor mantenimiento y disponibilidad se convierte en la solución más adecuada.

Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)

para la industria del cemento



Delvi Rodríguez

Ingeniero Mecánico – Director Técnico, The Cement Institute LLC

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) es el proceso para determinar un enfoque de mantenimiento más efectivo. La filosofía de RCM emplea el mantenimiento preventivo (PM), el mantenimiento predictivo (PdM), el monitoreo en tiempo real (RTM1), la ejecución en caso de falla (RTF, también llamado mantenimiento reactivo) y las técnicas de mantenimiento proactivo de manera integrada para aumentar la probabilidad de que una máquina o componente funcionará de la manera requerida durante su ciclo de vida de diseño con un mínimo de mantenimiento. El objetivo de la filosofía es proporcionar la función indicada de la instalación, con la fiabilidad requerida y la disponibilidad al menor costo. RCM requiere que las decisiones de mantenimiento se basen en los requisitos de mantenimiento respaldados por una justificación técnica y económica sólida.

Una Breve Historia del RCM

El mantenimiento centrado en la confiabilidad se originó en la industria de las aerolíneas en la década de 1960. A finales de la década de 1950, el costo de las actividades de mantenimiento en esta industria se había vuelto lo suficientemente alto como para justificar una investigación especial sobre la efectividad de esas actividades. En consecuencia, en 1960, se formó un grupo de trabajo compuesto por representantes tanto de las aerolíneas como de la FAA (Administración Federal de Aviación) para investigar las capacidades del mantenimiento preventivo.

Esto llevó al documento MSG-1 del Grupo de Dirección de Mantenimiento 747 (MSG); manual evaluación de mantenimiento y desarrollo del programa de la Asociación de Transporte Aéreo (ATA) en 1968. Se utilizó MSG-1 para desarrollar el programa de mantenimiento

para la aeronave Boeing 747, el primer programa de mantenimiento que empleó conceptos de RCM. MSG-2, la revisión posterior, se utilizó para desarrollar los programas de mantenimiento para el Lockheed L-1011 y el Douglas DC-10.

En 1974, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos encargó a United Airlines a escribir un informe sobre los procesos utilizados en la industria de la aviación civil para el desarrollo de programas de mantenimiento para aeronaves. Este informe, escrito por Stan Nowlan y Howard Heap y publicado en 1978, se tituló Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, y se ha convertido en el informe en el que se han basado todos los enfoques de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad subsiguientes.

RCM en la industria del cemento y arena de utilidad

Como con cualquier filosofía, hay muchos caminos o procesos que conducen a un objetivo final. Esto es especialmente cierto para RCM y la industria del cemento donde las consecuencias de la falla o avería pueden variar considerablemente.



Figura 1. Vista aérea planta de fabricación de cemento.

El riguroso análisis de RCM ha sido empleado extensivamente por las industrias de aeronaves, espacial, defensa y planta de energía donde las fallas funcionales tienen el potencial de causar grandes pérdidas de vidas, implicaciones de seguridad nacional y/o un impacto ambiental grave. La industria del cemento en los últimos años ha entendido la importancia y los beneficios de una implementación del RCM y poco a poco se observan más compañías y plantas encaminadas hacia esta filosofía y cultura de mantenimiento.

Un riguroso análisis de RCM se basa en efectos de análisis y modos de fallas (FMEA) e incluye las probabilidades de falla y los cálculos de confiabilidad del sistema. El análisis se utiliza para determinar las tareas de mantenimiento adecuadas para abordar cada uno de los modos de falla identificados y sus consecuencias.

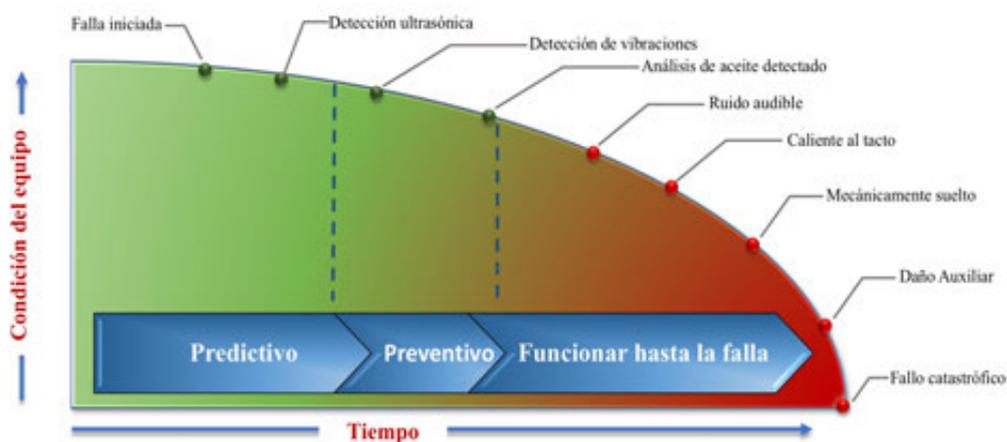
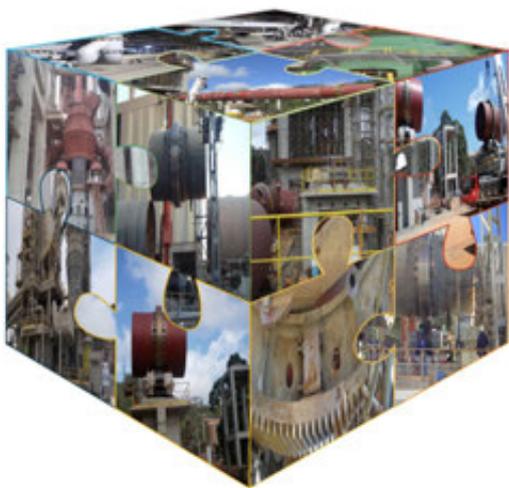


Figura 2. Efectos de los modos de análisis y falla.

Para la industria del cemento, un proceso de análisis RCM simplificado o intuitivo puede ser más apropiado. Esto se debe al alto costo del análisis del enfoque riguroso, el impacto relativamente moderado de una falla en la mayoría de los sistemas de las instalaciones, el tipo de sistemas y componentes mantenidos y la cantidad de sistemas redundantes implementados. El enfoque simplificado sigue los mismos principios que los rigurosos, pero reconoce que no se analizarán todos los modos de falla. Para la mayoría de los sistemas en la planta de cementos, el enfoque más económico y eficiente es utilizar una combinación de análisis riguroso (formal) e intuitivo que depende de la criticidad del sistema y el impacto de la falla. Los modos de falla que resultan en altos costos o lesiones al personal, o donde la confiabilidad resultante aún es inaceptable en términos de seguridad, medio ambiente o impacto operacional, aún reciben el enfoque riguroso, pero todos los demás modos de falla usarán un análisis intuitivo.



El objetivo del Departamento de Mantenimiento es garantizar el mantenimiento de los equipos y las instalaciones para aumentar la disponibilidad operativa, la confiabilidad, el ciclo de vida de los activos y el rendimiento, así como para optimizar los costos totales de propiedad.

Los Principios Primarios de RCM son:

- 1. RCM está orientado a la función:** Busca preservar la función del sistema o del equipo, no solo la operabilidad por el bien de la eficiencia. La redundancia de funciones, a través de múltiples equipos, mejora la confiabilidad funcional, pero aumenta el costo del ciclo de vida en términos de costos de adquisición y operación.
- 2. RCM está enfocado en el sistema:** Está más preocupado por mantener la función del sistema que la función de componente individual.
- 3. RCM se centra en la confiabilidad:** Trata las estadísticas de fallas de manera actuarial. La relación entre la edad de operación y las fallas experimentadas es importante. RCM no se preocupa demasiado por la simple tasa de averías; busca conocer la probabilidad condicional de falla en edades específicas (la probabilidad de que ocurra una falla en cada rango de edad operativa dada).
- 4. RCM reconoce las limitaciones de diseño:** Su objetivo es mantener la confiabilidad inherente del diseño del equipo, reconociendo que los cambios en la confiabilidad inherente son una cuestión de diseño más que de mantenimiento. En el mejor de los casos, el mantenimiento solo puede alcanzar y mantener el nivel de confiabilidad del equipo, que se proporciona mediante el diseño. Sin embargo, RCM reconoce que las observaciones de mantenimiento pueden mejorar el diseño original. Además, RCM reconoce que a menudo existe una diferencia entre la vida de diseño percibida y la vida de diseño intrínseca o real, y aborda esto a través del proceso de Exploración de Edad (EE).
- 5. RCM está impulsado por la seguridad y la economía:** La seguridad debe garantizarse a cualquier costo; a partir de entonces, la rentabilidad se convierte en el principal criterio.

6. RCM define la falla como cualquier condición insatisfactoria: Por lo tanto, la falla puede ser una pérdida de función (la operación cesa) o una pérdida de calidad aceptable (la operación continúa).

7. RCM utiliza un árbol lógico para supervisar las tareas de mantenimiento: Proporciona un enfoque coherente para el mantenimiento de todo tipo de equipos. Observe la **Figura 1**.

8. Las tareas de RCM deben ser aplicables: Las tareas deben abordar y considerar el modo de falla.

9. Las tareas de RCM deben ser efectivas: Las tareas deben reducir la probabilidad de falla y ser rentables.

10. RCM reconoce tres tipos de tareas de mantenimiento:

- a. Preventivo (PM): Programado cuando sea apropiado.
- b. Predictivo: Condición dirigida (PdM y monitoreo en tiempo real): se realiza cuando las condiciones indican que son necesarias.
- c. Búsqueda de fallas (uno de los varios aspectos del mantenimiento proactivo): El equipo se ejecuta en caso de falla. Esto es aceptable para algunas situaciones y algunos tipos de equipos.

11. RCM es un sistema viviente: Recopila datos de los resultados obtenidos y los devuelve para mejorar el diseño y el mantenimiento futuro. Esta información es una parte importante del elemento de mantenimiento proactivo del programa RCM.

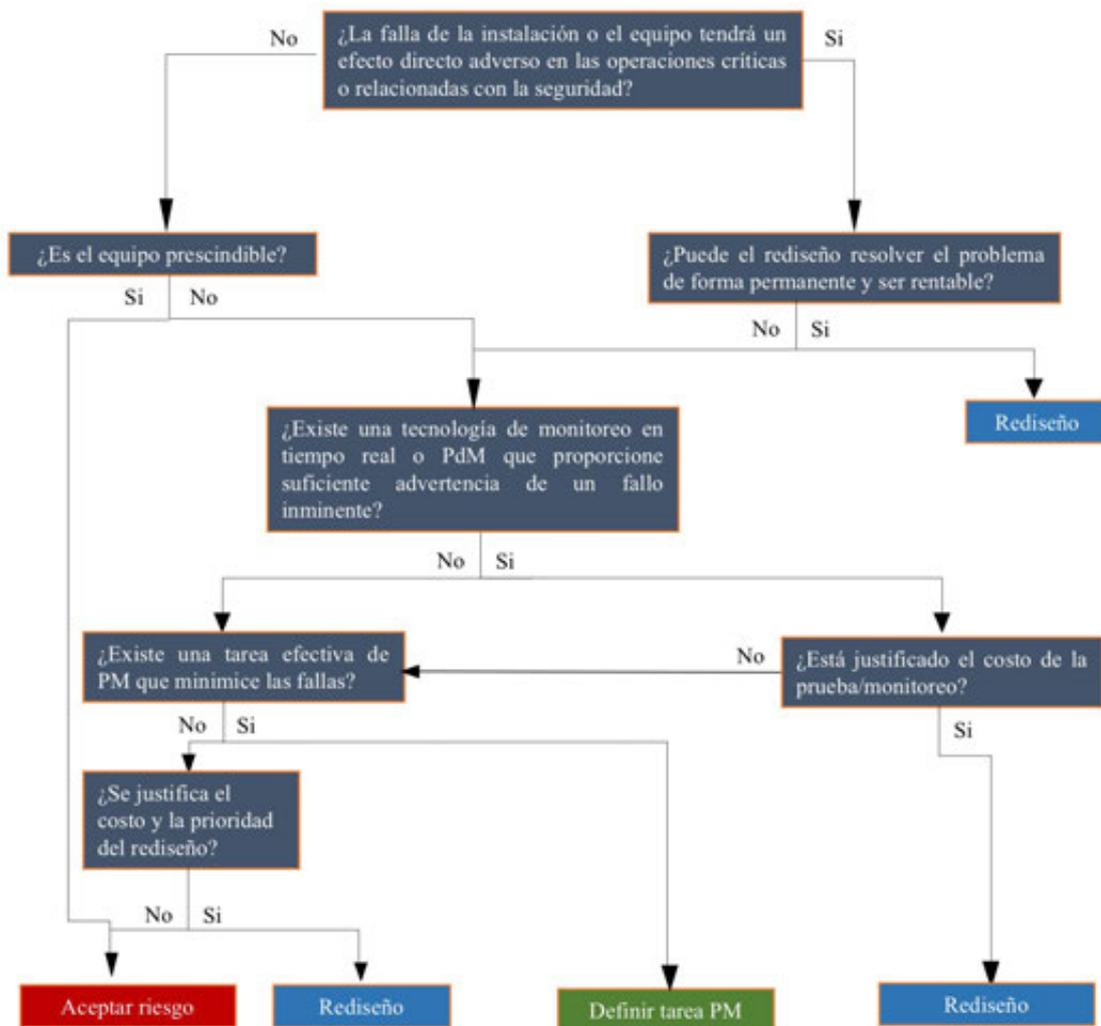


Figura 3. Árbol lógico RCM.

El análisis de RCM considera cuidadosamente las siguientes preguntas:

1. ¿Qué hace el sistema o equipo? ¿Cuál es su función?
2. ¿Qué fallas funcionales pueden ocurrir?
3. ¿Cuáles son las posibles consecuencias de estas fallas funcionales?
4. ¿Qué se puede hacer para reducir la probabilidad de la falla, identificar el inicio de la falla o reducir las consecuencias de la falla?

Las respuestas a estas cuatro preguntas determinan las acciones necesarias requeridas para mantener los sistemas o equipos. La **Figura 3** muestra el árbol lógico RCM utilizado para responder a estas preguntas.

Falla

La falla se puede definir de muchas maneras. En un sentido amplio, la falla es simplemente una condición insatisfactoria. Sin embargo, RCM nos obliga a considerar la falla no solo desde el punto de vista del equipo, sino también desde el punto de vista del sistema. Un equipo puede estar operando (una unidad hidráulica en una sala limpia, por ejemplo), pero si su salida es menor que la requerida, se consideraría un error. Por otro lado, un relé de protección en un sistema de energía puede haber fallado, pero si no ha desconectado el circuito (el circuito aún está energizado), la función del sistema no cambia. Esencialmente, la definición de falla depende de la función de un equipo o sistema y del contexto operativo en el que se usa el equipo/sistema.

La **Figura 4** muestra seis patrones de falla diferentes. Aunque hay un patrón titulado “Mejor Nuevo”, tanto en el patrón de falla “Curva de la bañera” como en “Peor Nuevo”, hay mayores incidentes de falla inicial. Estos son causados por condiciones de diseños o incorporados en un producto. Según estos patrones de fallas, se produce un escenario diferente para el mantenimiento predictivo: que el mantenimiento centrado en confiabilidad puede predecir los defectos de instalación o los errores del OEM (Fabricante Original del Equipo) y prevenir fallas prematuras.



Figura 4. Patrones de falla relacionados con la edad vs no relacionados con la edad.

Falla funcional

Una falla funcional es esencialmente la incapacidad de un equipo/sistema para cumplir con su estándar de rendimiento especificado. Una pérdida completa de función es un fallo funcional; sin embargo, en el ejemplo anterior de la unidad hidráulica, si la salida del sistema es inferior a la especificada, se ha producido una falla funcional, incluso si el sistema todavía está funcionando.

Consecuencias de la falla

Las consecuencias de la falla determinan la prioridad de las actividades de mantenimiento o la mejora del diseño requerida para evitar que ocurran. Si la falla de un equipo resulta en poca o ninguna consecuencia, generalmente se requieren actividades de mantenimiento mínimo. Sin embargo, si la falla de un equipo resulta en una gran dificultad económica, lesiones personales o daños al medio ambiente, es posible que se requieran actividades de mantenimiento o un nuevo diseño.

Acciones de mantenimiento en un programa de RCM para la industria del cemento

Los objetivos de RCM son identificar las técnicas de mantenimiento más rentables y aplicables para minimizar el riesgo y el impacto de la falla en las instalaciones y las utilidades de los equipos. Esto permite mantener la funcionalidad de los sistemas y equipos de la manera más económica. Los objetivos específicos de RCM para la industria del cemento son:

- Asegurar la realización de los niveles inherentes de seguridad y confiabilidad del equipo.
- Restaurar el equipo a estos niveles inherentes cuando se produce deterioro.
- Obtener la información necesaria para mejorar el diseño de aquellos elementos cuya fiabilidad inherente resulta ser inadecuada.
- Lograr estos objetivos a un costo total mínimo, incluidos los costos de mantenimiento, los costos de soporte y las consecuencias económicas de las fallas operativas.

Para este fin hay cuatro resultados de un análisis de RCM

1. No realizar mantenimiento: Esto se conoce como mantenimiento reactivo, reparación, reparación en caso de falla o ejecución en caso de falla (ECF). Este tipo de mantenimiento asume que es igualmente probable que ocurra una falla en cualquier parte, y que una falla no es perjudicial para la operación. Cuando este es el único tipo de mantenimiento practicado, altas tasas de fallas, grandes inventarios de piezas y cantidades excesivas de horas extras se vuelven comunes. Un programa de mantenimiento puramente ECF ignora muchas de las oportunidades para influir en la capacidad de supervivencia del equipo.

2. Realizar el mantenimiento preventivo (PM): Consiste en inspecciones, ajustes, limpiezas, lubricación y reemplazo de componentes y equipos programados regularmente. PM también se conoce como mantenimiento basado en el tiempo o basado en intervalos. Se realiza sin tener en cuenta la condición del equipo. PM programa la inspección y el

mantenimiento a intervalos predefinidos en un intento por reducir las fallas de los equipos. Sin embargo, como Nowlan y Heap descubrieron, un programa de PM puede dar como resultado un aumento significativo en las inspecciones y los costos sin ningún aumento en la confiabilidad.

3. Realizar mantenimiento basado en la condición del desempeño (CBM): El CBM consiste en mantenimiento predictivo (PdM) y monitoreo en tiempo real. PdM utiliza principalmente técnicas de prueba no destructivas para medir y mejorar el rendimiento del equipo. El monitoreo en tiempo real utiliza los datos de rendimiento actuales para evaluar la condición de la maquinaria. CBM reemplaza las tareas de mantenimiento cronometradas arbitrariamente con un mantenimiento que se programa solo cuando lo justifica la condición del equipo. El análisis continuo de los datos de condición del equipo permite planificar y programar actividades de mantenimiento o reparaciones antes de una falla funcional o catastrófica.

4. Hacer un nuevo diseño: Cuando la falla de un sistema o pieza del equipo es un riesgo inaceptable y ninguna de las tareas anteriores puede ayudar a mitigar la falla, se requiere un rediseño del equipo o sistema. En la mayoría de los casos, agregar redundancia elimina el riesgo y agrega muy poco a los costos generales de mantenimiento.

Impacto de RCM en un ciclo de vida de las instalaciones

Un ciclo de vida de las instalaciones a menudo se divide en dos etapas amplias: Adquisición (planificación, diseño y construcción) y operaciones. RCM afecta a todas las fases de las etapas de adquisición y operaciones hasta cierto punto.



Figura 5. Elementos de RCM.

Las decisiones tomadas al principio del ciclo de adquisición afectan profundamente el costo del ciclo de vida de una instalación. A pesar de que los gastos para la planta y el equipo pueden ocurrir más tarde durante el proceso de adquisición, su costo se compromete en una etapa temprana. Como se muestra conceptualmente en la **Figura 6**, la planificación (incluido el diseño conceptual) corrige dos tercios de los recursos de la instalación.

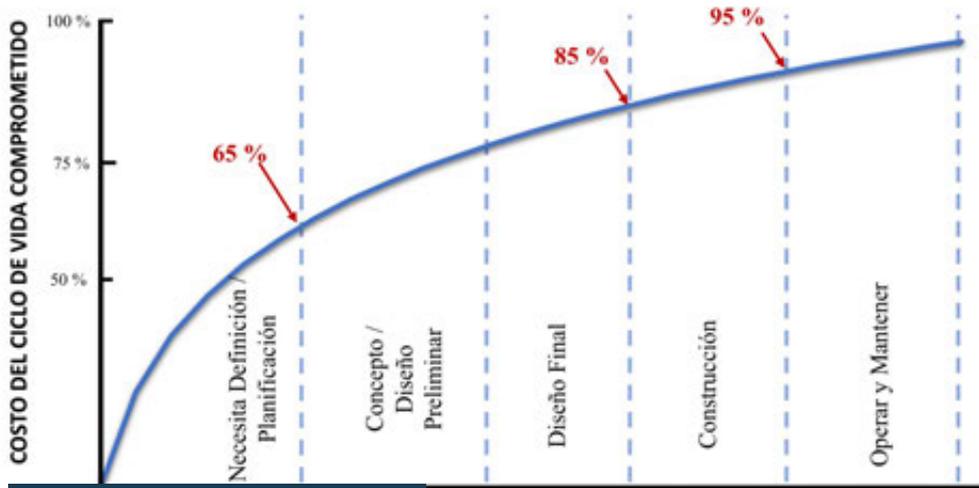


Figura 6. Costo del ciclo de vida.

Costos generales del ciclo de vida

Las fases de diseño posteriores determinan un 29 % adicional del costo del ciclo de vida, dejando solo alrededor del 5 % del costo del ciclo de vida que puede verse afectado por las fases posteriores.

Por lo tanto, la decisión de incluir una instalación en un programa de RCM, incluido el monitoreo de la condición, que tendrá un gran impacto en el costo de su ciclo de vida, se realiza mejor durante la fase de planificación. A medida que las decisiones de RCM se toman más adelante en el ciclo de vida, se vuelve más difícil lograr el máximo beneficio posible del programa RCM.

A pesar de que el mantenimiento es una parte relativamente pequeña del costo general del ciclo de vida, generalmente del 3 % al 5 % del costo operativo de una instalación, RCM aún puede introducir ahorros significativos durante la fase de operación y mantenimiento de la vida útil de la instalación. Los ahorros del 30 % al 50 % en el presupuesto de mantenimiento anual a menudo se obtienen a través de la introducción de un programa equilibrado de RCM.

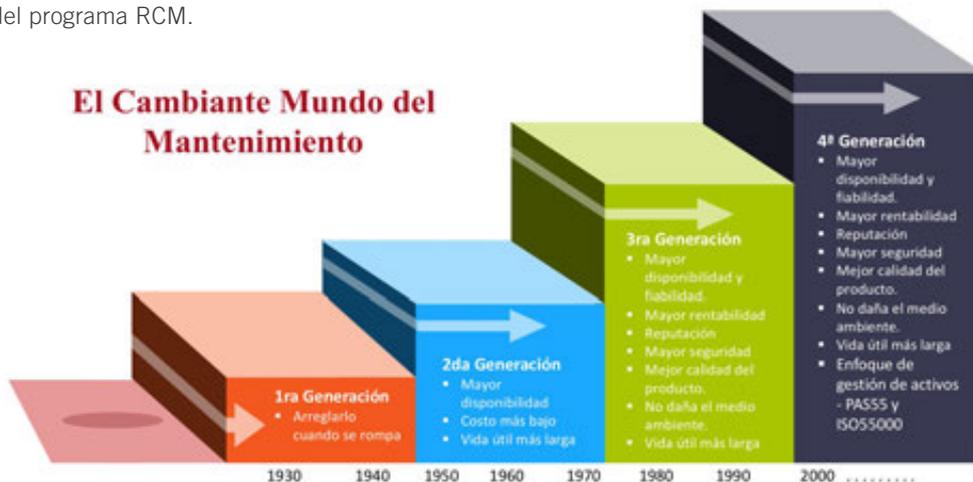


Figura 7. Estrategia de mantenimiento en evolución.

Conclusión



El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es el proceso de determinar el enfoque de mantenimiento más efectivo. Como lo demostró la industria de las aerolíneas hace 40 años y como lo han demostrado diferentes plantas que han incurrido en la implementación, RCM no solo puede mejorar la confiabilidad de un sistema, sino que también puede reducir significativamente el mantenimiento requerido. En la economía mundial competitiva de hoy, esto se traduce en dinero ahorrado, tanto por la reducción de fallas como por la reducción del trabajo. Y un programa RCM correctamente implementado continuará ahorrando dinero año tras año. Para seguir siendo competitivos, la mayoría de las plantas cementeras ya no pueden permitirse permanecer al margen realizando las tareas como siempre lo han hecho. Permita que RCM mueva su programa de mantenimiento al siglo XXI.

Bibliografía



1. Reliability-Centered Maintenance, F. Stanley Nowlan and Howard F. Heap, 1978, United Airlines.
2. Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment, published February 2000, by The National Aeronautics and Space Administration, Washington D.C.
3. Reliability-Centered Maintenance, F.S. Nowlan and H.F. Heap, published December 29, 1978 by United Airlines, for Office of Assistant Secretary of Defense, Washington, D.C.
4. Introduction to Reliability-Centered Maintenance, a white paper by William Steele, July 1999, The Colinson Corporation.
5. Rliability-centered maintenance / John Mounbray. —2nd ed. 1992.



Estimados,

La revista **Cemento & Concreto de Iberoamérica y El Caribe** es una publicación anual especializada, que se propone actuar como homogeneizador de la industria cementera de la región con la contribución de artículos de socios y aliados de FICEM, compartiendo contenido de actualidad y gran interés para todo el sector.

Cemento & Concreto documenta, promueve y divulga las mejores prácticas de la industria del cemento y del concreto, sirviendo como canal de comunicación y difusión de nuevas tecnologías para la operación y desarrollo de los más novedosos sistemas constructivos. Dentro de su audiencia de encuentran:

- Socios FICEM
- Organismos multilaterales
- Universidades
- Agencias gubernamentales relevantes para el sector
- Gremios de la construcción



El crecimiento de la producción y consumo del cemento en Iberoamérica y El Caribe atraviesa por un momento de evolución sostenida. Cemento & Concreto responde a la necesidad de tener una revista del sector especializada para la región, en la que los proveedores de tecnología tengan la oportunidad de destacar sus novedosos productos entre su público de interés.

- **Lo invitamos a solicitar su anuncio publicitario y no dejar pasar esta oportunidad.** Comuníquese con Ángela Giraldo al mail agiraldo@ficem.org para más información sobre las campañas disponibles
- **Si usted tiene un artículo o investigación de carácter técnico o científico** que le gustaría publicar en nuestra revista, lo invitamos a que se comunique con Lina Rojas al mail lrojas@ficem.org



La revista CEMENTO & CONCRETO de Iberoamérica y El Caribe es una publicación de la Federación Interamericana del Cemento- FICEM.

Dirección: Calle 118 # 19-52
of: 204 | Bogotá, Colombia
Teléfono: +57 1 6582978
Mail: ficem@ficem.org
www.ficem.org



RHI MAGNESITA



ANKRAL X-SERIES

spinosphere technology by RHI Magnesita

Llevando la performance del refractario a nuevas esferas

Con la nueva tecnología de espinosfera, ya no tendrá que preocuparse mucho más. Beneficiarse de propiedades de ladrillos no alcanzables anteriormente. La nueva espinela reduce el contenido de alúmina en un 70%, maximizando la flexibilidad sin afectar las propiedades en caliente y la resistencia a la fase líquida del clínker.

ANKRAL RX: rendimiento mejorado en condiciones difíciles.

rhimagnesita.com/spinosphere