



Huella

de Ciudades

Fortalecimiento de la capacidad
de gestión ambiental del Gobierno
municipal de Lima

4



Ciudad de Lima



Huella

de
Ciudades

4



Ciudad
de Lima



TÍTULO

Serie Huella de Ciudades N° 4 Ciudad de Lima

Depósito Legal: DC2020001184

ISBN: 978-980-422-190-3

EDITOR

CAF

Vicepresidencia de Desarrollo Sostenible

Dirección de Sostenibilidad, Inclusión y Cambio Climático

AUTOR

Servicios Ambientales S.A.

EQUIPO DE TRABAJO

Edgar Salas

Sandra Mendoza

Nara Vargas

Sintia Yáñez

Cecilia Guerra

Juan Carlos Palacios

Mauricio Velásquez

Marcos Mejía

Diseño gráfico:

Good, Comunicación para el Desarrollo Sostenible

Fotografía de portada: Marcos Mejía (CAF)

Las ideas y planteamientos contenidos en la presente edición son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no comprometen la posición oficial de CAF.

Esta y otras publicaciones se encuentran disponibles en:
scioteca.caf.com

© 2017 Corporación Andina de Fomento

Todos los derechos reservados.



Contenido

01_ Antecedentes	8
02_ Descripción de la Ciudad de Lima	10
03_ Proyecto Huella de Ciudades: Lima	14
04_ Resultado del cálculo de huellas del Gobierno Autónomo Municipal de Lima	16
05_ Resultado del cálculo de huellas de Lima Metropolitana	26
06_ Plan de Acción	30
07_ Proyectos Piloto	44
08_ Actividades de comunicación	50
09_ Redes y alianzas	52
10_ Creación de capacidades en la MML	54
11_ Logros, lecciones y desafíos	56

Presentación

Lima fue la segunda ciudad que formó parte del Proyecto Huella de Ciudades, casi de forma paralela a La Paz y Quito (de enero 2013 a mayo 2014). El principal desafío de la implementación del proyecto en esta ciudad fue el tamaño de población que alberga la zona de Lima Metropolitana, que fue considerada como el alcance geográfico de la evaluación. Cuando se realizó, en 2012, era de 9 millones de habitantes. Según un informe publicado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), Lima se encuentra entre las 30 ciudades más pobladas del mundo, con los innumerables retos que esto plantea. Esta publicación de la serie Huella de Ciudades describe la implementación del proyecto y sus resultados en términos operativos y estratégicos.

Lima es la capital de la República del Perú. Está situada en la costa central del país, a orillas del océano Pacífico, conformando una extensa y populosa área urbana conocida como Lima Metropolitana. El área, que incluye la provincia de Lima y la provincia constitucional del Callao, es una sola unidad económica y geográfica, por lo que difícilmente ambas provincias pueden

Ilustración 1. Vista panorámica de la Plaza de Armas de Lima



Fuente. *Municipalidad Metropolitana de Lima*

ser analizadas por separado. Para efectos del Proyecto Huella de Ciudades, se abarcó la provincia de Lima con sus 43 distritos.

La beneficiaria directa del Proyecto Huella de Ciudades en este caso fue la Municipalidad Metropolitana de Lima (MML). Los resultados del proyecto en esta ciudad –más allá de los resultados de las mediciones de las huellas– permitieron un conocimiento y un compromiso más amplio por parte de las autoridades locales respecto a la problemática del cambio climático, lo cual se vio reflejado en la inclusión de las huellas como indicadores de ecoeficiencia del municipio.

El principal reto en esta ciudad para la implementación del proyecto, además del tamaño de la población, fueron los cambios institucionales que sucedieron en la MML. Con el cambio de administración municipal en octubre de 2014, el personal de las unidades municipales técnicas responsables de la coordinación y seguimiento del proyecto fue sustituido por completo, con el gran reto de comenzar nuevamente el proceso de difusión y capacitación de las huellas y la explicación de su importancia estratégica en escenarios de cambio climático.

Sin embargo, el periodo en el que se implementó el proyecto en Lima fue oportuno y estratégico, debido al gran compromiso que demostró el Gobierno nacional en cabeza del Ministerio de Ambiente (MINAM) con la problemática del cambio climático, al ser sede de la COP20, y su importante participación en la COP21 en París, y la presentación de sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs por sus siglas en inglés), en los cuales se visibiliza la importancia de la contribución de las ciudades en el cumplimiento de los compromisos de reducción de emisiones asumidos.

Uno de los principales resultados del proyecto, junto a la ciudad de La Paz, fue su adhesión a un grupo de 30 ciudades del mundo, como espacios urbanos en los cuales se aplicó por primera vez la metodología de cálculo de huella de carbono, conocida como *Global Protocol for Community - Scale Greenhouse Gas Emissions* (GPC)¹. La aplicación de esta metodología en Lima permitió su aprobación y verificación en el marco de la iniciativa de C40 para su reporte en la plataforma oficial <http://www.c40.org>, además de la aplicación piloto de la Herramienta de Acción Climática para la Sostenibilidad Urbana (CURB)² por parte de C40 para modelar las reducciones de emisiones en el corto, mediano y largo plazo.

Finalmente, como resultado de un trabajo coordinado e integral entre los distintos actores del proyecto mediante un proceso constante de capacitación sobre las metodologías empleadas, y con la transferencia de las herramientas de cálculo adecuadas a las condiciones específicas, se han creado las capacidades técnicas para que el municipio pueda gestionar sus huellas en el futuro.

¹ El alcance de la metodología incluye las emisiones de GEI de las actividades de producción y consumo que tienen lugar dentro de los límites de la ciudad, incluyendo algunas emisiones liberadas fuera de los límites de la misma. La metodología permite que los inventarios en ciudades sean consistentes entre sí, para facilitar la comparación y permitir, además, la posibilidad de agregar los datos de emisiones de GEI de los Gobiernos local, subnacional y nacional.

² CURB es el resultado de una labor conjunta entre el grupo de trabajo destinado a catalizar actividades referentes al clima del Grupo Banco Mundial y el Grupo de Liderazgo Climático (C40 Cities), AECOM Consulting y el Pacto de los Alcaldes, que permite a las ciudades identificar y priorizar oportunidades de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y evaluar estrategias de mitigación.



01

Antecedentes

Perú, al igual que muchos países de la región, presenta una gran vulnerabilidad ante las variaciones climáticas drásticas, como, por ejemplo, el fenómeno de El Niño. Sin embargo, los impactos que se generan bajo escenarios de cambio climático podrían ser incluso mayores, impactos como la pérdida de disponibilidad de recursos hídricos (para consumo humano y generación energética) debido a una reducción del nivel y frecuencia de precipitaciones, la pérdida de productividad primaria agrícola y pesquera producto del aumento de la temperatura del mar, la pérdida de biodiversidad y efectos sobre la salud humana, entre otros, pueden llegar a afectar de gran manera a la población peruana³.

Por otro lado, el país encara un acelerado ritmo de urbanización, al pasar de una tasa inferior al 50 % en 1960, a cerca del 80 % en la actualidad (79 % para el año 2016, según datos del Banco Mundial - <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS>). Este crecimiento urbano genera una mayor presión en los ecosistemas, haciendo a las ciudades aún más vulnerables a los efectos del cambio climático.

Perú, al igual que muchos países de la región, presenta una gran vulnerabilidad ante las variaciones climáticas drásticas, como, por ejemplo, el fenómeno de El Niño.

³ Estrategia de adaptación y acciones de mitigación de mitigación del cambio climático de la provincia de Lima, 2012.

02

Descripción de la Ciudad de Lima

Lima es la capital de Perú. Fue fundada el 18 de enero de 1535 por Francisco Pizarro (nombre oficial: la Ciudad de Los Reyes, posteriormente pasó a ser Limaq y luego Lima). Está ubicada en la costa central de Perú, a orillas del océano Pacífico. Según el último censo, del año 2007, la población de Lima Metropolitana ascendió a 8.481.815 habitantes; el 31 % de la población nacional se encuentra concentrada en Lima.

La superficie territorial de Lima Metropolitana es de 2.811,65 km², ocupa solamente el 0,2 % del territorio nacional y es una de las áreas de mayor densidad del país. La densidad poblacional a nivel distrital presenta características muy diferenciadas; así, por ejemplo, uno de los distritos más densos es Surquillo, con 26.499 hab/km², y en el otro extremo está Punta Negra, con apenas 57,9 hab/km²^[4].

En cuanto a la morfología, el departamento de Lima está formado por costa y sierra. En la zona costera, predominan las pampas desérticas, enmarcadas por colinas⁵, en muchos casos interrumpidas por oasis formados por ríos que llevan agua todo el año. Son los valles costaneros, donde se asientan las ciudades y prospera la agricultura.

La superficie territorial de Lima Metropolitana es de 2.811,65 km², ocupa solamente el 0,2% del territorio nacional y se constituye en una de las áreas de mayor densidad del país.

⁴ Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2014.

⁵ Instituto Nacional de Estadística e Informática (ed.). «Departamento de Lima y Provincia Constitucional del Callao: Aspectos Geográficos y Políticos Administrativos». Consultado el 15 de octubre de 2011.

Lima es una ciudad vulnerable al cambio climático, no solo por las condiciones del territorio y de la población, sino también por su fuerte interdependencia con otras cuencas y regiones del país, de las cuales depende para el abastecimiento de agua, la producción de energía, la provisión de alimentos y de otras materias primas para la producción industrial y, en general, para el sostenimiento de la economía de la ciudad. Lima ha superado la capacidad de sus cuencas para proveerse de agua, y sus reservas por habitante son limitadas⁶. La precipitación tiene una alta importancia como fuente de agua primaria para consumo humano, pero puede convertirse, al mismo tiempo, en un evento extremo en la generación de desastres naturales como inundaciones, afectando las vías de transporte, la agricultura y la provisión de alimentos provenientes de otras regiones. Según un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en abril de 2017, Lima fue la segunda región más afectada por las inundaciones, con más de 30.000 damnificados y con importantes repercusiones de salubridad.

Lima ha superado la capacidad de sus cuencas para proveerse de agua y sus reservas por habitante son limitadas.

Ilustración 2. Fotografía de inundaciones en Lima, 2017.



Fuente. Periódico El País: “En Lima hay distritos que llevan cerca de tres días sin suministro de agua. En la imagen, una mujer rescata parte de sus pertenencias en Huachipa, distrito de Lima (Perú), el 17 de marzo de 2017”.

⁶ Municipalidad Metropolitana de Lima, Estrategia de Adaptación y Acciones de Mitigación de la Provincia de Lima al Cambio Climático.

03

Proyecto Huella
de Ciudades:
Lima

En 2012, nace el Proyecto Huella de Ciudades como una iniciativa de CAF – Banco de Desarrollo de América Latina, con el apoyo de CDKN – Alianza Clima y Desarrollo como cofinanciadora, FFLA –Fundación Futuro Latinoamericano en su rol de facilitadora, y la empresa boliviana SASA-Servicios Ambientales S.A. como consultora. La Red Carbonfeel y Water Footprint Network (WFN) participaron brindando asesoría técnica y avalaron el cálculo de las huellas de carbono y huellas hídricas, respectivamente.

El principal objetivo del Proyecto Huella de Ciudades en Lima Metropolitana fue apoyar a la Municipalidad Metropolitana de Lima en el desarrollo e implementación de estrategias municipales de mitigación y adaptación al cambio climático, a través del cálculo de la huella de carbono y la huella hídrica de la ciudad (como territorio) y de su propia institución, incluidos los servicios públicos que brindan a la población; la elaboración de un portafolio de proyectos de inversión orientados a la reducción de las huellas (plan de acción); la implementación de acciones piloto con potencial de escalamiento; el involucramiento de los actores relevantes de la sociedad en busca de sinergias para abordar el problema de forma colectiva y, finalmente, la creación y fortalecimiento de las capacidades locales del gobierno municipal para la gestión de las huellas.

Lima Metropolitana, junto con La Paz y Quito, forma parte de la fase I del proyecto, que fue ejecutada en el periodo 2012-2015. El desarrollo del proyecto cumplió cinco etapas:

- Cálculo de la huella de carbono (HC) y la huella hídrica (HH) de la municipalidad.
- Cálculo de la HC y la HH de la ciudad.
- Elaboración de un plan de acción de la ciudad para la reducción de huellas.
- Implementación de acciones piloto para la reducción de huellas.
- Comunicación y capacitación.

El cálculo de ambas huellas, tanto para la municipalidad como para la ciudad, fue realizada para el periodo de enero a diciembre de 2012.

El principal objetivo del Proyecto Huella de Ciudades en Lima Metropolitana fue apoyar a la Municipalidad Metropolitana de Lima en el desarrollo e implementación de estrategias municipales de mitigación y adaptación al cambio climático.

04

Resultado del
cálculo de
huellas de la
Municipalidad
Metropolitana
de Lima

Según la legislación vigente, la Municipalidad Metropolitana de Lima (MML) goza de un régimen especial, por el cual ejerce funciones de Gobierno regional y Gobierno local (provincial y distrital) a nivel de la provincia de Lima. Las provincias restantes del departamento de Lima constituyen un Gobierno regional propio, el Gobierno Regional de Lima.

Las municipalidades provinciales y distritales son los órganos de gobierno promotores del desarrollo local. Asimismo, la estructura orgánica de las municipalidades está compuesta por el concejo municipal y la alcaldía. El concejo municipal, provincial y distrital ejerce funciones normativas y fiscalizadoras, mientras que la alcaldía es el órgano ejecutivo del gobierno local.

La MML es la máxima autoridad local. Se organiza en gerencias y subgerencias, organismos públicos descentralizados (OPD) y empresas y programas municipales. Las instalaciones y unidades municipales que formaron parte del cálculo de las huellas han sido priorizadas considerando los siguientes criterios:

- El tamaño de la unidad municipal en función de la cantidad de funcionarios.
- La naturaleza de la actividad, es decir, si implica un alto consumo de recursos (agua, energía, combustible).
- La disponibilidad de información verificable.

En este sentido, han sido excluidas del cálculo las unidades municipales, que, ya sea por su tamaño o por el tipo de operaciones que realizan, tienen un consumo de recursos no significativo. Las unidades municipales incluidas en la evaluación se mencionan a continuación:

⁷ <http://www.munlima.gob.pe/informacion-adicional/organigrama>

Tabla 1. Unidades municipales incluidas en la evaluación

Niveles		
Central	Organismos públicos descentralizados (OPD)	Empresas
Gerencias de: -Administración, Transporte Urbano, Fiscalización y Control, Participación Vecinal, Seguridad Ciudadana, Desarrollo Empresarial, Desarrollo Social, Servicios a la Ciudad, Educación, Cultura y Deporte.	-Servicio de Administración Tributaria de Lima (SAT) -Instituto Catastral de Lima (ICL) -Fondo Metropolitano de Inversiones (INVERMET)	-Empresa Municipal Inmobiliaria de Lima (EMILIMA)
Proyectos y programas: - Proyecto Especial Metropolitano de Transporte No Motorizado (PEMTNM) -Programa Municipal para la Recuperación del Centro Histórico de Lima (PROLIMA)	-Instituto Metropolitano Protransporte de Lima (PROTRANSPORTE) -Servicios de Parques de Lima (SERPAR) -Sistema Metropolitano de la Solidaridad (SISOL)	-Empresa Municipal Administradora de Peaje de Lima (EMAPE)

Fuente. Elaboración propia con base en la Municipalidad Metropolitana de Lima, según organigrama actualizado a 2013⁷.

El cálculo de la huella de carbono fue desarrollado siguiendo los lineamientos establecidos en la Norma Internacional ISO 14064:1 para gases de efecto invernadero, las herramientas de cálculo del Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) y la metodología MC3 (Método Compuesto de las Cuentas Contables).

El número de funcionarios en las instalaciones consideradas por nivel se mencionan en la tabla a continuación:

Tabla 2. Número de funcionarios en las unidades municipales consideradas en la evaluación

Instalación	N.º Empleados
Central	2.968
Empresas	592
OPDs	1.436
TOTAL	4.996

Fuente. *Elaboración propia*

El cálculo de la huella de carbono fue desarrollado siguiendo los lineamientos establecidos en la Norma Internacional ISO 14064:1 para gases de efecto invernadero, las herramientas de cálculo del Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) y la metodología MC3 (Método Compuesto de las Cuentas Contables). En el caso de la huella hídrica, se utilizó la metodología basada en el *Water Footprint Assessment Manual* (de *Water Footprint Network* – WFN).

Huella de carbono

Las fuentes de emisión incluidas en el cálculo de la huella de carbono fueron:

Tabla 3. Fuentes de emisión de la huella de carbono

Fuentes de emisión	
Alcance 1	Consumo de gasolina (combustión móvil)
	Consumo de diésel (combustión móvil)
	Consumo de gas natural vehicular (GNV) (combustión estacionaria)
Alcance 2	Consumo de energía eléctrica
Alcance 3	Consumo de materiales y productos
	Obras y construcciones civiles
	Generación de residuos

Fuente. *Elaboración propia.*

Las emisiones que se encuentran dentro de los dos primeros alcances, según lo que establece la Norma Internacional ISO 14064, deben ser reportadas en el inventario de GEI de forma obligatoria, a diferencia de las emisiones del alcance 3, que son de reporte voluntario. Esto se debe a que las emisiones de alcance 3, al no estar directamente controladas por la organización –en este caso, la MML– las posibilidades en las acciones de reducción son menores.

Las fuentes de emisión identificadas se encuentran dentro de los límites operativos y organizacionales MML. Esto quiere decir que se tomaron en cuenta todas las actividades del MML que están bajo la responsabilidad operativa y/o financiera de la institución⁸.

De acuerdo con las directrices del GHG Protocol, algunas de las fuentes de emisión pueden excluirse del cálculo de la HC: emisiones que supongan menos del 1% del total de las emisiones de GEI⁹, y emisiones dentro de alcance 3 (otras emisiones indirectas de GEI), ya que el reporte de las emisiones dentro de este alcance es opcional.

Se han excluido las emisiones generadas por el uso de equipos de extinción de fuego, ya que la metodología disponible genera resultados con un grado de incertidumbre alto¹⁰, además de que no se dispone de datos verificables para los cálculos (datos de actividad).

Las fuentes de información, así como los instrumentos empleados para obtener los datos de consumos y de actividades de la MML se mencionan en la tabla 4. Los consumos de combustibles (gasolina, diésel y GNV), energía eléctrica, materiales y obras civiles fueron obtenidos a través de solicitudes formales, entrevistas y cuestionarios. En el caso del nivel central, la Gerencia de Administración fue la que proporcionó esta información (combustibles, energía eléctrica y materiales).

⁸ Según la determinación de categorías relevantes, de acuerdo con el enfoque de control operacional del GHG Protocol.

⁹ Este porcentaje fue fijado por la MML, por considerarse como no relevante para el estudio, siempre y cuando el total de las emisiones excluidas no sume más del 5%.

¹⁰ US EPA-Direct HFC and PFC Emissions from Use of Refrigeration and Air Conditioning Equipment.

Tabla 4. Fuentes de información e instrumentos empleados para levantar los datos requeridos

Nivel	Información requerida				
	Alcance 1	Alcance 2		Alcance 3	
	Combustibles	Energía eléctrica	Materiales e insumos	Generación de residuos	Obras civiles
Nivel central					
NIVEL OPDs					
SAT, ICL, INVERMET					
PROTRANSPORTE, SERPAR, SISOL					
NIVEL EMPRESAS					
CMCPL					
EMILIMA					
EMAPE					

● Entrevista Cuestionario + solicitud formal ● Solicitud Formal ● Revisión Bibliográfica

Fuente. Elaboración propia.

¹¹ En base a: Friedrich Ebert Stiftung (2012) "Matriz energética en el Perú y energías renovables"

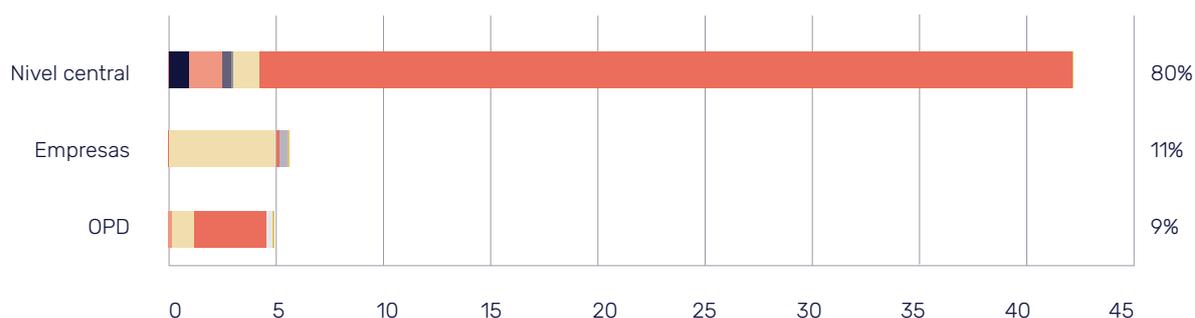
¹² En promedio se utiliza una capacidad de absorción de 40 kg de CO₂ por árbol para sus primeros 10 años de vida, esto corresponde a la especie *Dodonea Viscosa*, la capacidad de absorción se extrae del documento "Método para calcular el secuestro de carbono por árboles en entornos urbanos y semiurbanos" USEPA 1998

¹³ Residuos sólidos combinados (orgánicos e inorgánicos).

El resultado de la huella de carbono de la gestión 2012 obtenido fue de 52.637 t CO₂e. Estas emisiones equivalen en magnitud a las emisiones de CO₂ generadas por el uso de energía eléctrica en cerca de 120.000 hogares urbanos en Perú en un año¹¹, o el carbono secuestrado en 10 años por 1,3 millones de árboles¹², o las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) evitadas por el reciclaje de más de 20.000 t de residuos sólidos combinados¹³.

La HC total de la MML está distribuida de la siguiente manera: nivel central, con el porcentaje más alto respecto al total de las emisiones, 80 %; en segundo lugar, las empresas metropolitanas, con 11 %, y, finalmente, las OPD, con 9 %.

Figura 1. Huella de carbono total según nivel y fuente de emisión (en miles de t CO₂e)



	OPD	Empresas	Central
● Gasolina	24	13	919
● Diésel	166	58	1.572
● GNV	0	8	406
● GLP	0	0	80
● Electricidad	979	4.959	1.231
● Materiales	3.416	137	37.914
● Obras civiles	265	404	0
● Residuos	22	7	57

Fuente. *Elaboración propia.*

De acuerdo con la composición de la huella de carbono por fuente de emisión, alcance y nivel, se observa que el uso de materiales representa la fuente de emisión más importante con 41.467 t CO₂e, que equivale al 79 % de la HC total. En el cálculo de la huella, se consideraron alrededor de 14.000 materiales adquiridos por la MML en la gestión 2012. Los que generaron mayor cantidad de emisiones en su ciclo de vida fueron los aparatos eléctricos de precisión, como computadores, móviles y calculadoras con el 34 %, seguidos del grupo de aceites minerales y bituminosos con el 25 %, papel, cartón y derivados con el 15 %, productos químicos de limpieza y pinturas con el 7 %, y el resto de las categorías¹⁴ con porcentajes menores al 3 %.

Es importante mencionar que estas emisiones no se generan en el acto de consumo del material, sino en el proceso de producción de los mismos, razón por la cual se consideran emisiones indirectas para la MML. Por otro lado, las emisiones por consumo de material no están relacionadas directamente con la cantidad o el volumen, sino con el proceso de producción, que en algunos casos puede ser más contaminante que otros.

Huella hídrica

La mayor proporción de la HH de la MML proviene del agua requerida para asimilar las aguas residuales y convertirlas en agua categoría 3, de acuerdo con los “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua”, del Decreto Supremo 002-2008 MINAM de la República de Perú. Esta categoría de agua tiene aptitud para riego de vegetales y bebidas de animales. El valor límite del parámetro de calidad considerado es de 15 mg/l (DBO₅), a diferencia de La Paz y Quito, donde la misma categoría sugiere el valor máximo permisible de 30 mg/l (DBO). La selección de esta categoría busca determinar el volumen de agua requerido para dar cumplimiento a los estándares de calidad de agua, al menos para riego de vegetales en el Perú¹⁵.

La información requerida para calcular la HH total de la MML y las fuentes de donde proviene se presentan en la tabla 4. El volumen de agua facturada y la cantidad de productos fueron obtenidos a través de solicitudes formales, cuestionarios y entrevistas personales.

La mayor proporción de la HH de la MML proviene del agua requerida para asimilar las aguas residuales y convertirlas en agua categoría 3, de acuerdo con los “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua”, del Decreto Supremo 002-2008 MINAM de la República de Perú.

¹⁴ Los materiales fueron organizados por categorías según el estudio de Intensidades energéticas del Stockholm Environment University.

¹⁵ Si bien el agua residual en Lima es descargada al mar, se utilizó esta categoría por se espera que el agua residual una vez tratada pueda ser reutilizada en actividades como por ejemplo de riego de áreas Verdes. Además por la posibilidad de efectuar comparaciones entre las ciudades.

¹⁶ Los valores que se usaron fueron de calidad en los afluentes fue de 2 mg DBO/l y 4 mg DQO/l.

¹⁷ Los valores empleados para la calidad de los efluentes fue de 262,50 mg DBO/l y 437,50 mg DQO/l.

El volumen del efluente fue calculado, para todos los casos, con base en la información de encuestas y entrevistas, apoyado esto con referencias bibliográficas. La calidad del afluente se obtuvo del estudio Evaluación de muestras del río Rímac, realizado por el Ministerio de Salud, Digesa y Sedapal en 2010^[16]. La calidad del efluente se obtuvo del documento Estudio de opciones de tratamiento y reúso de aguas residuales en Lima Metropolitana, University of Stuttgart, Germany, y Proyecto Lima Water (LiWa)¹⁷.

Tabla 5. Fuentes de información e instrumentos empleados para levantar los datos requeridos

Nivel	Agua facturada	Calidad de Agua	Volumen del efluente	Cantidad de productos	HH equivalente por productos
Nivel central					
NIVEL OPD					
SAT, ICL, INVERMET					
PROTRANSPORTE, SERPAR, SISOL					
NIVEL EMPRESAS					
CMCPL, EMILIMA, EMAPE					

● Con base a información promedio de usos de agua en funcionarios administrativos

● Entrevista Cuestionario + solicitud formal

● Solicitud Formal

● Revisión Bibliográfica

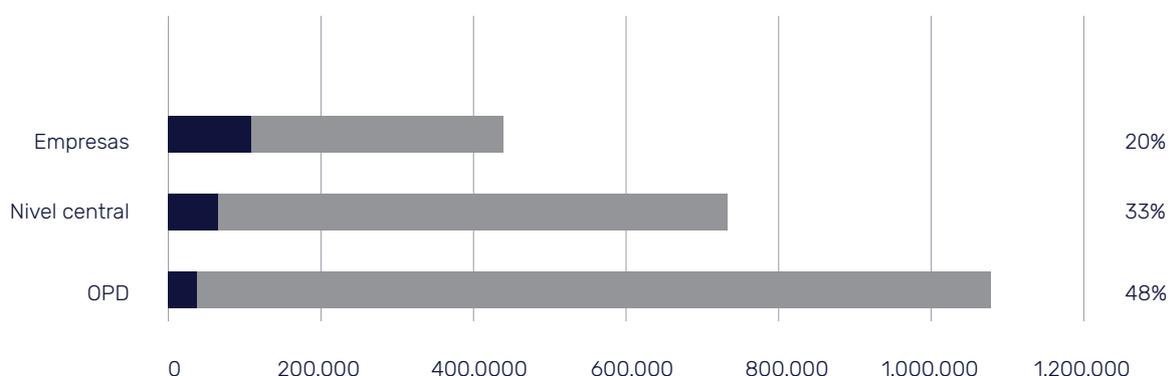
Fuente. *Elaboración propia*

La HH equivalente por producto fue consultada de publicaciones de la WFN.

La HH equivalente por producto fue consultada de publicaciones de la WFN. Finalmente, cabe mencionar que la concentración máxima para cuerpos de agua receptores sobre la cual se realizó el cálculo de la HH gris se definió en 15 mg DBO/l y 40 mg DQO/l, con base en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua, Decreto Supremo 002-2008 MINAM, anexo 1, categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales.

La concentración de contaminantes en efluentes, afluentes y cuerpos de agua se determinó a partir de las fuentes de la información citada en la tabla 5.

El resultado de la huella hídrica total (directa) de la MML para la gestión 2012 fue de 2.247.127 m³, compuesta en 90 % por la HH gris, y 10 % por la HH azul (figura 2).

Figura 2. Huella hídrica total según nivel y tipo (en m³)

	OPD	Nivel Central	Empresas
● HH azul	38.759	66.153	110.060
● HH gris	1.035.724	666.254	330.177

Fuente. *Elaboración propia.*

El principal aportante a la HH de la MML es el nivel de organismos públicos descentralizados (OPD), que contribuye con 48 % del total; le sigue el nivel central, con 33 %, y, finalmente, el nivel de empresas, con 20 %. El principal aportante individual es la HH gris de los OPD, que por sí sola representa el 44 % de la HH directa total de la MML. Se destacan las siguientes dos OPD: SISOL y SAT; la primera aporta un 68 %, valor que puede deberse al uso de servicios higiénicos por parte de los pacientes que acuden a sus establecimientos.

En lo que respecta al nivel central, segundo sector aportante a la HC total, la composición en términos de tipo de huella es comparable con la composición de la MML: 91 % es gris, y el restante 9 % es azul. Llama la atención la relación entre HH azul y gris para el caso particular de la Gerencia de Administración, donde la primera es superior al 30 % de la HH de esta unidad, lo cual se interpreta como un uso de agua excesivo, considerando el número de funcionarios que trabajan en esta unidad (413). A continuación, la tabla muestra el consumo per cápita de agua para las instalaciones del nivel central de la MML, donde, efectivamente, la Gerencia de Administración registra un consumo per cápita superior al resto de las instalaciones. Se sugiere realizar un estudio específico en estas instalaciones para descartar la existencia de posibles fugas de agua.

Tabla 6. Consumo de agua per cápita en las instalaciones del nivel central de la MM

Instalación	N.º funcionarios	Volumen factura (m ³) anual	Consumo per cápita (m ³ /funcionario/año)
Gerencia de Administración	413	47.696	115
Gerencia de Transporte Urbano	123	6.007	49
Gerencia de Fiscalización y Control	281	4.866	17
Gerencia de Participación Vecinal	197	3.174	16
Programa Municipal Para la Recuperación del Centro Histórico de Lima (PROLIMA)	194	3.229	17
Gerencia de Seguridad Ciudadana	194	3.162	16
Gerencia de Desarrollo Empresarial	271	9.159	34
Gerencia de Desarrollo Social	504	12.908	26
Gerencia de Servicios a la Ciudad	594	6.250	11
Gerencia de Educación, Cultura y Deporte	197	3.445	17
TOTAL	2.968	99.896	

Fuente. *Elaboración propia en base a datos proporcionados por la MML.*

A nivel de empresas, se evaluaron dos: Emilima (incluido el Parque de la Reserva) y la Caja Municipal. La primera representa el 67 % de la HH del nivel (13 % de la HH total de la MML), y la segunda, el restante 33 % del sector (8 % de la HH total de la MML). Si bien el nivel representa solamente el 20 % de la HH total de la MML, se debe tener en cuenta que está compuesta únicamente por dos empresas (en contraste con las 10 unidades consideradas en el nivel central y las seis OPD), lo que resulta en un peso importante de cada empresa en la HH total. La composición es 75 % gris y 25 % azul. Si se realiza el análisis de consumo de agua per cápita, se observa que, efectivamente, el consumo de agua per cápita en ambas empresas, en comparación con el consumo per cápita del nivel central, está muy por encima, y es

debido a que las empresas utilizan el agua en actividades ajenas a las de oficina como tal. Por ejemplo, Emilima tiene un importante uso de agua en actividades de construcción para el desarrollo de proyectos de renovación urbana, con el objetivo de incrementar el valor del Centro Histórico de Lima. En el caso de la Caja Metropolitana de Lima, sus instalaciones están abiertas al público, incrementando el consumo de agua de la instalación por su uso en baños.

En el caso de la Caja Metropolitana de Lima, sus instalaciones están abiertas al público, incrementando el consumo de agua de la instalación por el uso de agua en baños.

Tabla 7. Consumo de agua per cápita en las instalaciones del nivel empresas de la MML.

Instalación	N.º funcionarios	Volumen factura (m ³)	Consumo per cápita (m ³ /funcionario/año)
Empresa Municipal Inmobiliaria de Lima (Emilima)	292	278.529	954
Caja Municipal de Lima Metropolitana	300	88.380	295
TOTAL	592	366.909	

Fuente. Elaboración propia con base en datos proporcionados por la MML.

05

Resultado del
cálculo de
huellas de Lima
Metropolitana

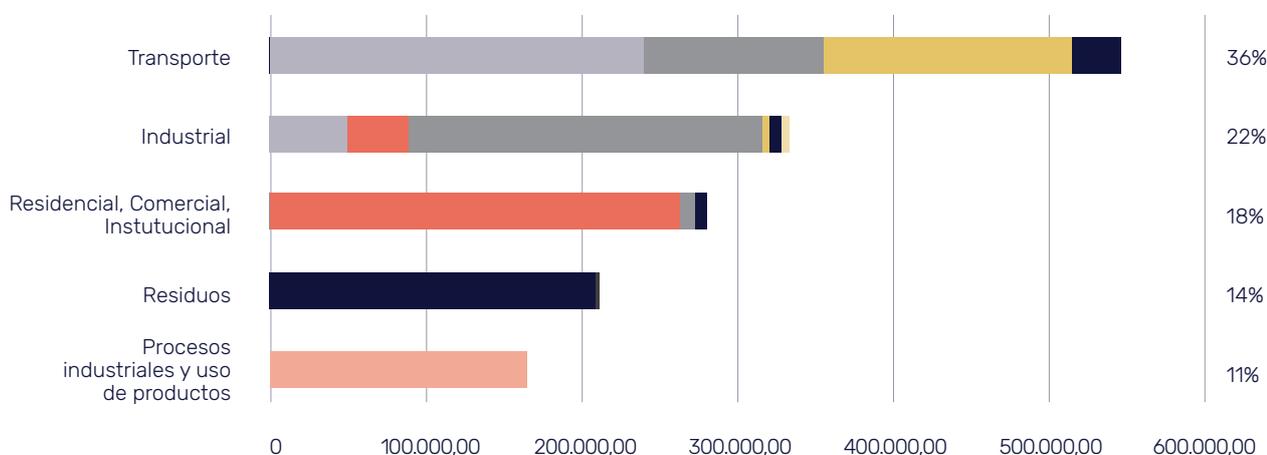
El alcance del cálculo incluyó la totalidad de Lima Metropolitana con sus 43 distritos. El área se encuentra bajo la jurisdicción de la Municipalidad Metropolitana de Lima.

La metodología empleada para el cálculo de la huella de carbono fue el *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions – GPC* (de *Greenhouse Gas Protocol*) y, en el caso de la huella hídrica, el *Water Footprint Assessment Manual* (de *Water Footprint Network – WFN*).

Huella de carbono

El resultado de la huella de carbono resultante fue de 15.432.105 t CO₂e. La HC total de Lima Metropolitana está distribuida como se muestra en la figura 3. Como se puede observar, el sector Transporte aporta el porcentaje más alto respecto al total de las emisiones (36%), con emisiones anuales de 5.528.462 t CO₂e.

Figura 3. Huella de carbono total según sector y fuente de emisión (en t CO₂e).



	Procesos industriales y uso de productos	Residuos	Industrial	Industrial	Transporte	Residencial, Comercial, Institucional	
● Petróleo industrial			24.198	● Diésel	500.722	2.399.432	
● Residuos sólidos		2.111.762		● Energía eléctrica	415.609	5.820	2.631.942
● Tratamiento de aguas residuales		13.369		● Gas Natural	2.253.093	1.146.674	83.672
● Producción de clínker	1.644.288			● GLP	101.209	318.612	86.375
				● Gasolina	40.577	1.594.753	

Fuente. Elaboración propia con base en información de consumos y datos de actividad en Lima Metropolitana.

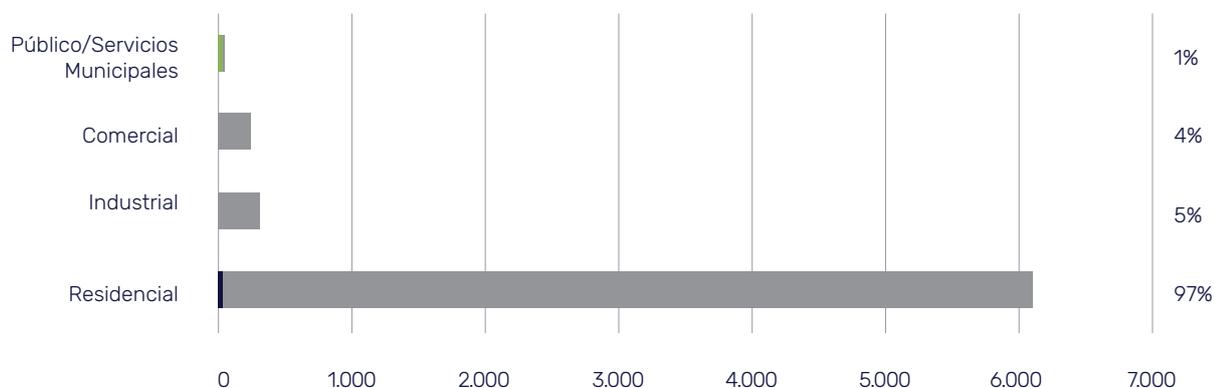
Si bien, según reportes de la Municipalidad Metropolitana de Lima, el parque automotor en esta ciudad es obsoleto, conformado por una flota de transporte público masivo de pequeñas unidades viejas, una flota de taxis sobredimensionada y la superposición de múltiples rutas, entre otros, haciendo del transporte un servicio ineficiente y altamente contaminante, la huella de carbono de este sector en Lima no es tan alta en términos porcentuales respecto a otras ciudades de la región. El sector Industrial y sus procesos (asociados a la fabricación de cemento), representan una importante fuente de emisión –en porcentaje, más importantes que los sectores Residencial y de Residuos, a diferencia de otras ciudades– lo que se debe a la cantidad de industrias instaladas en la región de Lima, que, de acuerdo con datos del Ministerio de Producción (Produce, 2011), alberga un total de 3.623.664 contribuyentes dedicados a la industria manufacturera y de servicios, comercial y de turismo. Lima Metropolitana concentra el 94,7 % de las industrias de la región Lima. Por su parte, el inventario nacional de GEI del año 2000 indica que el sector Industrial es responsable de 5.994.320 t CO₂e y que contribuye aproximadamente al 5 % de las emisiones de GEI a nivel nacional.

Huella hídrica

En el caso de la huella hídrica, el resultado obtenido fue de 6.691.609.820 m³ para la gestión 2012, compuesta por un 99 % de HH gris, 0,9 % de HH azul y 0,01 % de HH verde. Este equivale al volumen de agua que consumirían unos 93 millones de limeños durante un año (población 2012: 8.481.415), es decir, el consumo de la población total de Lima por 10 años aproximadamente.

El sector Industrial y sus procesos (asociados a la fabricación de cemento), representan una importante fuente de emisión –en porcentaje, más importantes que los sectores Residencial y de Residuos, a diferencia de otras ciudades– lo que se debe a la cantidad de industrias instaladas en la región de Lima, que, de acuerdo con datos del Ministerio de Producción (Produce, 2011), alberga un total de 3.623.664 contribuyentes dedicados a la industria manufacturera y de servicios, comercial y de turismo.

Figura 4. Huella hídrica por sector de la ciudad y tipo de huella (en millones de m³).



	Residencial	Industrial	Comercial	Público/Servicios Municipales
● HH azul	33.671.806,64	3.894.900,00	12.165.092,52	12.274.654,91
● HH gris	6.067.400.542,63	311.296.758,39	242.981.567,18	7.490.478,42
● HH verde				434.019,72

Fuente. *Elaboración propia*

El aporte sectorial a la huella hídrica directa total de Lima Metropolitana se muestra en la figura anterior y está compuesta principalmente por el sector Residencial, seguido del Industrial y, finalmente, del Comercial y del Público.

Es importante aclarar que en esta parte de la evaluación se tuvo una limitación importante respecto a la disponibilidad de datos para evaluar la HH del sector Industrial. El resultado que se muestra en la figura 6 de HH industrial es solo referencial, ya que se emplearon supuestos para estimar la calidad del agua de efluentes industriales en términos de DBO5 y DQO y para la estimación del volumen de agua que se pierde en los procesos de producción (por su incorporación a productos y/o por procesos de evaporación). Estos supuestos se promediaron a partir de las evaluaciones en industrias de otras ciudades de la región.¹⁸

¹⁸ Las calidades de agua de los efluentes industriales que se utilizaron en la evaluación son: 448 mg/l de DBO5 y 1.167 mg/l de DQO. Para el volumen de agua que se pierde en procesos de producción industrial, se empleó un valor de 30 % respecto al total de consumo facturado.

 06

Plan de acción

A partir de los diagnósticos de las huellas, la elaboración del plan de acción tuvo como objetivos identificar las acciones y proyectos que pudieran tener impacto en la reducción de las huellas y estimar su potencial de reducción, en términos de gases de efecto invernadero para la huella de carbono y en m³ en el caso de huella hídrica. Lo que se quiso lograr es la transversalización de la variable de cambio climático en sectores clave (Transporte, Energía, Agua, Residuos) y en los proyectos de desarrollo planificados en la ciudad y en proceso de implementación. Con este ejercicio, se buscó facilitar y promover la implementación de proyectos que incluyeran la variable de mitigación y/o adaptación al cambio climático, para que la ciudad avance en su transformación hacia un desarrollo bajo en carbono y resiliente ante los impactos del cambio climático.

Para el análisis de proyecciones de las huellas y la definición de metas de reducción, se emplearon horizontes temporales de corto, mediano y largo plazo: 2017, 2021 y 2025, respectivamente.

Con este ejercicio, se buscó facilitar y promover la implementación de proyectos que incluyeran la variable de mitigación y/o adaptación al cambio climático, para que la ciudad avance en su transformación hacia un desarrollo bajo en carbono y resiliente ante los impactos del cambio climático.

Huella de carbono

La proyección de emisiones en el escenario BAU representa el crecimiento de las emisiones hasta el año 2025 en ausencia de acciones de reducción. Para modelar el incremento de emisiones, se consideran datos históricos sobre el crecimiento de la energía eléctrica y combustibles en el sector Residencial, el aumento en el consumo de energía eléctrica y combustibles del sector Comercial/ Institucional, el aumento en el consumo de energía eléctrica y combustibles para el sector Industrial, el crecimiento del consumo de combustibles en transporte, al aumento en las emisiones por disposición de residuos en el relleno sanitario, y por el tratamiento de aguas residuales para el sector Residuos. Se empleó la siguiente información para realizar las proyecciones:

Las proyecciones muestran que hasta el año 2025 las emisiones totales podrían aumentar bajo un escenario Business as Usual (BAU) a 25.203.915 t CO₂e a partir del año base.

- Población: se espera que la ciudad alcance un total de 10.413.535 habitantes para el año 2025, con una tasa promedio de crecimiento interanual de 1,3 %. (con base en datos históricos del INEI).
- Se espera que el aporte de emisiones del sector Residencial y Comercial a la huella de carbono de Lima aumente proporcionalmente al crecimiento poblacional proyectado de la ciudad.
- Se espera que el aporte de emisiones del sector Industrial a la huella de carbono crezca inicialmente con una tasa del 6 % (tendencia del crecimiento del sector de los últimos años), y que esta tasa disminuya en un 2 % hasta el año 2025).
- Se espera que el aporte de emisiones del sector Transporte a la huella de carbono aumente proporcionalmente al crecimiento del parque automotor de Lima.
- Se espera que las emisiones del sector Residuos se incrementen en función del crecimiento poblacional de Lima.
- Se espera que el crecimiento de las emisiones por procesos industriales sea proporcional al de la producción de cemento en la región (en este informe, se considera como principal fuente de emisiones en procesos industriales la producción de cemento).

Las proyecciones muestran que hasta el año 2025 las emisiones totales podrían aumentar bajo un escenario Business as Usual (BAU) a 25.203.915 t CO₂e a partir del año base, tal y como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 8. Proyección de emisiones por sector (en ton CO₂e)

	Residencial/ Comercial	Residuos	Industria	Transporte	Procesos industriales	Total
2012	2.801.989	2.121.807	3.335.559	5.528.462	1.644.288	15.432.105
2013	2.846.541	2.174.202	3.468.981	5.768.992	1.710.060	15.968.775
2014	2.891.801	2.225.303	3.677.120	6.021.947	1.778.462	16.594.633
2015	2.937.780	2.275.315	3.893.151	6.288.029	1.849.600	17.243.876
2016	2.984.491	2.322.863	4.117.007	6.567.981	1.923.584	17.915.927
2017	3.031.944	2.369.372	4.348.589	6.862.589	2.000.528	18.613.023
2018	3.080.152	2.414.931	4.587.761	7.172.686	2.080.549	19.336.079
2019	3.129.127	2.459.619	4.834.353	7.499.151	2.163.771	20.086.021

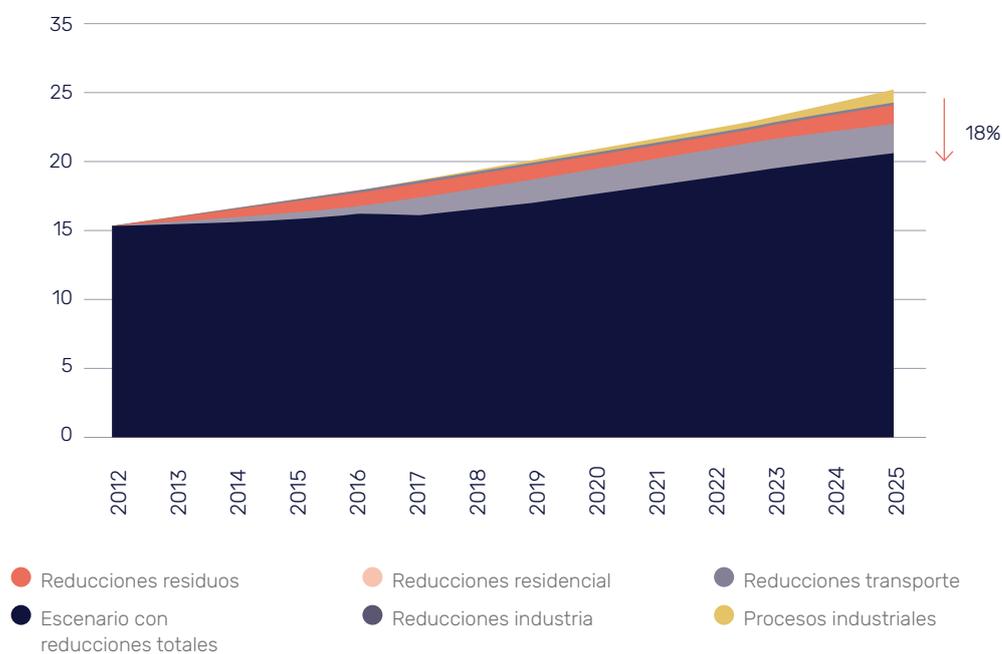
	Residencial/ Comercial	Residuos	Industria	Transporte	Procesos Industriales	Total
2020	3.178.880	2.503.507	5.088.157	7.842.919	2.250.322	20.863.785
2021	3.229.424	2.546.660	5.348.925	8.204.977	2.340.335	21.670.321
2022	3.280.772	2.589.136	5.616.371	8.586.370	2.433.948	22.506.597
2023	3.332.936	2.630.987	5.890.169	8.988.208	2.531.306	23.373.606
2024	3.385.930	2.672.260	6.169.952	9.411.662	2.632.558	24.272.363
2025	3.439.766	2.713.001	6.455.313	9.857.975	2.737.860	25.203.915

33

Fuente. Plan de acción Lima, Proyecto Huella de Ciudades, 2013.

Considerando el potencial de reducción de los proyectos identificados, la HC de Lima Metropolitana al año 2025 podría ser de 20.689.978 ton CO₂e, es decir se lograría una reducción del 18 % de la huella (4.513.938 t CO₂e, aproximadamente).

Figura 5. Potencial de reducción de la huella de carbono de la ciudad de Lima a 2025 (en millones t CO₂e)



Fuente. Elaboración propia

Realizado el análisis sectorial, se observó que las medidas dentro del sector Transporte tienen mayor potencial de reducción respecto a la HC total proyectada, tal como se muestra en las tablas siguientes. La reducción de emisiones calculada es anual y los porcentajes de la última fila se calculan en función de la huella que se reduce y la proyección para cada año mencionado.

Tabla 9. Reducción de emisiones anuales por proyectos del sector Transporte

Sector Transporte	Reducciones de emisiones (t CO ₂ e)		
	2017	2021	2025
Gestión del tráfico			
- Sistema de corredores segregados de alta capacidad (COSAC)			
- Sistema de corredores complementarios para el transporte público	24.844	29.704	35.688
- Gestión eficiente y ordenada de las autorizaciones de rutas de transporte público			
Construcción de vías			
- Vía Parque Rímac			
- Vías Nuevas de Lima	397.501	490.108	588.847
- Vía Expresa Sur			
- Eje Vial Javier Prado			
Programa "Chatarreo", para la renovación del parque automotor	124.023	124.023	124.023
Cursos de manejo eficiente obligatorios en transportistas públicos	1.972	5.044	8.728
Ciclovías			
- Sistemas de ciclovías (nuevas y mejoradas)			
- Actividades de sensibilización en unidades educativas (colegios y universidades) para el uso de transporte no motorizado	16.151	36.001	65.301
Movilidad peatonal:			
- Peatonalización del centro de Lima			
- Recuperación y ampliación de aceras	4.225	12.753	22.261
- Construcción de pasos peatonales segregados			
Centro de inspección vehicular	37.058	60.279	98.531
Líneas 1, 2 y 3 del metro de Lima	409.516	737.128	819.031
Renovación de flota de transporte público en alianza con el sector privado	33.419	86.891	113.626
Uso de vehículos eléctricos e híbridos en transporte privado	13.024	53.910	127.628
Conversión de vehículos a gas natural	58.687	106.317	153.946
Normativa con sanciones para la importación de vehículos usados	1.326	4.297	9.256
TOTAL	1.121.746	1.746.455	2.166.867
% de reducción respecto a la HC del sector	16,3 %	21 %	22 %

Fuente. *Elaboración propia.*

NOTA. Es importante tomar en cuenta que los proyectos mencionados arriba fueron identificados y validados por el MML en la gestión 2013, con el objetivo principal de estimar el potencial en términos de reducción de huellas. A la fecha, noviembre de 2017, algunos proyectos continuaban en el portafolio de la MML y otros habían sido desestimados.

De los datos anteriores, se observa que existe una importante reducción de emisiones proyectadas a 2025 por año en la ciudad de Lima, siempre y cuando se implementen todas las actividades previstas, lográndose una reducción de 22 % con relación a las emisiones proyectadas del sector. Entre las principales medidas previstas se encuentra Metro de Lima, el cual espera atender el 30 % de la demanda del transporte en Lima Metropolitana y el Callao, considerando que a 2025 se llegarían a construir e implementar tres líneas de metro, según información provista por la Gerencia de Transporte de la MML. Para el siguiente proyecto en importancia, Construcción de vías (Vía Parque Rímac, Vías Nuevas de Lima, Vía Expresa Sur y Eje Vial Javier Prado) se asume que en la fase de operación por la construcción de estas nuevas vías se reducirá el tiempo de viaje por vehículo y además se tendrán rutas más directas, reduciendo el consumo de combustible en el parque automotor.

Tabla 10. Reducción de emisiones anuales por proyectos del sector Residuos

Sector residuos	Reducciones de emisiones (t CO ₂ e)		
	2017	2021	2025
Reciclaje de residuos sólidos			
- Programa de segregación y reciclaje en Cercado			
- Formalización de recicladores en Cercado de Lima	235.753	253.393	269.944
- Ordenanza que promueve la segregación y el reciclaje de los residuos aprobada			
Captura y quema de metano en rellenos sanitarios manejados por la MML	378.289	387.124	399.620
- Captura y quema en Zapallal y Portillo			
Captura y quema de metano en plantas de tratamiento de aguas residuales	345.750	364.604	383.918
Reducción en la cantidad de residuos enviados a rellenos sanitarios	1.591	5.023	10.640
- Lima contra la basura			
Captura de metano en rellenos manejados por privados			
- Captura y quema en rellenos de Huaycoloro y Ancon	214.200	214.200	214.200
- Mejora en los sistemas de quema de biogás			
TOTAL	1.175.583	1.224.343	1.278.322
% de reducción respecto a la HC del sector	50 %	48 %	47 %

Fuente. Elaboración propia.

El sector Residuos tiene un potencial de reducción de emisiones total del 47 %, esto en caso de aplicarse todas las medidas planteadas anteriormente. El proyecto con mayor potencial es el de captura y quema de metano en rellenos sanitarios.

Tabla 11. Reducción de emisiones anuales por proyecto del sector Residencial

Sector residencial	Reducción de emisiones (ton CO ₂ e)		
	2017	2021	2025
Comité de ecoeficiencia en el MML	130	392	725
Promover el diseño bioclimático y ecoeficiente en las obras de construcción municipal.	223	290	358
Reemplazo de luminarias eficientes en el centro histórico de Lima	291	1.033	2.593
Construcciones con diseño bioclimático y ecoeficiente en el sector privado	25	50	113
Eficiencia energética en el sector Residencial y Comercial - Reemplazo por electrodomésticos y equipamiento eficiente	334	1.847	7.171
Educación para uso eficiente de energía	240	1.100	3.546
Responsabilidad social corporativa y sistema metropolitano de compensación de emisiones de CO ₂ para el sector privado	160	800	1.440
Huertos solares para la generación de energía eléctrica en Lima Metropolitana	-	-	-
Energía renovable (paneles y calefones solares)	21	64	134
Cambio en la matriz energética a gas natural	9.912	20.669	24.964
TOTAL	11.336	26.247	41.044
% de reducción respecto a la HC del sector	0,4 %	1 %	1 %

Fuente. *Elaboración propia*

En el sector Residencial, se estima una reducción de 1 % de la huella para el año 2025, siendo la principal medida el cambio de matriz energética a gas natural.

Tabla 12. Reducción de emisiones anuales por proyecto del Sector Industrial

Reducciones de emisiones (t CO ₂ e)			
Sector industrial	2017	2021	2025
Eficiencia energética	14.072	29.959	46.818
Reemplazo de clínker por puzolana, escoria de siderurgia	15.869	117.135	864.625
Responsabilidad social corporativa y sistema metropolitano de compensación de emisiones de CO ₂ para el sector Industrial	160	800	1.440
Cambio de la matriz energética a gas natural	61.905	76.145	91.895
Energías alternativas/renovables			
- Solar			
- Eólica	3.427	10.888	22.927
- Quema de biomasa			
TOTAL	95.433	234.927	1.027.705
% de reducción respecto a la HC del sector	2 %	3 %	11 %

Fuente. *Elaboración propia.*

En el sector Industrial, se estima que para el año 2025 se reduzcan las emisiones en un 11 %, si se implementaran todas las medidas propuestas en la tabla anterior.

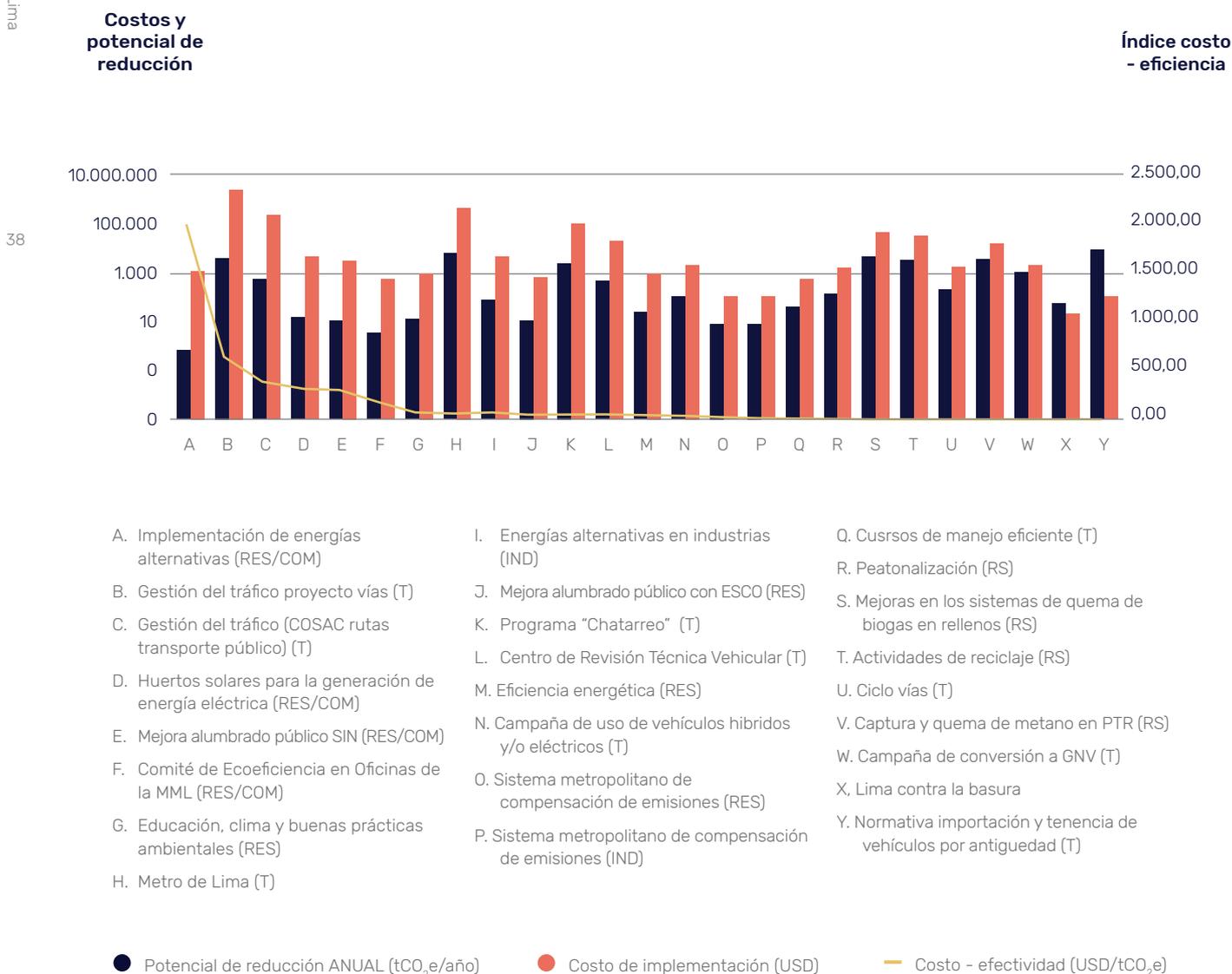
Finalmente, la medida priorizada de reducción de emisiones para el sector Público tiene que ver con el cambio de luminarias LED con y sin empresas de servicios energéticos (ESCO). El potencial de reducción que presenta esta acción se presenta a continuación:

Reducciones de emisiones (t CO ₂ e)			
Sector Público	2017	2021	2025
Mejora de la eficiencia de luminarias	291	1.033	2.593
% de reducción respecto a la HC del sector	0,0096 %	0,032 %	0,075 %

Fuente. *Elaboración propia.*

Posteriormente, a partir de documentación provista por parte de la municipalidad, entrevistas con actores clave y relevamiento de información secundaria como notas de prensa, se realizó una estimación de los costos de implementación de cada proyecto, para poder realizar un análisis de costo-efectividad. Los resultados de este análisis se muestran en la figura a continuación:

Figura 6. Costo-eficiencia de acciones con potencial para la reducción de la huella de carbono



- A. Implementación de energías alternativas (RES/COM)
- B. Gestión del tráfico proyecto vías (T)
- C. Gestión del tráfico (COSAC rutas transporte público) (T)
- D. Huertos solares para la generación de energía eléctrica (RES/COM)
- E. Mejora alumbrado público SIN (RES/COM)
- F. Comité de Ecoeficiencia en Oficinas de la MML (RES/COM)
- G. Educación, clima y buenas prácticas ambientales (RES)
- H. Metro de Lima (T)
- I. Energías alternativas en industrias (IND)
- J. Mejora alumbrado público con ESCO (RES)
- K. Programa "Chararre" (T)
- L. Centro de Revisión Técnica Vehicular (T)
- M. Eficiencia energética (RES)
- N. Campaña de uso de vehículos híbridos y/o eléctricos (T)
- O. Sistema metropolitano de compensación de emisiones (RES)
- P. Sistema metropolitano de compensación de emisiones (IND)
- Q. Cursos de manejo eficiente (T)
- R. Peatonalización (RS)
- S. Mejoras en los sistemas de quema de biogas en rellenos (RS)
- T. Actividades de reciclaje (RS)
- U. Ciclo vías (T)
- V. Captura y quema de metano en PTR (RS)
- W. Campaña de conversión a GNV (T)
- X. Lima contra la basura
- Y. Normativa importación y tenencia de vehículos por antigüedad (T)

Fuente. *Elaboración propia*

Respecto al análisis costo-eficiencia, se puede evidenciar en la figura 6 que las tres acciones con menor costo por t CO₂e reducida están relacionadas con actividades de sensibilización, promoción y educación a través de campañas de difusión y elaboración de normativa, este tipo de acciones (normativa en la importación y tenencia de vehículos por antigüedad, Lima contra la basura y campañas de promoción para la conversión de GNV en el parque automotor), representan un costo bajo de inversión, de USD 0,01 a 1,89/t CO₂e.

En términos de costo-efectividad, la cuarta acción más atractiva es la captura y quema de metano en PTAR (dentro del sector de Residuos), que generaría la reducción de 1 t de CO₂e por USD 3,81 de inversión. Con un costo de efectividad que oscila entre los USD 6 y 12/t de CO₂e, se encuentran las acciones de construcción de ciclovías, actividades de reciclaje, captura y quema de biogás en los rellenos sanitarios, acciones de peatonalización y cursos de manejo eficiente en el sector Transporte y los sistemas de compensación de emisiones en los sectores Industrial y Residencial/Comercial, en un orden de menor a mayor valor de costo-efectividad.

En un grupo intermedio en términos de costo-eficiencia se encuentran las acciones de campañas de uso de vehículos híbridos y/o eléctricos, eficiencia energética en el sector Residencial, el Programa de Chatarreo (garantizando que una cantidad de automóviles-por lo general buses antiguos, que emiten más CO₂-saldrán de circulación), la mejora en el alumbrado público con ESCO, el metro de Lima, energías alternativas en industria y educación y buenas prácticas ambientales en el sector Residencial, estas acciones se encuentran en un margen de USD 20 a 70 de inversión por tonelada de CO₂e reducida.

En un tercer grupo, las acciones con menor costo-eficiencia son las que por dólar reducen menor cantidad de emisiones. Entre ellas, se encuentran las actividades relacionadas con el Fortalecimiento del Comité de Ecoeficiencia en Oficinas de la MML, la mejora en el alumbrado público sin ESCO, las medidas de gestión de transporte como COSAC (Corredor Segregado de Alta Capacidad), implementación de nuevas vías y la implementación de energías alternativas en el sector Residencial y Comercial. Las inversiones de este último grupo oscilan entre USD 145 y 1.950 por cada t CO₂e reducida.

Para 2025, la huella hídrica proyectada en un escenario BAU asciende a 8.377.327.903 m³.

Las principales variables que determinan el escenario socioeconómico son la cantidad de habitantes en la ciudad, el Producto Interno Bruto per cápita del departamento, el crecimiento de los sectores Industrial y Comercial, y, finalmente, la facturación histórica por sector.

Huella hídrica

Para 2025, la huella hídrica proyectada en un escenario BAU asciende a 8.377.327.903 m³. Las principales variables que determinan el escenario socioeconómico son la cantidad de habitantes en la ciudad, el Producto Interno Bruto per cápita del departamento, el crecimiento de los sectores Industrial y Comercial, y, finalmente, la facturación histórica por sector. Para estimar las proyecciones, se utilizaron las siguientes consideraciones:

- Población: se espera que la población de la ciudad alcance un total de 10.413.535 habitantes para el año 2025, con una tasa promedio de crecimiento interanual de 1,3 % (según datos históricos del INEI).

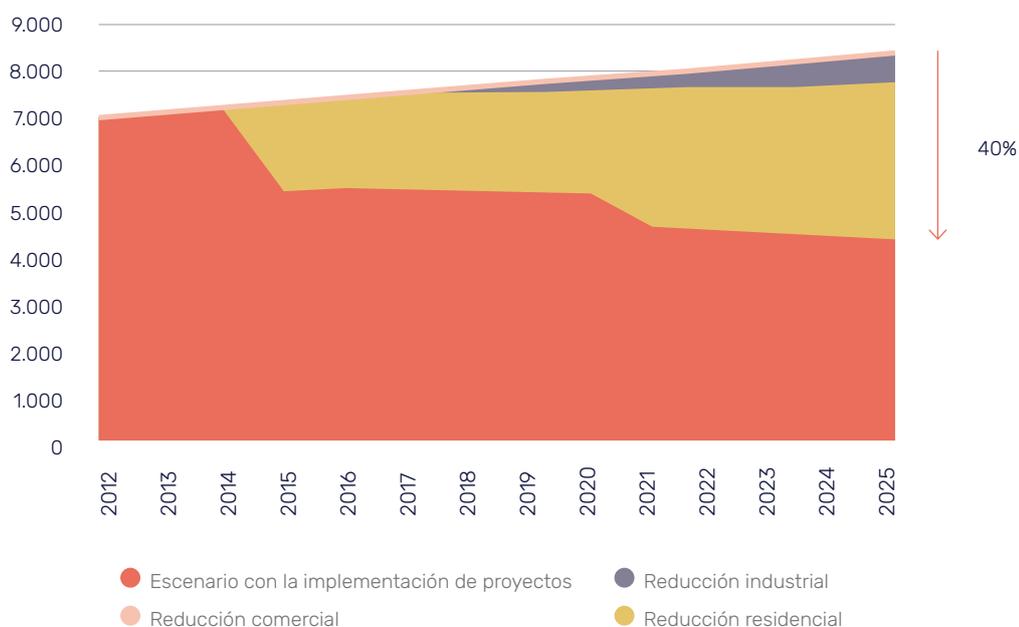
Se espera que la Huella Hídrica del sector residencial y comercial aumenten proporcionalmente al crecimiento poblacional.

- Se espera que la huella hídrica del sector Residencial y Comercial aumenten proporcionalmente al crecimiento poblacional.
- Se espera que la huella hídrica del sector Industrial y del público aumente en función del crecimiento histórico de la facturación de agua para el sector Industrial.

Posteriormente, considerando el potencial de reducción de las acciones identificadas, la HH de Lima Metropolitana podría reducirse en 40 %. En el análisis sectorial, se observa que las medidas dentro del sector Residencial tienen mayor potencial de reducción, tal como muestra la figura a continuación:

40

Figura 7. Potencial de reducción de la huella hídrica de Lima Metropolitana (en millones de m³)



Fuente. Elaboración propia.

Realizado el análisis por sector, se observó que las medidas dentro del sector Residencial tienen mayor potencial de reducción respecto a la HH total proyectada, tal como se muestra en las tablas siguientes. La reducción de emisiones calculada es anual y los porcentajes de la última fila se calculan en función de la huella que se reduce y la proyección para cada año mencionado.

Tabla 13. Reducción de emisiones anuales por proyecto del sector Residencial

Reducciones de huella hídrica (m ³)			
Sector residencial	2017	2021	2025
Reciclaje de aguas residuales		739.309.205	778.473.379
Promoción de uso eficiente de agua a través de campañas masivas de difusión y sensibilización	16.403.240	34.595.441	72.856.201
Recambio de artefactos ahorradores de agua	145.532.740	378.539.096	715.810.840
Reúso de aguas grises de ducha y lavamanos para riego y limpieza		20.445.347	215.284.187
Implementación de inodoros de bajo consumo	25.240.728	62.106.622	65.396.659
Implementación de grifos de bajo consumo	16.780.410	41.289.403	43.476.668
Implementación de duchas de bajo consumo	22.373.880	55.052.537	57.968.890
Implementación de duchas, grifos e inodoros de bajo consumo	81.137.722	199.645.188	333.684.435
Implementación de una PTAR y reúso de agua	1.590.567.790	1.677.302.646	1.766.156.096
TOTAL	1.979.419.285	2.908.238.526	3.277.849.708
% de reducción respecto a la HC del sector	30 %	42 %	45 %

Fuente. *Elaboración propia.*

La implementación de todas las medidas, al año 2025, promoverá la reducción de aproximadamente el 45 % de la huella total del sector. La implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad es la actividad con mayor potencial de reducción de la huella total del sector.

Tabla 14. Reducción de emisiones anuales por proyecto del sector Comercial

Reducciones de huella hídrica (m ³)			
Sector comercial	2017	2021	2025
Promoción de uso eficiente de agua a través de campañas masivas de difusión y sensibilización	1.996.352	4.210.428	8.866.943
Recambio de artefactos ahorradores de agua	3.659.488	18.139.601	39.767.430
Implementación de inodoros de bajo consumo	1.825.803	1.825.803	4.730.505

Continúa en la siguiente página

Reducciones de huella hídrica (m ³)			
Sector comercial	2017	2021	2025
Implementación de grifos de bajo consumo	1.141.359	1.141.359	2.957.169
Adecuación de sistemas de distribución de agua para reutilizar agua de lavamanos en inodoros	692.327	692.326	15.375.087
Implementación de grifos + inodoros ahorradores			16.704.668,38
Adecuación de sistemas de distribución de agua para reutilizar agua de lavamanos en inodoros	1.825.803	1.825.803	4.730.505
TOTAL	5.655.840	6.044.114	48.634.373
% de reducción respecto a la HH del sector	2 %	2 %	16 %

Fuente. *Elaboración propia.*

La implementación completa del plan de acción para el sector Comercial produce una reducción aproximada de 16 % de su huella hídrica total.

Tabla 15. Reducción de emisiones anuales por proyecto del sector Industrial

Reducciones de huella hídrica (m ³)			
Sector industrial	2017	2021	2025
Implementación de PTAR en el sector Industrial	61.905.722	333.101.278	642.013.106
TOTAL	61.905.722	333.101.278	642.013.106
% de reducción respecto a la HH del sector	10 %	48 %	86 %

Fuente. *Elaboración propia*

Considerando que la principal influencia en el total de la huella hídrica estimada es la de la huella gris, debida a la falta de tratamiento de las aguas residuales para este sector, también se constituye en la principal medida la implementación de una PTAR para el sector Industrial, cuyo potencial de reducción al año 2025 equivale al 86 % de la huella hídrica total del sector.

NOTA. Es importante tomar en cuenta que los proyectos mencionados fueron identificados y validados por la MML en la gestión 2013, con el objetivo principal de estimar el potencial en términos de reducción de huellas. A la fecha, octubre de 2017, algunos proyectos continúan en el portafolio de la MML y otros fueron desestimados.

Posteriormente, a partir de documentación provista por parte de la municipalidad, entrevistas con actores clave y relevamiento de información secundaria como notas de prensa, se realizó una

estimación de los costos de implementación de cada proyecto, para poder realizar un análisis de costo eficiencia. Los resultados de este análisis se muestran en la gráfica a continuación:

Figura 8. Costo-eficiencia de acciones propuestas para la reducción de la huella hídrica



Fuente. Elaboración propia.

Se observa que las medidas más costo-eficientes consisten en la implementación de grifos e inodoros de bajo consumo en el sector Residencial y Comercial, dando una indicación del atractivo de implementar medidas de gestión de la demanda. Siguen, en orden de prioridad, la adecuación de sistemas de distribución de agua para reutilización en el sector Comercial y Residencial. El otro grupo de medidas con menor costo-efectividad (requieren mayor inversión por Hm3 de HH reducida) se concentra en los sectores Industrial y Residencial, y tienen que ver con la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales y recirculación, esto debido al alto costo de inversión que requieren estas obras.

07

Proyectos piloto

En coordinación con la MML, se desarrollaron algunos proyectos piloto de reducción de huellas, con el fin de demostrar cuán factible es su implementación e identificar las posibles amenazas y problemas derivados de los procesos de implementación, así como para calcular los impactos y resultados que pueda generar el proyecto piloto en la reducción de las huellas de la ciudad, pensando en su posterior aplicación y replicación. A continuación, se describen los proyectos piloto implementados en la ciudad de Lima:

Apoyo al Comité de Ecoeficiencia para la sensibilización de funcionarios municipales sobre la HC y la HH. Con el fin de fortalecer las actividades del Comité de Ecoeficiencia de la MML e institucionalizar a través de él la medición y reducción de las huellas dentro de la MML, se realizó una campaña de sensibilización en edificios de la MML. La campaña de sensibilización fue lúdica y dinámica, utilizando elementos de comunicación activos que permitieron la interacción directa de los colaboradores. Por este motivo, métodos convencionales como charlas y entrega de separatas fueron remplazados por visitas a cinco edificios municipales con personajes pintorescos que interactuaron con el personal, llevaron los mensajes trabajados y entregaron *merchandising*, entre otros.

De forma complementaria, se realizaron capacitaciones con el siguiente contenido:

- Gestión ecoeficiente de agua, energía, recursos materiales y residuos: se abordó con un enfoque basado en las huellas de carbono e hídrica, introduciendo estos conceptos en la sensibilización.
- Cambio climático y campaña Pon de tu Parte. Esta iniciativa se vinculó a la campaña “Pon de tu Parte: Compromisos por el Clima”, ya que los personajes también motivaron al personal a asumir compromisos a través de la página web www.ponetuparte.com.

Adicionalmente, el día de la capacitación, se instaló un módulo informativo de la campaña en cada edificio con personal y equipo adecuado para que las personas interesadas pudieran hacer sus compromisos *online*.

La campaña de sensibilización fue lúdica y dinámica, utilizando elementos de comunicación activos que permitieron la interacción directa de los colaboradores.

El registro de las actividades de sensibilización fue cubierto por la Subgerencia de Prensa y Comunicaciones que forma parte del Comité de Ecoeficiencia.

Por último, en coordinación con el Comité de Ecoeficiencia de la MML, se actualizó el portal web que manejan con la siguiente información:

- Conceptos básicos de ecoeficiencia.
- Relación entre cambio climático, huellas de carbono e hídrica y ecoeficiencia.
- Informe semestral con indicadores de ecoeficiencia para el primer semestre de 2014.
- Resumen de resultados de las huellas de carbono e hídricas de la MML (año 2012).
- Consejos para la gestión ecoeficiente.

El registro de las actividades de sensibilización fue cubierto por la Subgerencia de Prensa y Comunicaciones que forma parte del Comité de Ecoeficiencia. Más allá de registrar la actividad, lo que se buscó fue contar con material audiovisual, que sirva posteriormente como insumo para continuar con la campaña de sensibilización en el resto de los funcionarios de la MML.

Ilustración 3. Registro fotográfico de la campaña de sensibilización en la MML





Ilustración 4. Portal web de ecoeficiencia



Fuente. *Elaboración propia.*

Considerando variables climáticas como porcentaje de humedad y nivel de precipitación se priorizó -en coordinación con la MML y la PUC de Lima (contraparte técnica del proyecto piloto)- la zona de Huachupampa para la construcción de los 3 atrapanieblas.

Apoyo al Programa Escuelas Verdes. Como apoyo al Programa Escuelas Verdes manejado por la MML y Sedapal, se desarrolló un concurso denominado “Las escuelas más ecoeficientes de Cercado” entre 30 instituciones educativas, en tres fases:

Fase inicial: se evaluó el desempeño, la participación y los avances en gestión ambiental de cada institución educativa participante desde el inicio del programa, de acuerdo con criterios de evaluación establecidos por la MML. Se utilizaron como instrumentos de evaluación las calculadoras personales de huellas de carbono e hídrica elaboradas por el Proyecto Huella de Ciudades.

Fase intermedia: cada institución educativa elaboró y presentó una propuesta de sensibilización y difusión ambiental, la cual fue evaluada por un jurado conformado por representantes de Sedapal y la MML.

Fase final: se evaluaron y calificaron las propuestas de las escuelas, y se seleccionaron las cinco con mayor puntaje, las cuales fueron beneficiadas con la sustitución de luminarias convencionales por otras más eficientes, y la sensibilización de los alumnos y profesores.

Instalación de atrapanieblas para captura de agua del aire.

Considerando variables climáticas como porcentaje de humedad y nivel de precipitación, se priorizó, en coordinación con la MML y la PUC de Lima (contraparte técnica del proyecto piloto), la zona de Huachupampa para la construcción de los tres atrapanieblas.

Para esto, se utilizó el prototipo “mariposa”, compuesto por tres palos de 3 metros cada uno, que unidos tienen un largo de 1 metro. Los tres atrapanieblas fueron instalados en distintas posiciones, lo que permitió registrar información de tres direcciones distintas para la recolección de agua de niebla.

Tabla 16. Volumen de agua recolectado por los atrapanieblas

L/día recolectados por atrapanieblas	Cantidad de atrapanieblas	L/día totales recolectados	m ³ /año totales recolectados
300	3 (dobles)	1.800	657

Fuente. Comunarios de Huachupampa con apoyo del equipo técnico de la PUC de Lima para el monitoreo.

La zona de Huachupampa se encuentra ubicada en la parte alta de la cuenca del río Rímac, principal proveedor de agua de Lima, y con el aprovechamiento de agua de niebla –además de los cobeneficios que supone para la población– tiene un impacto positivo en la sostenibilidad de la huella hídrica de Lima.

Ilustración 5. Instalación de atrapanieblas, distrito Huachupampa



Fuente. Proyecto Huella de ciudades.

08

Actividades de comunicación

El objetivo del Proyecto Huella de Ciudades en el ámbito de comunicación es facilitar el intercambio de conocimientos entre la MML y los Gobiernos municipales de otras ciudades, relacionados con la gestión local del cambio climático, rescatando experiencias exitosas y lecciones aprendidas que puedan aportar al diálogo sobre la transición hacia modelos de desarrollo bajo en carbono y resiliente en la ciudad de Lima.

De este modo, Lima organizó y participó en eventos locales e internacionales sobre el tema de ciudades. Por ejemplo, en la fase de preparación de la COP 20 (Conferencia de Cambio Climático realizada en Lima a fines de 2014), se llevó a cabo uno sobre ciudades sostenibles en el mes de septiembre de ese año, en el que se discutieron temáticas relevantes, y tuvo lugar un panel del proyecto con representantes de La Paz, Quito y Lima. También, durante la COP 20, se presentaron los resultados en un evento paralelo, con la participación de altos representantes de los actores del mismo, incluido el vicepresidente ejecutivo de CAF, Sr. Luis Enrique Berrizbeitia.

Los resultados del trabajo en Lima fueron presentados en varios escenarios internacionales, como el Foro Anual LEDS LAC (Lima, Perú, 2013), el Foro Urbano Mundial (Medellín, Colombia, 2014), el foro global Resilient Cities (Bonn, Alemania, 2014), la conferencia COP 20 (Lima, Perú, 2014), la COP 21 (París, Francia, 2015), y Hábitat III (Quito, Ecuador, 2016), por mencionar algunos.

El objetivo del Proyecto Huella de Ciudades en el ámbito de comunicación es facilitar el intercambio de conocimientos entre la MML y los Gobiernos municipales de otras ciudades, relacionados con la gestión local del cambio climático.

09

Redes y alianzas

Un aspecto importante de resaltar es la promoción a nivel internacional de la ciudad de Lima, que se logró con el cálculo de sus huellas, por ejemplo, a través de la facilitación de su vinculación con redes, grupos y alianzas internacionales (como Gobiernos Locales por la Sustentabilidad (ICLEI), el Carbon Disclosure Project (CDP) y el Pacto de los Alcaldes, entre los más importantes), que giran en torno a la temática de ciudades, con incidencia en el área de cambio climático y otros temas ambientales. Esto ha permitido incrementar su visibilidad y reconocimiento internacional en cuanto a una actitud proactiva hacia temas de cambio climático y, también, abrir la posibilidad de que se establezcan alianzas estratégicas que coadyuven a mejorar los esfuerzos de cada ciudad en la reducción de sus huellas y la difusión de los resultados del proyecto a nivel internacional. Por ejemplo, como resultado de su participación, las ciudades de Lima y La Paz se sumaron a un grupo de 30 ciudades del mundo, en el marco de un proyecto piloto global para probar la metodología de cálculo de huella de carbono definida como la oficial para este propósito, conocida como *Global Protocol for Community - Scale Greenhouse Gas Emissions* (GPC).

Por otro lado, el apoyo que recibió la ciudad de Lima para desarrollar su inventario de carbono con base en la metodología GPC le ha permitido cumplir con los requerimientos del Compacto de Alcaldes en temas de mitigación, y vincularla al Grupo de Ciudades con Liderazgo Climático (C40), una red global de megaciudades comprometida con buscar soluciones al cambio climático, para desplegar el Protocolo Global para inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a escala de comunidades (GPC por sus siglas en inglés) en siete ciudades de Latinoamérica: Lima (Perú), Quito (Ecuador), Caracas (Venezuela), Santiago (Chile), Salvador de Bahía (Brasil), Sao Paulo (Brasil) y Curitiba (Brasil).

Con la implementación del proyecto, se promovió en Lima el establecimiento de sinergias entre las gerencias, OPD y empresas de la misma MML. Con el fin de implementar los proyectos, se involucró a la MML (implementación y seguimiento), y al INTE-PUCP (coordinación con la entidad proveedora de la tecnología para proyectos piloto), entre otros.

Con la implementación del proyecto, se promovió en Lima el establecimiento de sinergias entre las gerencias, OPD y empresas de la misma MML. Con el fin de implementar los proyectos, se involucró a la MML (implementación y seguimiento), y al INTE-PUCP (coordinación con la entidad proveedora de la tecnología para proyectos piloto), entre otros.

 10

Creación de
capacidades
en la MML

Uno de los objetivos principales del Proyecto Huella de Ciudades es fortalecer el proceso de sensibilización pública en materia de cambio climático. Para ello, las huellas son herramientas útiles que facilitan la comunicación y el entendimiento por parte de la población en general, dada su relativa simplicidad.

En el contexto de las actividades de capacitación, se desarrollaron herramientas de cálculo de huellas, inicialmente programadas en Visual Basic para Microsoft Excel, y posteriormente traducidas a un lenguaje de programación (Delphi) para plataformas web (PHP y MYSQL para facilitar su inclusión en los sistemas de información municipal y, por tanto, la sostenibilidad en su uso, como un instrumento personalizado para la ciudad de Lima, que facilita al personal de la MML la evaluación periódica de las huellas.

Como parte del proceso de construcción de capacidades a personal del Gobierno municipal, se puso a su disposición una *toolbox* o caja de herramientas del Proyecto Huella de Ciudades, que tiene por objetivo concentrar los principales productos entregables del proyecto (informes de cálculo de huellas, manuales, resúmenes y herramientas de cálculo y monitoreo, entre otros) en un formato amigable y sencillo.

En el caso de la MML, la principal dificultad para la transferencia de capacidades fue el cambio de personal en la Gerencia de Ambiente a pocos meses de finalizar el Proyecto Huella de Ciudades, con lo cual se tuvieron que intensificar y repetir las sesiones de capacitación para el nuevo personal. Este no fue un proceso sencillo, debido a la demora en la conformación y contratación del equipo técnico de la gerencia.

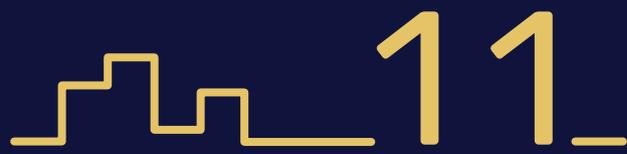
Uno de los objetivos principales del Proyecto Huella de Ciudades es fortalecer el proceso de sensibilización pública en materia de cambio climático. Para ello, las huellas son herramientas útiles que facilitan la comunicación y el entendimiento por parte de la población en general, dada su relativa simplicidad.

Ilustración 6. *Toolbox* de Huella de Ciudades



Fuente. *Elaboración propia*

Adicionalmente, se elaboró una herramienta de monitoreo de huellas para plantas de tratamiento de agua residual (PTAR), que permite analizar tecnologías y potencial de reducción de la HH de la ciudad.



Logros, lecciones y desafíos

Los principales logros obtenidos, lecciones aprendidas y desafíos identificados como resultado de la implementación del Proyecto Huella de Ciudades en Lima se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 17. Principales logros, lecciones y desafíos del proyecto en Lima

<p>Logros obtenidos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Inclusión de los indicadores de huella de carbono y huella hídrica en los instrumentos de planificación de la MML: <ul style="list-style-type: none"> - Estrategia de Adaptación y Acciones de Mitigación de la Provincia de Lima al Cambio Climático. • Identificación de oportunidades de financiamiento climático, con mayores avances en el proyecto de recambio de luminarias públicas y el proyecto de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales descentralizadas en Cercado de Lima. • Creación de capacidades locales en la gestión de huellas dentro del gobierno municipal. • Fortalecimiento de la sensibilización y participación ciudadana y dentro de la MML en temas de cambio climático.
<p>Lecciones aprendidas y recomendaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Comprometer la voluntad política al más alto nivel es clave para la sostenibilidad de los resultados del proyecto. • Implementación de un sistema de gestión de datos centralizado dentro del Gobierno municipal, que facilite el siguiente cálculo de las huellas. • Se requiere una coordinación con el Gobierno nacional para comunicar el potencial que tiene Lima en la reducción de emisiones de GEI y el cumplimiento de los NDC del país. • Los proyectos demostrativos piloto son importantes para traducir los resultados de las huellas en acciones prácticas, creando sensibilización y sinergias entre actores.
<p>Desafíos a futuro</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere fortalecer el sistema de datos e información que maneja la MML, tanto de su institución como de la ciudad (en términos de consumo de recursos, agua, energía y combustibles), para el monitoreo de las huellas en el futuro. • Lograr el apoyo de otras áreas e instituciones, para garantizar la implementación del plan de acción. • Coordinar con el Gobierno nacional la implementación de proyectos del plan de acción. • Garantizar la réplica y escalamiento de los proyectos piloto, especialmente el de la instalación de atrapanieblas en comunidades con escasez de agua. • Fortalecer sinergias, tanto dentro del Gobierno municipal, como con otros actores estratégicos identificados.

Fuente. *Elaboración propia*

