

## ADITIVOS QUÍMICOS PARA HORMIGONES

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los morteros y hormigones de cemento contienen, a menudo, uno o más aditivos químicos, además del cemento, el agua, los agregados y las adiciones minerales. Su dosificación tiene por propósito modificar una o varias propiedades de las mezclas cementicias, mejorando sus prestaciones, ya sea en su estado fresco o endurecido. Si bien su uso no es esencial para todos los casos, su incidencia en las propiedades y desempeños de hormigones con funciones específicas los convierte en un componente necesario.

Los aditivos químicos son, comúnmente, disoluciones acuosas, obtenidas por combinación de productos procedentes del procesamiento de sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, o materiales de desecho de otras industrias, tales como la maderera, la de celulosa y papel, el procesamiento de cereales y oleaginosas, entre otras. Asimismo, su presentación en estado líquido facilita el suministro y acopio, a la vez que permite una dosificación más precisa respecto a los materiales presentados en estado sólido pulverulento. En el centro de la **Figura 1** se pueden observar dos bidones de almacenamiento de aditivos químicos en una planta hormigonera.



**Figura 1.** Depósitos de aditivos en planta hormigonera.

Las dosis de uso de estos materiales son, en comparación con los demás componentes de las mezclas, notoriamente menores, inferiores al 5% en masa con relación al contenido de cemento (típicamente, entre el 0,2 % al 2 %), aunque su influencia en las propiedades finales de los hormigones y morteros es significativa. Sus efectos pueden ser diversos, comprendiendo la modificación en la demanda de agua para lograr cierto nivel de consistencia, las propiedades reológicas de la mezclas, su aptitud para el bombeo, el tiempo de fraguado, sus propiedades resistentes y/o durables, entre otros aspectos. Además de las mejoras tecnológicas, el empleo de aditivos químicos adecuados y correctamente dosificados ofrece beneficios en asuntos de interés dentro del campo de la construcción sostenible, tales como:

- Mayor eficiencia y optimización en el diseño de mezclas de hormigón, mediante la reducción en el consumo de materiales (por ejemplo, agua y cemento) para una misma prestación, mejora en la efectividad de los materiales cementicios utilizados, uso de agregados marginales, entre otros aspectos.
- Reducción de las emisiones sonoras, consumo de energía, desgaste de componentes y elementos de elaboración del hormigón y de procesos de obra (colocación y compactación del hormigón), así como mayor productividad.
- Mejora en las propiedades durables del hormigón, prolongando su período de vida útil, bajo ciertas condiciones de exposición y ataque establecidas.
- Menores costos de operación y mantenimiento en estructuras de hormigón, a partir del uso de materiales óptimos, mejores acabados, mayor durabilidad y menor presencia de defectos constructivos.

**Nota 1.** La tecnología de los aditivos químicos ha progresado significativamente en las últimas décadas. Los avances y desarrollos en este campo se suceden con significativo dinamismo, por lo que las consideraciones incluidas en este documento revisten un carácter generalista.

## TIPOS Y CARACTERÍSTICAS

Los aditivos químicos suelen ser clasificados de acuerdo con su efecto principal, siendo los reductores de agua (plastificantes o fluidificantes) los de mayor utilización en el mercado argentino e internacional. De acuerdo con su formulación, algunos aditivos pueden proporcionar más de uno de estos efectos en forma combinada, facilitando las operaciones de suministro y dosificación, aunque ofreciendo menor versatilidad en el ajuste de cada efecto individual.

Los aditivos químicos de uso más frecuente son:

- Reductores de agua de bajo, medio o alto rango;
- Incorporadores de aire;
- Modificadores del tiempo de fraguado y/o endurecimiento (acelerantes o retardadores);
- Hidrófugos en masa;
- Inhibidores de corrosión

Otros tipos de aditivos empleados son los estabilizadores de hidratación (empleados para mantener la trabajabilidad de un hormigón por períodos prolongados, tales como en los casos de recuperación y reciclado de aguas de lavado y hormigones frescos), los reductores de la retracción en los morteros y hormigones (para elementos con requerimientos de baja contracción, tales como los pisos industriales sin juntas), los modificadores de viscosidad (para la mejora de la cohesión en hormigones autocompactantes con contenidos bajos de material fino y pulverulento, u hormigones a ser colocados bajo agua), los agentes espumígenos (para hormigones celulares livianos gaseosos), los aditivos para hormigones proyectados (acelerantes para fraguado de muy rápido efecto -2 minutos- y reducción del rebote), o los inhibidores de la reacción álcali-agregado (para

hormigones con agregados de reactividad alcalina potencial).

## MARCO NORMATIVO

En nuestro país, la norma IRAM 1663 establece los criterios y métodos de ensayo aplicables para el control de aptitud y caracterización de los aditivos químicos para hormigones. Otras normas internacionales, tales como las ASTM C494 y C260, y la UNE EN 934, pueden emplearse como material bibliográfico complementario y de referencia, por cuanto establecen consideraciones para este mismo alcance, aunque fuera del ámbito nacional.

## ASPECTOS GENERALES RESPECTO AL USO DE CADA ADITIVO

Las previsiones para el uso de un aditivo contemplan no sólo la dosis a suministrar, sino también su interacción con los demás materiales, su efecto en presencia de otros aditivos químicos, la oportunidad y el procedimiento de mezclado, y otros aspectos que condicionan su efecto.

Las dosis, usos y características que se mencionan en los siguientes apartados son de referencia, y corresponden a la aplicación más común. En el caso de la proporción de empleo de cada aditivo, su valor debe ser ajustado en cada caso en particular, teniendo en cuenta la intensidad del efecto requerido, las características de los materiales empleados, las prestaciones demandadas al hormigón, el tipo y naturaleza química del aditivo empleado, entre otros aspectos. Asimismo, la ejecución de ensayos de ajuste y verificación previos, tanteo en escala de laboratorio como en el sitio de elaboración y obra, permiten optimizar el uso de estos materiales en las cantidades adecuadas y con el grado de efectividad requerido, previniendo costos excesivos e inconvenientes indeseables durante la etapa de construcción. En todos los casos, se sugiere tener en cuenta el consejo del proveedor del aditivo, a los fines de lograr resultados óptimos, y evitar efectos secundarios significativos no deseados.

En general, los aditivos pueden ser suministrados en forma directa sobre la mezcla de mortero u hormigón,

durante la fase de mezclado, o ser incorporados junto con el agua de amasado. El proceso de mezclado debe garantizar una correcta homogenización del conjunto de sus componentes, antes de su empleo final en moldes o encofrados.

Cabe mencionar que, si bien el uso de aditivos químicos proporciona efectos benéficos en los morteros y hormigones, su empleo no reemplaza a una correcta selección de los materiales, el diseño y la dosificación del mortero o del hormigón. Los defectos significativos en los criterios y los procedimientos de dosificación pueden no ser factibles de corrección por el simple agregado de un aditivo, por lo que deben mantenerse las precauciones particulares del caso.

Los aspectos más importantes de los aditivos de mayor uso se indican a continuación:

#### **REDUCTORES DE AGUA DE BAJO Y MEDIO RANGO, PLASTIFICANTES Y ADITIVOS POLIFUNCIONALES**

Son agentes tensioactivos, que se adsorben superficialmente sobre las partículas más finas del material cementicio, y actúan como agentes dispersantes, evitando la formación de flóculos de partículas de cemento. Ello permite “liberar” agua contenida en tales aglomerados, permitiendo que ella contribuya a la fluidez de la mezcla, por lo que se optimiza el contenido de agua en la mezcla para alcanzar cierta consistencia, las condiciones de trabajabilidad, la distribución de las partículas de material cementicio en la mezcla y su hidratación temprana.

Generalmente, este tipo de aditivos son compuestos lignosulfonados, o bien sales de ácido hidroxicarboxílicos y derivados de polisacáridos.

Los plastificantes ofrecen un poder de reducción de agua del orden del 5 % al 10-12%. Los aditivos “polifuncionales” o reductores de medio rango permiten incrementar el efecto en hasta un 15%, dependiendo de la dosis empleada. Químicamente, los aditivos polifuncionales son, genéricamente, lignosulfonatos.

En ambos casos, su efecto es persistente durante el estado fresco, a diferencia de los aditivos súper plastificantes, a la vez que admiten ser re-dosificados en una mezcla, incrementando el efecto alcanzado inicialmente con la dosis primaria.

Dosis de uso: A menudo, en proporciones del orden del 0,2 al 0,5 % respecto a la masa del cemento para los aditivos plastificantes, y el 0,4 al 1,0% en el caso de los polifuncionales.

En general, los mejores resultados de su adición se obtienen al agregarlo a la mezcla con el cemento pre-hidratado, 1 a 2 minutos más tarde que la incorporación del agua de amasado.

Aplicaciones más comunes:

- Incremento del asentamiento de una mezcla de hormigón, manteniendo invariables los contenidos de agua y material cementicio;
- Reducción del contenido de agua y la relación agua/ material cementicio en la mezcla, para cierta consistencia establecida y respecto a una mezcla sin agregado de aditivo;
- Reducción del contenido de agua y cemento, conservando la misma relación agua / material cementicio, para cierta consistencia establecida y respecto a una mezcla sin agregado de aditivo.

En la **Tabla 1** se incluyen referencias del ámbito de aplicación de estos aditivos respecto a los reductores de mayor rango.

**Tabla 1.** Aditivos reductores de agua. Selección de producto según la consistencia deseada <sup>1</sup>.

Nivel de reducción de agua (producto)	Tipo de consistencia según CIRSOC 201 (tabla 5.1)	Relación agua / material cementicio a emplear
Bajo (Plastificantes)	Seca a plástica	> 0,50
Medio (Polifuncionales)	Plástica	0,45 a 0,65
Alto (Superfluidificantes)	Muy plástica a fluida	0,40 a 0,65
Muy alto (Hiperfluidificantes)	Fluida a muy fluida, hormigones autonivelantes y los autocompactantes	0,28 a 0,65

<sup>1</sup> Adaptada de la Tabla 5.2 del “Manual de Tecnología de Aditivos para Hormigón”, de la Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE), Grupo de trabajo 2/3. ISBN 978-84-89670-70-9.



**Figura 2.** Hormigón de consistencia seca a muy seca.



**Figura 4.** Hormigón de consistencia fluida.



**Figura 3.** Hormigón de consistencia plástica a muy plástica.

**Otras consideraciones:** Algunos reductores de agua pueden ocasionar efectos secundarios de incorporación de aire en el hormigón y retardo en el fraguado; ello debe observarse en particular para cada producto y la dosis utilizada. En caso de utilización en combinación con otros aditivos, debe estudiarse su compatibilidad.

**REDUCTORES DE AGUA DE ALTO Y MUY ALTO RANGO, SUPERPLASTIFICANTES E HIPERFLUIDIFICANTES**

Su mecanismo de acción es similar al mencionado para los reductores de rango menor, con un efecto dispersante de

los flóculos de partículas de material cementicio, por repulsión electrostática (aditivos convencionales) o estérica (aditivos de base carboxilato). Sin embargo, su composición química suele ser diferente a los anteriores (naftaleno sulfonados y formaldehidos, sulfonados melamínicos, o polímeros policarboxilatos y poliacrilatos), y la duración de su efecto es del orden de 45 a 60 minutos, aunque existen en el mercado productos de efecto más prolongado. En general, suelen agregarse a la mezcla poco tiempo antes del inicio de la descarga del hormigón, en virtud a la duración de su efecto. Admiten ser re-dosificados en 1 oportunidad, aunque se requiere alta especialización del personal a cargo para evitar sobredosificaciones.

**Dosis de uso:** Se emplean, típicamente, en dosis comprendidas entre el 0,3 y 1,0-1,5% respecto a la masa de cemento. En general, los mejores resultados se obtienen al agregarlo a la mezcla con el cemento pre-hidratado.

**Aplicaciones más comunes:** Similarmente a lo mencionado para los aditivos plastificantes, aunque con un efecto más intenso (reducción del 12 al 30-40%). Se utilizan, en particular, en hormigones de consistencias fluidas a muy fluidas, hormigones bombeados, autonivelantes y los autocompactantes, hormigones de acabado arquitectónico, y los de altas prestaciones que emplean relaciones agua/material cementicio bajas a muy bajas, entre otros casos. En la **Tabla 1** se incluyen referencias respecto al ámbito de aplicación de estos aditivos respecto a los reductores de menor rango.

**Otras consideraciones:** Al igual que en el caso de los plastificantes, pueden ocasionar un ligero incremento del contenido de aire incorporado y el tiempo de fraguado de la mezcla. Dada la intensidad de su efecto, su dosificación debe ser cuidadosa, evitando sobredosificaciones, con eventuales pérdidas de estabilidad en la mezcla, excesiva exudación y/o segregación, o alteración del tiempo de fraguado. En caso de utilización en combinación con otros aditivos, debe estudiarse su compatibilidad.

### **INCORPORADORES DE AIRE**

Son agentes tensioactivos, producen la inclusión de un

sistema estable de microburbujas de aire en la pasta de cemento, no interconectadas, de tamaños y formas relativamente uniformes, con efectos benéficos las propiedades durables de los hormigones y su reología en estado fresco –en particular, en hormigones poco cohesivos, con tendencia a la segregación- (ver Usos más comunes). Su formulación química proviene, comúnmente, de sustancias orgánicas, tales como las resinas de la madera, grasas y aceites animales o vegetales, hidrocarburos sulfonados, o detergentes sintéticos.

**Dosis de uso:** generalmente, en valores comprendidos entre el 0,02 % y 0,10% en masa, respecto al cemento.

**Aplicaciones más comunes:** en condiciones de exposición del hormigón frente a ciclos de congelamiento y deshielo, el sistema de poros incorporado permite aliviar las tensiones derivadas de la expansión por congelamiento del agua presente en la matriz cementicia del hormigón endurecido, y evita el deterioro asociado por su acción cíclica. También puede contribuir a reducir la absorción capilar.

En el estado fresco del hormigón, la inclusión intencional de aire favorece la trabajabilidad y cohesión de la mezcla, con particular beneficio para los hormigones de aspecto pedregoso y bajo contenido de finos, los de bajo asentamiento que se transportan en vehículos sin sistema de agitación (por ejemplo, en trabajos de pavimentación con tecnología de alto rendimiento con encofrado deslizante), y los empleados para la fabricación de elementos pretensados moldeados por extrusión.

El uso de estos aditivos reduce la exudación en las mezclas de hormigón, y contribuye a evitar efectos de segregación.

**Otras consideraciones:** el aumento en el contenido de aire en el hormigón ocasiona una reducción de su resistencia mecánica (aproximadamente, 5% por cada 1% de aire adicional incorporado).

El efecto de inclusión de aire puede variar en función a las características de los materiales, tal como la finura del cemento empleado, la granulometría de los agregados finos, el uso de adiciones minerales, la temperatura del hormigón, las condiciones de amasado del mortero u

hormigón.

En caso de utilización en combinación con otros aditivos, debe estudiarse su respectiva compatibilidad. Es recomendación que el suministro se realice en forma separada, cuando se empleen otros aditivos en la misma mezcla.

### **MODIFICADORES DEL TIEMPO DE FRAGUADO Y/O ENDURECIMIENTO (ACELERANTES O RETARDADORES)**

Actúan sobre la reacción de hidratación del cemento, modificando el tiempo de fraguado y/o la ganancia temprana de resistencia. Los acelerantes son, generalmente, formulaciones en base a cloruro de calcio, nitrato de calcio o tiocianato de sodio. En cambio, los retardadores son compuestos desarrollados en base a ácidos hidroxicarboxílicos, ligninas, azúcares y sales de ácido fosfórico o fosfónico, entre otros.

Sus efectos pueden variar en función a la temperatura de ambiente de trabajo y del hormigón, el tipo y contenido de cemento utilizado, y la relación agua/ material cementicio, entre otros aspectos principales.

**Dosis de uso:** usualmente, en dosis del orden del 0,5 al 2,0 %.

**Aplicaciones más comunes:** en el caso de los acelerantes, en condiciones de trabajo en clima frío, requerimientos de rápido fraguado y/o endurecimiento por necesidades de temprana remoción de encofrados o moldes, y rápido ingreso en servicio del elemento. Los retardadores se emplean para extender la ventana de trabajabilidad del hormigón para trabajo en clima caluroso, evitar la formación de juntas frías en el hormigón, o en el caso de requerirse períodos de transporte prolongados antes de su colocación.

**Otras consideraciones:** los aditivos acelerantes formulados en base a cloruro de calcio no son recomendados para su empleo en hormigones destinados a elementos armados o pretensados, por promover la corrosión de elementos metálicos ferrosos.

El uso de aditivos acelerantes puede afectar el desarrollo

de resistencia a largo plazo, con valores finales menores que los obtenidos sin uso de dichos aditivos.

En caso de utilización en combinación con otros aditivos, debe estudiarse su compatibilidad.

### **HIDRÓFUGOS EN MASA**

Facilitan una reducción de la absorción capilar y flujo de agua a través del hormigón endurecido, por repelencia al agua. Su efecto es particularmente favorable en el caso de gradientes de presión de agua relativamente bajos; en otras condiciones, su efecto puede no ser significativo. A tales fines, una alta compacidad de la mezcla de hormigón, en base al arreglo de su esqueleto granular, la eficiencia de los medios de compactación, y una baja relación agua/ material cementicio son aspectos necesarios para alcanzar la reducción de la absorción capilar.

Suelen ser productos orgánicos, en base a compuestos hidrocarbonados, alcoholes, ácidos grasos, látex, derivados de siliconas o parafinas.

Pueden contribuir a la reducción de formación de eflorescencias en el hormigón, preservando sus cualidades estéticas y acabado final superficial.

**Dosis de uso:** de acuerdo con la indicación del proveedor. Se sugiere efectuar un amasado adicional luego del mezclado inicial de los materiales componentes y el aditivo hidrofugante.

**Aplicaciones más comunes:** en hormigones destinados a condiciones de servicio con grados de ataque externos moderados a severos y en contacto con cuerpos de agua, tales como: muros de sostenimiento y submuración en sótanos, cimentaciones, estructuras de contención o conducción de agua, elementos de uso ornamental con acabado del hormigón a la vista.

Contribuyen a mejorar la durabilidad de los hormigones, a partir de minimizar el ingreso de sustancias de acción deletérea.

**Otras consideraciones:** algunos hidrófugos pueden presentar un efecto inclusor de aire en el hormigón cuando se utilizan en dosis elevadas, y de ligera reducción de la

resistencia mecánica.

## INHIBIDORES DE CORROSIÓN

Inhiben o reducen la corrosión de elementos metálicos ferrosos presentes en la masa de hormigón, por pasivación de las áreas catódicas y/o anódicas del acero, favoreciendo la durabilidad de las estructuras y, por tanto, minimizan los costos de remediación derivados por daño debido a la corrosión. Para una óptima preservación de las armaduras frente a la corrosión, es necesaria la aplicación de otros factores, tales como una adecuada compactación, el empleo de bajas relaciones agua/material cementicio, uso de espesores de recubrimiento apropiados y la aplicación de métodos de curado eficaces. El sólo uso de este tipo de aditivo no garantiza, con independencia de los restantes factores, la eficacia de la solución.

Su formulación puede efectuarse en base a nitritos, nitratos, cromatos, sales de zinc y magnesio, aminas, amino-alcoholes y amino-carboxilatos.

Pueden contribuir benéficamente en la reducción de la carbonatación del hormigón.

**Dosis de uso:** de acuerdo con la indicación de su fabricante. La dosis a suministrar se debe ajustar en función a la vida útil en servicio proyectada, las características de los materiales empleados (tipo de cemento, adiciones, relación agua/material cementicio), y los resultados de ensayos acelerados para evaluación del daño por corrosión.

Se suministran en estado líquido, y se agregan a la mezcla de hormigón junto con el agua de amasado, descontando de ella el volumen líquido dosificado por el aditivo.

**Aplicaciones más comunes:** en estructuras de hormigón armado y/o pretensado en ambientes marinos, exposición a ataque por cloruros, o donde se detecten condiciones de eventual deterioro de armaduras por corrosión.

**Otras consideraciones:** no suelen afectar la trabajabilidad del hormigón, aunque pueden ocasionar una ligera disminución de la resistencia mecánica.

**Nota 2.** Dada la gran variedad de aditivos químicos disponibles en el mercado y su continua evolución, en todos los casos resulta recomendable seguir las indicaciones particulares de uso de cada producto que informa su proveedor. En términos generales, ellas prevalecen respecto a las indicaciones orientativas aquí mencionadas.

## CONTROL DE CALIDAD

Los procedimientos de control consisten, esencialmente, en determinaciones físicas y químicas del producto, comprendiendo aspectos tales como su color, densidad, residuo sólido por secado en estufa a 105°C, pH, contenido de cloruros solubles en agua, alcalinos, o resultados de desempeño de pastas cementicias, morteros u hormigones. En la mayoría de los casos, el análisis de los resultados se efectúa en consideración de parámetros de referencia tipificados para cada producto por su fabricante, o por comparación de una mezcla de hormigón elaborada con aditivo respecto a otra sin él, estableciendo criterios de máxima discrepancia.

Los controles deben efectuarse sobre todos los lotes de aditivos, con conveniente trazabilidad e identificación de cada remesa. A menudo, las empresas fabricantes de aditivos cuentan con procesos de control interno de sus productos y, ante la solicitud de sus usuarios, pueden proporcionar información al respecto.

En la **Tabla 2** se incluyen los requisitos de aptitud establecidos para los aditivos de uso más difundido, en base a la comparación del desempeño en mezclas de hormigón.

**Tabla 2.** Requisitos principales de control de aptitud de aditivos químicos en su desempeño en hormigones, según la norma IRAM 1663.

Aditivo	Discrepancia admisible al valor especificado por el fabricante (V)			Discrepancia entre el resultado del hormigón con aditivo respecto al de referencia, en %												
	pH	Res. Sólido	Densidad	Agua de amasado para igual consistencia	Tiempo de fraguado		Contenido de aire en el H°	Capacidad de exudación	Resistencia a la compresión							
					Inicial	Final			1d	3d	7d	28d	6m	1a		
Fluidificante	± 1	± 10 % (si V < 20%)	± 0,01 g/cm <sup>3</sup>	≤ 95	Mín.: - 60 Máx.: + 90		< 1,0	s/req	-	110	110	100	100			
Super-fluidificante					Mín.: - 60 Máx.: + 90				< 1,0	s/req	140	125	115	110	100	100
Acelerante de fragüe					Mín.: - 60 Máx.: - 210	Mín.: - 60 Máx.: ---			< 1,0	s/req	-	125	100	100	90	90
Retardador de fragüe					Mín.: - 60 Máx.: - 210	Mín.: - 60 Máx.: ---			< 1,0	s/req	-	≥ 90	90	≥ 90	90	90
Incorporador de aire					Mín.: --- Máx.: ± 75	Mín.: --- Máx.: ± 75			< 1,0	< 2,0	-	≥ 90	90	≥ 90	90	90

Estos requisitos presentan exclusiones. Para mayor información, consultar la norma IRAM 1663.

### CONSIDERACIONES GENERALES PARA SU ALMACENAMIENTO, USO E IMPACTO AMBIENTAL

Por su composición y características (disoluciones acuosas y, comúnmente, biodegradables), los aditivos no suelen requerir precauciones particulares en relación con su manipulación, por no ocasionar, en condiciones normales, riesgos para la salud de las personas. Es recomendable evitar el contacto directo de estos materiales con los ojos y la piel, y su ingesta y/o inhalación.

En relación con las condiciones de almacenamiento, deben

seguirse las indicaciones de cada fabricante. En caso de períodos de acopio prolongados, es conveniente efectuar ensayos de control que verifiquen la aptitud del material, antes de su empleo. En tal caso, es recomendable tener en cuenta las sugerencias del respectivo proveedor.

Bajo criterios generales, resulta preferente evitar la exposición a temperaturas extremas (por ejemplo, de congelamiento), y la incidencia directa de radiación solar.

El suministro de los aditivos se realiza en unidades individuales de 200 dm<sup>3</sup>, tal como se muestra en la Figura

5 o a granel líquido en vehículos de transporte con descarga posterior hacia tanques contenedores específicos. Cada producto debe contar con una identificación unívoca, consignado aspectos de trazabilidad, evaluación de aptitud y fecha de caducidad.

Dado que las dosis con las que se emplean los aditivos en los hormigones son muy reducidas, su impacto sobre el ambiente es exiguo. Ensayos rigurosos de laboratorio han demostrado esta condición, no habiéndose detectado migración de componentes desde hormigón hacia el ambiente en cantidades significativas a lo largo de su vida útil.



Figura 5. Sistema de acopio de aditivos en planta.



Líderes en  
Innovación y  
Transferencia  
Tecnológica