



# Estudio “Bases técnicas Protocolo de Implementación de la Resolución 549/15 de Bogotá”

---

Elaborado por:

Alianza Setri-Simgea para el Programa Building Efficiency Accelerator (BEA) Bogotá

Ing. Angélica M Ospina, PhD

Ing. Juan Barbosa, MSc

Ing. Alejandra Ovalle, MSc

Ing. Julio Duarte, MSc

Ing. Tatiana Carreño, MSc

Ing. Adriana Ascencio, MSc

Ing. Sebastián Hurtado

Ing. Nicolás Martínez

Ing. Jholver Hoyos

Bogotá. Diciembre de 2017

---



## Resumen Ejecutivo

Este estudio tiene como primordial objetivo el desarrollo de las bases técnicas para crear un Protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015 (Guía para el ahorro en agua y energía en edificaciones del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio) para la ciudad de Bogotá. En el marco del Programa *Building Efficiency Accelerator* (BEA) se cree firmemente que, al desarrollar una herramienta concreta, clara y estandarizada, la cual todos los proyectos nuevos de la ciudad puedan implementar, que permita materializar el cumplimiento de la Resolución 549/15, se aumentarán notablemente los ahorros en términos de agua y energía de la ciudad, y se contribuirá con el cumplimiento de las metas. Tomando como base el potencial de la actividad de la construcción se determinó llevar a cabo el estudio para las siguientes 10 tipologías: VIP (vivienda de interés prioritario), VIS (vivienda de interés social), vivienda de estratos 3 y 4, vivienda de estratos 5 y 6, oficinas, centros comerciales, hoteles, colegios, hospitales y educación superior.

Con el fin de establecer una metodología clara y estandarizada para el desarrollo de estas bases técnicas, el equipo del Programa BEA de la ciudad de Bogotá se asesoró del *World Resources Institute* (WRI) y del *Pacific Northwest National Laboratory* (PNNL), un socio global del BEA, entidades expertas en el desarrollo de códigos de eficiencia energética a nivel internacional. La metodología propuesta por el PNNL fue adaptada a las condiciones y necesidades locales, y se conservó toda la integridad y rigurosidad técnica propuesta. La metodología usada para el desarrollo de estas bases técnicas se basó en cinco pasos principales.

El primero consistió en hacer un reconocimiento de las prácticas tradicionales actuales de construcción. Esto se hizo por medio de entrevistas a 18 constructores diferentes. Se recogieron datos de 48 proyectos construidos en los últimos tres años o que se encuentren en proceso de construcción y que no hayan cursado o estén cursando ningún proceso de certificación en sostenibilidad. Con base en la información recolectada se hizo un tratamiento estadístico y se determinaron un conjunto de características y parámetros específicos para cada una de las tipologías del estudio. Este conjunto de características y parámetros se denominó paquete primario de la práctica tradicional.

El segundo paso fue establecer la comparación o brecha entre esa práctica tradicional y una línea base estandarizada. En el caso de la energía se utilizó la línea base del Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016 y en el caso del agua se utilizó una línea base generada a partir de la Norma Técnica Colombiana 1500 (NTC 1500). La comparación o brecha entre la práctica

---

tradicional y la línea base estandarizada fue utilizada para generar un factor de ajuste de la línea base para obtener una línea base ajustada a las condiciones locales.

El tercer paso consistió en determinar un porcentaje de ahorro obligatorio tanto para agua como para energía. El porcentaje obligatorio se estableció por medio de una metodología muy robusta de simulación, teniendo dos objetivos principales. El primero fue buscar la equivalencia con el ahorro que pide la Resolución y el segundo fue que dicho ahorro se pueda lograr con unas inversiones adicionales con respecto a los costos directos de construcción topes acordadas con la Secretaría Distrital de Planeación (SDP). Las inversiones topes acordadas son 0,3% para proyectos VIP, 0,5% para proyectos VIS y para colegios, y 1% para todas las otras tipologías del estudio. Con el fin de llegar al ahorro que cumpliera todas las condiciones descritas se hicieron varias iteraciones con modificaciones a los paquetes de simulación.

El cuarto paso se basó en determinar un porcentaje de ahorro voluntario para todas las tipologías y un segundo porcentaje de ahorro para VIP, VIS y vivienda estrato 3 y 4. El objetivo del primer ahorro voluntario fue determinar los ahorros que se podrían lograr con unos topes mayores de inversión con respecto a los costos directos de construcción. Los topes para los ahorros voluntarios acordados con la SDP y fueron 0,5% para proyectos VIP, 1% para proyectos VIS y colegios, 2% para viviendas estrato 3 y 4, y 3% para todas las otras tipologías del estudio. El objetivo de los segundos ahorros voluntarios fue determinar las inversiones que se requerirían si cambian las características de envolvente para mejorar las condiciones de confort de los proyectos VIP, VIS y estrato 3 y 4. Este segundo objetivo no era un objetivo inicial de la consultoría, sin embargo con los resultados del paso 2 se identificó la importancia. Con el fin de lograr todos los objetivos descritos se hicieron varias iteraciones con modificaciones a los paquetes de simulación.

El cuarto paso consistió en desarrollar una recomendación técnica con respecto al contenido, metodología y formatos de cumplimiento y revisión que podría tener el protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015. Este se basó en generar un método de desempeño para todos los proyectos y en un método prescriptivo para proyectos inferiores a 5.000 m<sup>2</sup> excluyendo parqueaderos o proyectos de menos de 250 unidades de vivienda para VIP y VIS.

Los principales resultados de este estudio se resumen en la siguiente tabla:

---



**Building Efficiency  
Accelerator**



	Brecha [%]	Ahorro Cumplimiento Res 549 [%]	Inversión* [%]	Ahorro Obligatorio Propuesto	Inversión Objetivo* [%]	Inversión* [%]	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Voluntario 1 [%]	Inversión Objetivo* [%]	Inversión* [%]	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Voluntario Confort [%]	Inversión* [%]	Periodo de Retorno [años]
<b>Vivienda VIP</b>														
Energía	127.9	NA	NA	17	0.3	0.2	0.2	21	0.7	0.67	0.6	27	3.9	2.2
Agua	96.7	NA	NA	19				29.5				NA		
<b>Vivienda VIS</b>														
Energía	114	NA	NA	22	0.5	0.36	0.4	30	1	0.9	0.6	32	3.91	2.5
Agua	94.7	NA	NA	19				34				NA		
<b>Vivienda Estrato 3 y 4</b>														
Energía	100.5	25.5	1.48	26	1	1	1.9	30	2	1.63	2.6	31	3.7	4
Agua	93.3	31.5		33				41				NA		
<b>Vivienda Estrato 5 y 6</b>														
Energía	88.3	21	0.88	26	1	0.47	1.2	30	3	1.38	2.8	NA	NA	NA
Agua	93.3	31.5		33				41				NA		
<b>Oficina</b>														
Energía	103.7	20	1.42	26	1	0.58	0.9	33	3	0.74	0.9	NA	NA	NA
Agua	85.8	42.4		44				53				NA		
<b>Centro Comercial</b>														
Energía	86.1	19	0.31	20	1	0.4	1.5	28	3	0.75	2.1	NA	NA	NA
Agua	80	35.6		39				48				NA		
<b>Hotel</b>														
Energía	83.1	9	0.94	16	1	0.75	3.4	20	3	1.25	4.6	NA	NA	NA
Agua	86.4	29.6		24				32				NA		

	Brecha [%]	Ahorro Cumplimiento Res 549 [%]	Inversión* [%]	Ahorro Obligatorio Propuesto	Inversión Objetivo* [%]	Inversión* [%]	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Voluntario 1 [%]	Inversión Objetivo* [%]	Inversión* [%]	Periodo de Retorno [años]	Ahorro Voluntario Confort [%]	Inversión* [%]	Periodo de Retorno [años]
<b>Colegio</b>														
Energía	89.4	8	1.2	14	0.5	0.24	0.3	23	1	0.5	0.5	NA	NA	NA
Agua	79.8	38		40				48				NA		
<b>Hospital</b>														
Energía	110.9	18	1.12	20	1	0.29	0.3	34	3	0.66	0.4	NA	NA	NA
Agua	84.3	33.4		35				49				NA		
<b>Educación Superior</b>														
Energía	103.7	20	1.42	26	1	0.58	0.9	33	3	0.74	0.9			
Agua	85.8	42.4		44				53						

\*Con respecto a los costos directos de construcción.

Las principales conclusiones con respecto a la composición de los paquetes primarios de la práctica tradicional tomadas del Capítulo 2 del estudio son las siguientes:

- Se ha generado un avance importante a nivel de la industria de la construcción en Bogotá en los últimos años, ya que se encuentra que, para todas las tipologías, con excepción de las viviendas de interés prioritario, existen buenas prácticas a nivel de sostenibilidad que han sido absorbidas por los constructores como parte de su práctica tradicional.
- Se resalta que la mayor parte de los proyectos comerciales o institucionales entrevistados como parte de este estudio utilizan como parte de su práctica tradicional iluminación LED y aparatos sanitarios ahorradores. Esto puede deberse principalmente a la disminución de costos de inversión en estas tecnologías y a los grandes ahorros que generan, mostrando usuarios cada vez más comprometidos con los ahorros.
- A nivel residencial se encuentra que los constructores de vivienda de interés social han comenzado a incluir buenas prácticas como el uso de sanitarios de doble descarga, mientras que los constructores de estratos 3, 4, 5 y 6 han involucrado el uso de sanitarios de doble descarga y lavamanos ahorradores, de igual forma que la práctica de entregar las unidades residenciales con toda la iluminación instalada, inclinándose por que esta sea LED. Adicionalmente, en el caso exclusivo de los proyectos de estratos 5 y 6, prima actualmente el uso de calderas centrales de calentamiento de agua a gas, las cuales son por lo general más eficientes que otro tipo de calentadores.
- A nivel de envolvente la principal práctica que se a involucrado en los proyectos de oficinas, educación superior y centros comerciales ha sido el uso de vidrios de protección solar, esto puede deberse a que la inversión en estos materiales no es tan alta y los ahorros energéticos son buenos debido a las condiciones de radiación de la ciudad.
- Probablemente debido a los requerimientos del mercado, el sector hotelero es el que más se ha preocupado por los temas de confort. Por esto manejan una envolvente bastante aislada en comparación con lo que se encuentra en otros sectores.
- A nivel de envolvente los proyectos residenciales, especialmente en los casos de VIP, VIS y estratos 3 y 4, tienen muy poco aislamiento y usan vidrio crudo, por lo que se prevén posibles problemas a nivel de confort. Esto difiere un poco para los proyectos de estratos 5 y 6 principalmente por la incorporación de doble muro en muros exteriores y el uso de vidrio laminado. Este cambio en especificaciones se da principalmente por requerimientos acústicos, sin embargo tiene una repercusión en el comportamiento térmico de la vivienda.

Las principales conclusiones con respecto a la comparación de las prácticas tradicionales actuales con respecto a una línea base estandarizada y estable generada a partir del Apéndice

---

G del ASHRAE 90.1 2016 para el caso de energía, y de la NTC 1500 para el caso de agua tomadas del Capítulo 3 de este estudio son las siguientes:

- A nivel de energía se encontraron brechas positivas o neutras, es decir una mejora o igualdad en los consumos de los paquetes primarios de la práctica tradicional con respecto al Apéndice G del ASHRAE 90.1 2016, para la mayoría de las tipologías. Sin embargo, se encuentra una diferencia muy importante a nivel de los proyectos VIP y VIS, donde se evidencia un problema grande a nivel de confort, ya que el principal consumo que genera dicha brecha es la calefacción virtual que hace parte del estudio. Esto se debe principalmente a las bajas especificaciones que tienen los proyectos de este tipo a nivel de envolvente.
  - De igual forma los proyectos estrato 3 y 4 también evidencian un problema de confort un poco menor, sin embargo su brecha es neutra debido a las mejoras que tiene la tipología en iluminación que compensa el ahorro. Hoy en día gran parte de los constructores entregan iluminación LED en este tipo de viviendas.
  - Con excepción de los proyectos VIS y VIP, se encuentra que los paquetes primarios de todas las tipologías involucran iluminación LED, en general esta es la principal medida de eficiencia energética que se está utilizando en la actualidad, esto es muy positivo teniendo en cuenta que para todas las tipologías el sistema de iluminación es uno de los que mayores consumos genera. Esto muestra que, por el clima de la ciudad de Bogotá, independiente de la tipología, uno de los principales potenciales de ahorro siguen estando en el sistema de iluminación.
  - A nivel de ventilación y climatización cuatro de las tipologías en estudio utilizan sistemas mecánicos para una porción importante de la edificación; estas son oficinas, centros comerciales, hoteles y hospitales. Sin embargo, se encuentran diferencias importantes en los porcentajes de ahorro para los consumos de este sistema para cada tipología, ya que el tipo de sistema usado es muy diferente. En el caso de las oficinas y los centros comerciales, aun priman los sistemas exclusivos de torres de enfriamiento, los cuales tienen un desempeño inferior al de la línea base. En los casos de hotel y hospitales se utilizan primordialmente sistemas de volumen de refrigerante variable (VRF por sus siglas en inglés) y enfriadores condensados por aire respectivamente, que son sistemas que en las condiciones de operación de Bogotá son más eficientes.
  - Para desarrollar las modelaciones energéticas, para todas las edificaciones en las que en los paquetes primarios de las prácticas tradicionales se tenía ventilación natural, se incluyó un sistema virtual de ventilación, refrigeración y calefacción, igual al de la línea base. Esto se hizo dado que no se podría verificar como parte del alcance de este estudio, hasta que punto los sistemas naturales eran idóneos para generar las renovaciones necesarias, ni para abatir las cargas térmicas de los proyectos. Se recomienda que siempre que se vaya a incluir un sistema de ventilación natural en un proyecto se haga un diseño bioclimático completo que logre garantizar la buena calidad del ambiente interior.
-



- En el caso específico de los proyectos residenciales y hoteleros, el consumo de agua caliente es uno de los consumos más altos que existen tanto a nivel de agua como de energía, por lo que todas las medidas de eficiencia encaminadas a reducir la cantidad de agua caliente requerida o a mejorar la eficiencia de este sistema, tiene una repercusión importante en los consumos globales de la edificación. En todos los casos se encuentra que las duchas tienen caudales similares a los de la NTC 1500, por lo tanto, no se generan ahorros en cuanto a la cantidad de agua caliente requerida. Sin embargo, para las tipologías de vivienda de estratos 5 y 6 y de hotel los sistemas de calentamiento de agua son centrales, por lo que tienen una mejor eficiencia, llevando a lograr ahorros en este sistema.
  - Con respecto al consumo de agua por sanitarios, se encuentra con satisfacción, que con excepción de la tipología VIP, todas las otras tipologías incluyen algún tipo de tecnología ahorradora. Las viviendas VIS, estrato 3 y 4, estrato 5 y 6, y hoteles utilizan sanitarios de doble descarga, los cuales tienen unos consumos ligeramente menores que los de la línea base. Por su parte los edificios de oficinas, centros comerciales, hospitales (zonas comunes), y todos los proyectos educativos utilizan sanitarios con fluxómetro ahorrador generando un mayor ahorro con respecto a la línea base.
  - Con excepción de los proyectos residenciales y hoteleros, donde los principales consumos se dan por duchas y por sanitarios, para todas las otras tipologías los mayores potenciales de ahorros se dan tanto en lavamanos como en sanitarios.
  - En términos generales todas las tipologías tienen una brecha positiva con respecto a la NTC 1500, lo que muestra la evolución que ha tenido la industria en los últimos años.
  - Teniendo como base los resultados tanto para agua, como para energía, se infiere que la incorporación de las medidas de eficiencia se ha dado, por un lado, por el jalonamiento del mercado. Es por esto por lo que la tipología con mejor desempeño es la hotelera, y por otro lado por la implementación de buenas prácticas en el sector, como es el caso de los colegios. Por otra parte, las tipologías con más bajos desempeños globales son VIP, VIS y en términos energéticos los hospitales. En el caso de VIP y VIS puede ser por la baja posibilidad que tiene el usuario final de exigir una mejora y por los fuertes topes económicos que tiene que asumir el constructor. En el caso hospitalario, aunque hay una gran oportunidad de mejora en temas de confort, las cargas de procesos son grandes, lo que baja el potencial de ahorro de los otros sistemas.
  - Se recomienda hacia adelante realizar un estudio térmico profundo, el cual no está dentro del alcance del presente estudio, para brindar lineamientos de política pública hacia las mejoras en las condiciones térmicas de las viviendas VIS, VIP y estratos 3 y 4. La promoción de óptimas condiciones térmicas tiene repercusiones en temas de salud y bienestar.
  - De igual forma se recomienda hacia adelante realizar un estudio de iluminación que evalúe los diseños que actualmente se realizan para VIS y VIP, ya que en los modelos se evidencia un ahorro en iluminación para estas tipologías. Sin embargo, la tecnología asociada a los paquetes primarios es fluorescente compacto, lo que con un diseño
-

estándar no debería dar consumos menores a la línea base. Por lo tanto, el ahorro puede darse por sub-iluminación de los espacios, lo cual afecta la calidad visual y la salud de los ocupantes.

Las principales conclusiones con respecto a la determinación de porcentaje obligatorio tomadas del Capítulo 4 de este estudio son los siguientes:

- Una de las principales conclusiones de este estudio es que sí es posible lograr proyectos de alto desempeño en la ciudad de Bogotá, donde se puedan lograr ahorros importantes, de una manera costo-efectiva. En otras palabras, por medio de la implementación de medidas que no impliquen grandes inversiones por parte de los constructores, pero que generen ahorros energéticos y de agua importantes que contribuyan a cumplir las metas de ahorro de la ciudad y a cumplir con lo establecido en la normativa nacional (Res.549/15). Una de las principales razones para lograr esta costo-efectividad es la transformación que ha tenido la industria de la construcción, lo que ha llevado a que varias de las medidas de ahorro requieran cada vez una menor inversión para su implementación.
  - Se lograron establecer unos porcentajes de ahorro para todas las tipologías, con los cuales se logra equiparar o sobrepasar los ahorros que se logran al implementar la Resolución 549 de 2015 dentro de este mismo método, logrando demostrar la equivalencia entre el método propuesto y la Resolución. Por lo tanto, los proyectos inmobiliarios que implementen el método propuesto por este estudio estarán en cumplimiento con la Resolución.
  - Los valores absolutos de los ahorros obtenidos como parte de este estudio no son comparables, con los valores de los ahorros pedidos por la Resolución, ya que las líneas base y los métodos de cálculo son diferentes. La equivalencia sólo puede ser evaluada con base en la comparación de los resultados bajo un mismo método y con respecto a la misma línea base, de un paquete que cumpla la Resolución.
  - Metodología usada en este estudio para demostrar la equivalencia. Los ahorros entre las tipologías no son comparables, ya que cada uno se estableció con respecto a la línea base ajustada a la práctica común de la tipología específica. Sin embargo, si son muy útiles para evaluar proyectos dentro de la misma tipología.
  - Se establecieron porcentajes de ahorro obligatorios para todas las tipologías incluyendo VIP y VIS. Las inversiones adicionales estimadas con respecto a los costos directos de construcción para estas dos tipologías son del 0.20% y del 0.36% respectivamente, lo que se considera un monto factible de absorber por parte de los constructores de este tipo de vivienda. Por lo tanto se recomienda que se pida el cumplimiento obligatorio para todas las tipologías estudiadas, ya que teniendo en cuenta el número de viviendas, especialmente VIS, que se construyen en Bogotá cada año, esta exigencia tendría una repercusión importante en el cumplimiento de las metas de ahorro de agua y energía de la ciudad.
-

- Los constructores de vivienda VIP podrían lograr los ahorros requeridos solamente entregando instaladas todas las duchas de la unidad residencial y que estas sean ahorradoras, ya que el consumo de agua caliente es el mayor consumo de energía y de agua para esta tipología.
  - Por su parte los constructores de vivienda VIS podrían lograr los ahorros requeridos si entregan la iluminación instalada y que esta sea tipo LED, al igual que las duchas ahorradoras.
  - La ciudad de Bogotá tiene un clima muy benéfico, por lo tanto, la implementación de un buen diseño de ventilación natural tiene asociado un excelente potencial de ahorro energético y puede contribuir a mejorar las condiciones de confort notablemente. Por esta razón esta medida de eficiencia se incluyó como parte del paquete obligatorio para todas las tipologías. En algunas tipologías en las cuales por los requerimientos funcionales puede llegarse a necesitar un sistema mecánico, se recomendó la ventilación natural para por lo menos algunas zonas de la edificación donde su implementación sea funcional y factible. Para que esta estrategia pueda contribuir con los ahorros, se debe realizar un diseño de ventilación natural por medio del cual se pueda comprobar la efectividad en la generación de las renovaciones y en el abatimiento o conservación de cargas térmicas. Para efectos de este estudio no se recomienda aceptar estrategias de ventilación natural que no hayan sido estudiadas por un especialista, ya que llevan a los problemas que se han observado de enfriamiento, calentamiento o falta de la calidad del aire que se han observado en la ciudad.
  - Para todos los casos de proyectos residenciales y hoteleros, dado su alto consumo de agua caliente, se plantea, como una medida de alta costo-efectividad, el uso de duchas ahorradoras. La inversión adicional de esta medida varía de una tipología a otra, pero en todos los casos es muy baja. A pesar de la diferencia entre la tarifa de gas y electricidad, los consumos de agua caliente son tan grandes, que la medida tiene un alto impacto no solamente desde el punto de vista energético, sino desde el punto de vista económico.
  - En todas las tipologías los ahorros establecidos por el método propuesto, aunque son mayores, están cercanos a los logrados con el paquete de cumplimiento de la Resolución, con excepción de algunas tipologías como es el caso de oficinas, en donde el ahorro es significativamente mayor para el paquete propuesto, estando en una inversión adicional del 0.58% la cual es bastante inferior a la inversión adicional objetivo de esta tipología, establecida en 1%. Por lo tanto, se infiere que esta es una tipología que tiene un potencial de ahorro mayor al que le pide la Resolución 549 de 2015.
  - Una de las tipologías que desde la determinación del paquete primario de las prácticas tradicionales es bastante eficiente por la incorporación de un número importante de medidas de eficiencia es la hotelera. Por esta razón el ahorro sugerido por este estudio es relativamente bajo con respecto a otras tipologías ya que la línea base es muy buena.
-

- Algo similar ocurre con la tipología de colegios, ya que son edificaciones cuya línea base es muy buena, es decir ya involucran varias buenas prácticas como parte de la práctica tradicional. Para el caso específico de colegios las restricciones frente al tope de inversión adicional son más fuertes aun, ya que se pactó un tope máximo de 0.5% de inversión adicional con base a costos directos, por lo que es más difícil aumentar los ahorros. Sin embargo, con los ahorros alcanzados se logra demostrar la equivalencia con la Resolución, a pesar de los altos ahorros que exige esa normativa para esta tipología, ya que varias de las medidas que hacen parte del paquete de cumplimiento de la resolución hacen parte de las prácticas tradicionales en la actualidad.
  - Las inversiones adicionales asociadas a cada una de las medidas de eficiencia varían de una tipología a la otra, dado que los presupuestos de cada tipología varían notablemente, al igual que el tipo de medidas que ya han sido absorbidas por la industria como práctica tradicional. Por lo tanto, es muy importante evaluar el potencial de ahorro de cada tipología siempre de manera independiente. Ya que las mismas medidas implican niveles de inversión muy diferentes, como es el caso de vivienda estrato 3-4 y vivienda estrato 5-6.
  - La Resolución 549 de 2015 incluye dentro de la misma categoría toda la vivienda no VIP o VIS, por lo tanto, los requerimientos de ahorro son iguales para estrato 3-4 y para 5-6, lo que hizo difícil poder desarrollar un paquete de medidas de eficiencia para estrato 3 y 4, ya que para poder equiparar los ahorros requeridos por la resolución se debió incluir la medida de calentamiento de agua solar para el 25% del agua caliente. Por esta razón, aunque la inversión adicional para esta tipología se logró enmarcar en el 1% que era el objetivo del estudio, es más del doble de la inversión que se debe hacer para viviendas estrato 5 y 6 para equiparar el mismo ahorro.
  - El desarrollo de los paquetes obligatorios propuestos tomó como base inicial las buenas prácticas que se implementan en la actualidad como parte de la práctica tradicional, las cuales ya no deben significar un sobre costo para los constructores. En este orden de ideas se espera que las empresas que aún no han implementado prácticas de sostenibilidad se igualen rápidamente con lo que ya están haciendo la mayor parte de sus pares. Es importante resaltar que, si estas buenas prácticas no hicieran parte de la práctica tradicional de la industria actual, no hubiera sido posible desarrollar los paquetes obligatorios propuestos dentro de los toques máximos de inversión acordados para este estudio, ya que los ahorros requeridos por la Resolución 549 de 2015 para el segundo año de vigencia son exigentes.
  - Teniendo en cuenta el criterio de costo-efectividad utilizado a lo largo de este estudio, es importante destacar que los paquetes obligatorios propuestos que serán usados como parte del método prescriptivo del protocolo de implementación, son paquetes compuestos por las estrategias o medidas de eficiencia de más baja inversión con respecto al ahorro que generan.
  - Los únicos casos en los que se dejó para los paquetes obligatorios una medida con un desempeño inferior al encontrado en la línea base, son en primer lugar para los
-

sanitarios ahorradores, los cuales, para el caso de oficinas, centros comerciales, colegios y hospitales tienen un consumo de 4.8 litros por descarga (lpd) como parte del paquete primario de la práctica tradicional. Sin embargo, para los paquetes obligatorios se incluyó un requerimiento de 5.2 lpd. Esta decisión radica principalmente en que los sanitarios ahorradores de 4.8 lpd son de fluxómetro y dichas tipologías no necesariamente requerirán el uso de fluxómetro. En el mercado se encuentra ya la disponibilidad de sanitarios de tanque de 3.8 lpd, pero estos no son ofrecidos aun por varias marcas, por lo tanto, se pide un sanitario de 5.2 lpd, del cual hay gran disponibilidad en el mercado. Sin embargo, si el equipo del proyecto puede usar uno con mayor desempeño, aumentarán sustancialmente sus ahorros. En segundo lugar, para orinales ahorradores los cuales son usados en colegios, hoteles, y hospitales como parte del paquete primario de la práctica tradicional con un orinal de 1 lpd, sin embargo no hay disponibilidad por parte de varios proveedores para esta tecnología, por lo que se define utilizar el orinal de 1.9 lpd para el paquete obligatorio propuesto. Estas decisiones se basan principalmente en el hecho de que estos paquetes serían aquellos a considerar para el método prescriptivo del protocolo de implementación.

- Finalmente se recomienda revisar este estudio en un transcurso de 5 años, para revisar como se deberían modificar los ahorros obligatorios de acuerdo con la absorción y el desarrollo de nuevas tecnologías que tenga la industria.

Las principales conclusiones con respecto a la determinación de los porcentajes voluntarios tomadas del Capítulo 5 de este estudio son las siguientes:

- Es posible lograr aumentos en los porcentajes de ahorro de agua y energía cuando se aumenta el porcentaje de inversión en costos directos del proyecto aceptables. Estos ahorros pueden ser utilizados para desarrollar una serie de incentivos o beneficios para los proyectos que los logren. Los porcentajes de inversión adicionales planteados pueden servir como insumo para lograr cuantificar como deberían ser dichos incentivos o beneficios para no afectar a los constructores y por el contrario premiar su liderazgo.
  - Otra opción que se sugiere adicional o en vez de un programa de incentivos para cubrir esas inversiones adicionales que se deben hacer para lograr los mayores ahorros que sugieren los resultados de los paquetes voluntarios, es pensar en un programa de microcréditos negociados por el constructor, por medio de los cuales los mismos usuarios, quienes serán los directos beneficiados de los ahorros mayores, puedan invertir en las mejoras.
  - En todos los casos se logró enmarcar las inversiones adicionales con respecto a los costos directos del paquete voluntario 1 dentro de las pactadas para este estudio. Sin embargo, el paquete voluntario 2, que solo se presenta para VIP, VIS y estratos 3 y 4, que son las tipologías que evidenciaron mayores problemas de confort en el ejercicio de simulación de los paquetes primarios de las prácticas tradicionales, no se logró
-

enmarcar dentro de dichas inversiones. Es importante resaltar que este segundo paquete involucraba solamente mejoras en el envolvente con miras a mejorar las condiciones de confort.

- Se lograron mejoras importantes en términos de confort cuando se compara el delta o diferencia de temperaturas operativas del paquete voluntario 1 y del paquete voluntario 2 o de confort, logrando aumentar 2 grados centígrados para VIP, 1.8 grados centígrados para VIS y 1 grado centígrado para estratos 3 y 4. Por lo tanto es importante pensar en desarrollar una serie de incentivos que permitan mejorar las condiciones de envolvente de estas tipologías, teniendo en cuenta la importante repercusión que esta mejora en las condiciones de confort podría tener a nivel de bienestar y salud pública. Otra opción que podría contemplarse es la eventual modificación de los toques máximos que existen para VIS y VIP, de forma que el constructor pueda absorber estas inversiones adicionales. El estudio térmico no hace parte del alcance de este proyecto, por lo tanto las diferencias en temperaturas son estimados tomados de la modelación energética y son solamente indicativas. Por lo tanto se recomienda profundizar y realizar un estudio térmico y de condiciones de confort profundo de este tipo de viviendas, antes de tomar cualquier acción al respecto.
- Las diferencias de temperaturas operativas y de ahorro energético entre los paquetes voluntario 1 y 2 para VIS, VIP y estratos 3 y 4 son más notorias para la tipología VIP debido a las características de envolvente, ya que esta tipología tiene condiciones de envolvente con menos aislamiento.
- Al igual que los resultados de porcentaje obligatorio, estos resultados deben revisarse en un lapso de 5 años aproximadamente, con el fin de actualizarlos de acuerdo con los cambios que logre la industria y al impacto que tenga el protocolo de implementación propuesto.

\* \* \*

---