University of Stuttgart
Institute of Human Factors and Technology Management IAT

Fraunhofer

IMPLAN
INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEACIÓN SALTILLO

Tecnológico de Monterrey

INFORME RESUMIDO DEL PERFIL DE LA CIUDAD

CITY LAB SALTILLO, MÉXICO

Foto: Markus Schwegler

MORGENSTADT GLOBAL SMART CITIES INITIATIVE
GLOBAL APPROACH – LOCAL SOLUTIONS

MorgenStadt
City of the Future

Supported by:

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety

based on a decision of the German Bundestag

INFORME RESUMIDO DEL PERFIL DE LA CIUDAD

CITY LAB SALTILLO, MÉXICO

University of Stuttgart
Institute of Human Factors and Technology Management IAT

Fraunhofer

IMPLAN
INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEACIÓN SALTILLO

Tecnológico de Monterrey

mgi MORGENSTADT GLOBAL SMART CITIES INITIATIVE
GLOBAL APPROACH – LOCAL SOLUTIONS

MorgenStadt City of the Future

Supported by:
Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety
based on a decision of the German Bundestag

PRÓLOGO

MENSAJE DEL PRESIDENTE MUNICIPAL DE SALTILLO

La ciudad de Saltillo fue seleccionada como una ciudad laboratorio por el Ministerio Federal de Medio Ambiente de Alemania y la Iniciativa Internacional para el Clima (IKI), para diseñar e implementar proyectos que combinan tecnología y participación social para encontrar soluciones locales ante los desafíos globales que impone el cambio climático.

El proyecto City Lab forma parte de la Iniciativa Global de Ciudades Inteligentes de Morgenstadt y tiene por objetivo apoyar a tres ciudades de países diferentes -México, India y Perú- para generar proyectos viables y replicables con el uso de tecnología e intercambio de conocimientos con expertos internacionales y locales para que las ciudades desarrollen la capacidad de promover un desarrollo urbano inteligente y sostenible.

Se definieron tres áreas estratégicas de trabajo: agua, energía y movilidad, por ser fundamentales en la calidad de vida de la población, la competitividad y prioritarias para la mitigación de emisiones y la adaptación de la ciudad al cambio climático.

Con la cooperación internacional, el trabajo de investigadores, funcionarios públicos, líderes empresariales y ciudadanos, preocupados por el medio ambiente, logramos concentrar esfuerzos y trabajar sobre un mismo objetivo hasta conformar un diagnóstico de la ciudad y una cartera de proyectos específicos.

Con estos trabajos, Saltillo avanza en el cumplimiento de su Agenda Ambiental y contribuye desde lo local al cumplimiento de los acuerdos multinacionales promovidos por la Organización de las Naciones Unidas para reducir las emisiones de carbono y fomentar un desarrollo sostenible.

MANOLO JIMÉNEZ SALINAS

MENSAJE DEL DIRECTOR DEL INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEACIÓN DE SALTILLO

El cambio climático plantea un nuevo desafío en la planeación del desarrollo y en la búsqueda de soluciones para los problemas cada vez más complejos que enfrentan las ciudades. Los gobiernos locales son la primera instancia de contacto con la gente y, por tanto, quienes hacen frente al compromiso de mitigar y prevenir los impactos del calentamiento global para preservar calidad de vida y el bienestar de la población.

La articulación entre la cooperación internacional, la investigación, el intercambio de conocimiento, la gestión y la experiencia, es un proceso indispensable en el diseño e implementación de proyectos locales para garantizar un impacto favorable y buenos resultados, tal y como se espera lograr con la Iniciativa Ciudades Inteligentes Mongerstand que hemos trabajado con el Instituto Franhoufer.

Con la opinión y conocimiento de 60 expertos locales, entre investigadores, empresas, ciudadanos y gobierno del ámbito nacional, estatal y municipal, se identificaron los retos que debemos atender en Saltillo para ser una ciudad inteligente y sustentable en los sectores de agua, movilidad y energía. Ha sido un proceso colaborativo y enriquecedor, guiado por una estricta metodología participativa y el trabajo de gran calidad del Instituto Fraunhofer.

El resultado de esta iniciativa es apenas el principio de un cambio estratégico para Saltillo. Este es nuestro compromiso.

OSCAR PIMENTEL GONZÁLEZ

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 7

2. CITY LAB SALTILLO 11
- 2.1. Perfil de sostenibilidad de Saltillo 12
- 2.2. Observaciones climáticas e impactos del cambio climático 13
- 2.3 Emisiones de CO_2 17
- 2.4. Análisis sectorial 18
  - 2.4.1. Energía 18
  - 2.4.2. Agua 21
  - 2.4.3. Movilidad 24

3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD 28

4. HOJA DE RUTA: MAPA DE MEDIDAS Y ESTRATEGIAS 29
- 4.1. Hoja de ruta de la estrategia 29
- 4.2. Medidas sugeridas 31

5. CONCLUSIONES 36

AUTORES 39

BIBLIOGRAFÍA 40

1. INTRODUCCIÓN

CITY LAB SALTILLO Y LA INICIATIVA GLOBAL DE CIUDADES INTELIGENTES DE MORGENSTADT

El *City Lab Saltillo* pretende señalar el camino a seguir para que la ciudad de Saltillo, México, se convierta en una ciudad sostenible y resiliente. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU y el Acuerdo de París ponen de manifiesto la urgencia de transformar las ciudades en asentamientos neutros y sostenibles desde el punto de vista climático, al tiempo que se vuelven más resilientes a las consecuencias adversas del cambio climático. El *City Lab Saltillo* es parte de la Iniciativa Global de Ciudades Inteligentes de Morgenstadt (MGI) financiado por el Ministerio Federal de Medio Ambiente de Alemania a través de la Iniciativa Internacional del Clima (IKI). El objetivo del proyecto MGI es estimular el cambio transformacional en los sistemas urbanos a través de un análisis integral e intersectorial del *status quo*. Para ello, se identifican los potenciales para mejorar el rendimiento de la sostenibilidad en sectores seleccionados y se desarrollan soluciones integradas, sostenibles y a la medida para mejorar los procesos o servicios de las infraestructuras urbanas. Aunque este enfoque se ha aplicado en numerosas ciudades,[1] el actual MGI se ocupa de tres ciudades: Saltillo (México), Kochi (India) y Piura (Perú).

En el centro del proyecto MGI se encuentra la Iniciativa Fraunhofer Morgenstadt, que ha sido fundamental para establecer la red de expertos que dirigen los *City Labs* de las tres ciudades seleccionadas. La Iniciativa Fraunhofer Morgenstadt es una red que incluye institutos Fraunhofer, municipios y empresas, lanzada en 2011 por el Instituto Fraunhofer de Ingeniería Industrial (IAO), creada para conceptualizar, desarrollar y probar innovaciones para las ciudades del futuro.

Reconociendo que el cambio climático representa un desafío global que sólo puede ser abordado a través de la cooperación internacional, el objetivo principal del MGI es mitigar el cambio climático mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) dentro de los límites de las ciudades piloto y aumentar su resiliencia a los impactos y riesgos climáticos latentes. México ratificó el Acuerdo de París sobre el cambio climático en 2016. En la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC), emitida inicialmente en 2015 y reafirmada a principios de 2021, México se comprometió a reducir sus emisiones de GEI en un 22 % como parte de sus objetivos no condicionados. Las ciudades de todo el país, caracterizadas por una alta concentración de población y una elevada actividad económica, presentan oportunidades únicas para contribuir a alcanzar este objetivo.

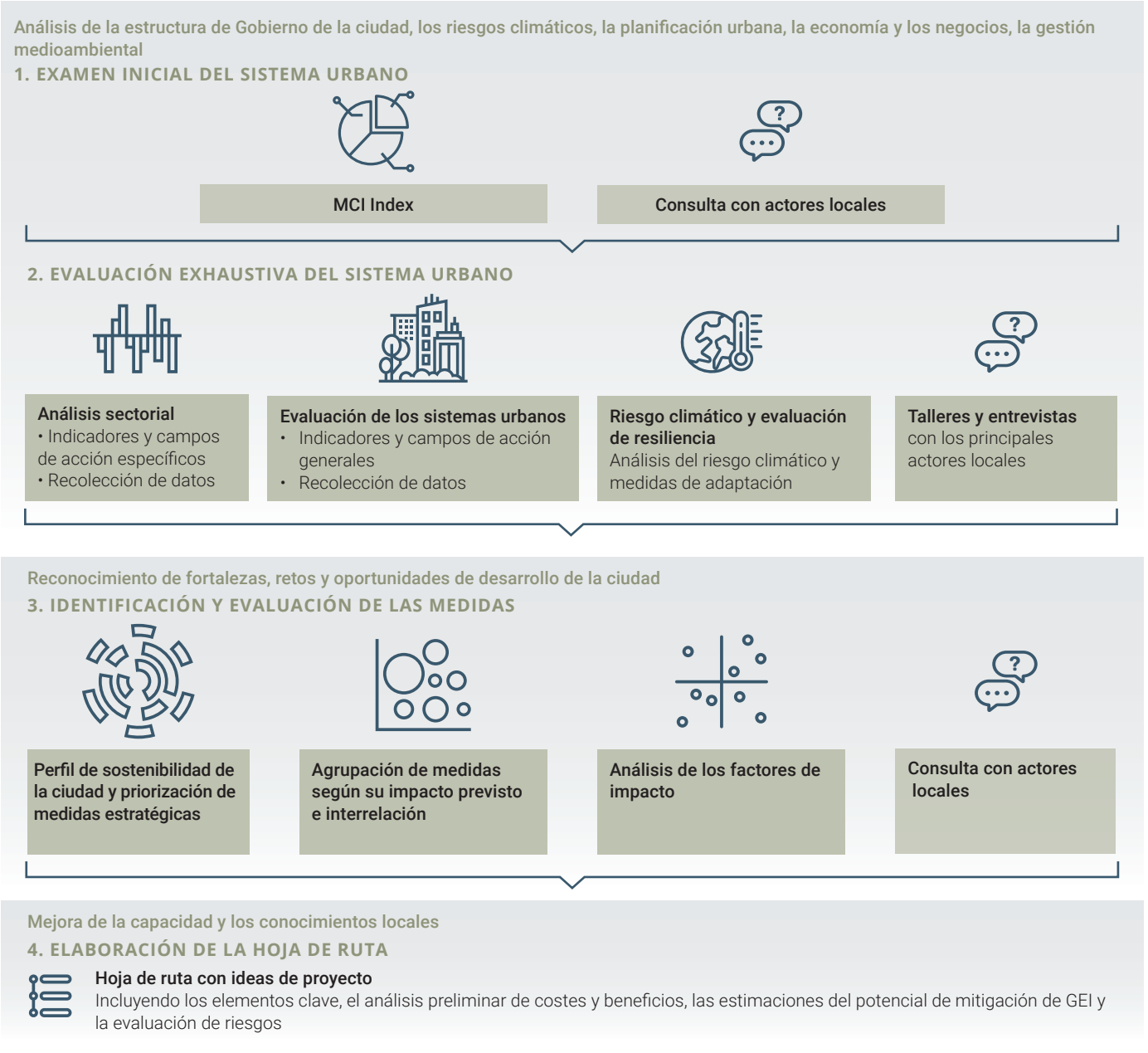
La selección de las tres ciudades MGI: Saltillo, Kochi y Piura, no es casual. Son precisamente estos asentamientos urbanos de tamaño medio los que están experimentando un crecimiento más rápido y se enfrentarán a graves desafíos en el futuro, tanto en términos de adaptación como de mitigación del cambio climático y el desarrollo urbano sostenible. El MGI pretende apoyar a estas ciudades en el desarrollo de un enfoque coherente que apuntale la resiliencia climática y el desarrollo urbano sostenible con políticas innovadoras y esfuerzos para desarrollar intervenciones e infraestructuras intersectoriales.

[1] Para más información, visite https://www.morgenstadt.de/en/projekte/city_labs.html

METODOLOGÍA

La metodología *Morgenstadt City Lab* implica un análisis en profundidad de una ciudad determinada basado en indicadores de desempeño para evaluar los resultados cuantificables en materia de sostenibilidad, los campos de acción clave necesarios para el desarrollo sostenible y los factores de impacto únicos que operan en cada ciudad. Además de estos elementos cuantitativos, se llevan a cabo entrevistas y talleres de expertos con las principales partes interesadas de los sectores público, privado y académico, lo que garantiza un alto grado de participación local y complementa el análisis cuantitativo. Además, su participación en la cocreación de soluciones asegura soluciones a la medida y no genéricas, garantizando al mismo tiempo un alto grado de apropiación local de las medidas propuestas. Los resultados de cada *City Lab* incluyen un informe del perfil de sostenibilidad individual, un análisis detallado de sectores específicos (por ejemplo: movilidad, desarrollo urbano, edificios, energía y otros), una hoja de ruta orientada a la acción y el desarrollo de medidas y proyectos innovadores. La figura 1 ilustra el marco de acción utilizado.

FIGURA 1 : MARCO DE MORGENSTADT PARA LA INICIATIVA MGI



SOBRE SALTILLO

La ciudad mexicana de Saltillo tiene una población de aproximadamente un millón de habitantes. Debido a su floreciente economía en una de las regiones más ricas de México, se caracteriza por un alto crecimiento demográfico, añadiendo más de 25 000 habitantes a su área metropolitana cada año. Saltillo es la capital del estado de Coahuila de Zaragoza, un estado con indicadores económicos por encima de la media y vecino de Texas, Estados Unidos, con el que comparte una frontera de más de quinientos kilómetros. La ciudad se encuentra en el desierto de Coahuila, a pesar de su ubicación la ciudad ha experimentado un amplio crecimiento. Saltillo tiene una superficie de 270 km² y ocupa el sexto lugar en México en cuanto a menor densidad de población.

Saltillo y el estado de Coahuila se encuentran entre las regiones más industrializadas de México (INEGI, 2020). La actividad económica de la ciudad se centra en las actividades industriales, que representan el 83 % de su actividad económica total. Dentro de este sector, la industria manufacturera representa el 97.3 % de la actividad total (INEGI 2020) . La ciudad tiene una alta concentración de empresas de manufactura automotriz, metalúrgica y de maquinaria y equipo. Su área metropolitana alberga más de 40 parques industriales[2]. Cabe destacar que más del 8 % de la industria de fabricación de automóviles de México y el 6 % de la industria metalúrgica de México se encuentran en Coahuila. La próspera economía de la región se refleja en sus indicadores económicos, que están por encima de la media, incluyendo un mayor Producto Interno Bruto (PIB), salarios per cápita y una menor tasa de desempleo (Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza 2021) .

En términos de sostenibilidad, la ciudad tiene un gran potencial de actuación. Teniendo en cuenta el clima seco del municipio y la presente escasez de agua, tiene un excelente potencial para mejorar su resiliencia contra el estrés y la presión hídrica. Al estar situada en una zona con un extraordinario potencial solar (ver figura 2), Saltillo podría aprovechar la energía solar integrando tecnologías fotovoltaicas para cubrir su demanda energética. Al ser una de las zonas más industrializadas de

[2] Para ver la lista completa visite http://www.setcoahuila.gob.mx/parques1.html

México, tiene un gran potencial para reducir sus emisiones de GEI en el sector industrial mediante la eficiencia energética y el aumento de las energías renovables. Teniendo en cuenta la continua expansión urbana, Saltillo podría mejorar sus servicios de movilidad sostenible tanto ampliando sus servicios de movilidad pública como fomentando la movilidad no motorizada e integrando la movilidad y la planificación urbana. Estas oportunidades de desarrollo sostenible fueron un tema de discusión repetido en más de 40 entrevistas realizadas a expertos locales del sector académico, público y privado (figura 3). Asimismo, los entrevistados mencionaron retos destacados que impiden el desarrollo sostenible. Los factores más importantes que inhiben el cambio transformacional a largo plazo son la falta de conciencia medioambiental, los recursos financieros limitados y el reto de aplicar incentivos a largo plazo frente a gobiernos cambiantes.

VISIÓN GENERAL DE SALTILLO (FIGURA 2)

POBLACIÓN
Más de un millón de habitantes y un crecimiento del 2.6 % anual, entre las 10 ciudades mexicanas de mayor crecimiento.

GEOGRAFÍA
Superficie de 270 km², ocupando el sexto lugar en cuanto a la menor densidad de población de México.

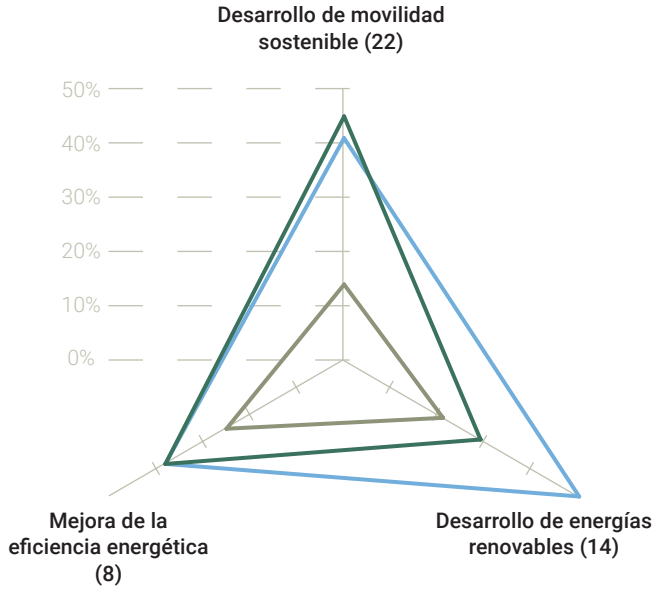
ECONOMÍA
Situada en Coahuila, uno de los estados más ricos de México, con con una renta per cápita de un 25 % superior a la media nacional y un PBI per cápita de un 33 % por encima de la media nacional (Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza 2021). Economía basada en las actividades industriales, en particular la fabricación de automóviles, maquinaria y productos de acero. En la zona industrial de Saltillos se encuentran más de 40 parques industriales.

CLIMA
Clima semiárido y seco con alta radiación solar y escasas precipitaciones durante todo el año. Amplio potencial solar por encima de 1900 kWh/kWp (~22 % del año).

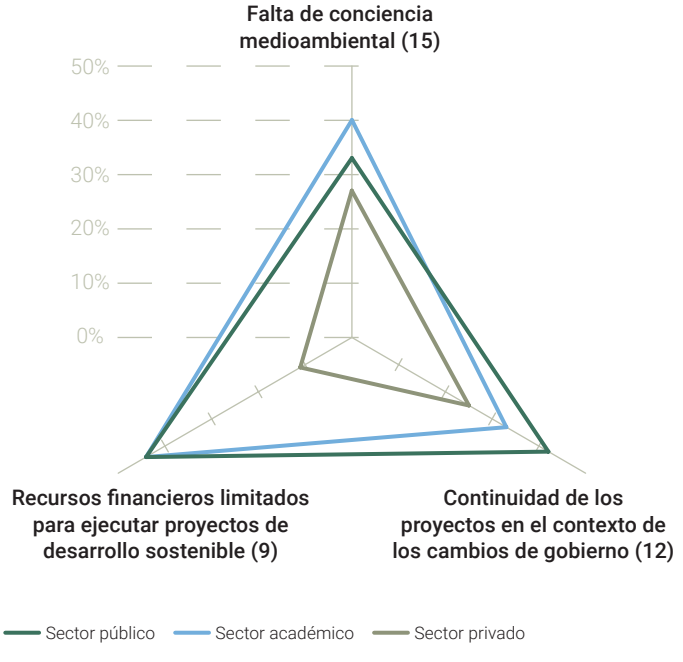
Mapa de Free Vector Maps, http://freevectormaps.com

OPORTUNIDADES Y RETOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE SALTILLO, COAHUILA. (FIGURA 3)

Oportunidades para el desarrollo sostenible



Retos para el desarrollo sostenible



Los porcentajes se refieren a la proporción de menciones de los sectores público, académico y privado frente al número total de menciones (entre paréntesis). Representación propia basada en 44 entrevistas a expertos de los sectores público, académico y financiero

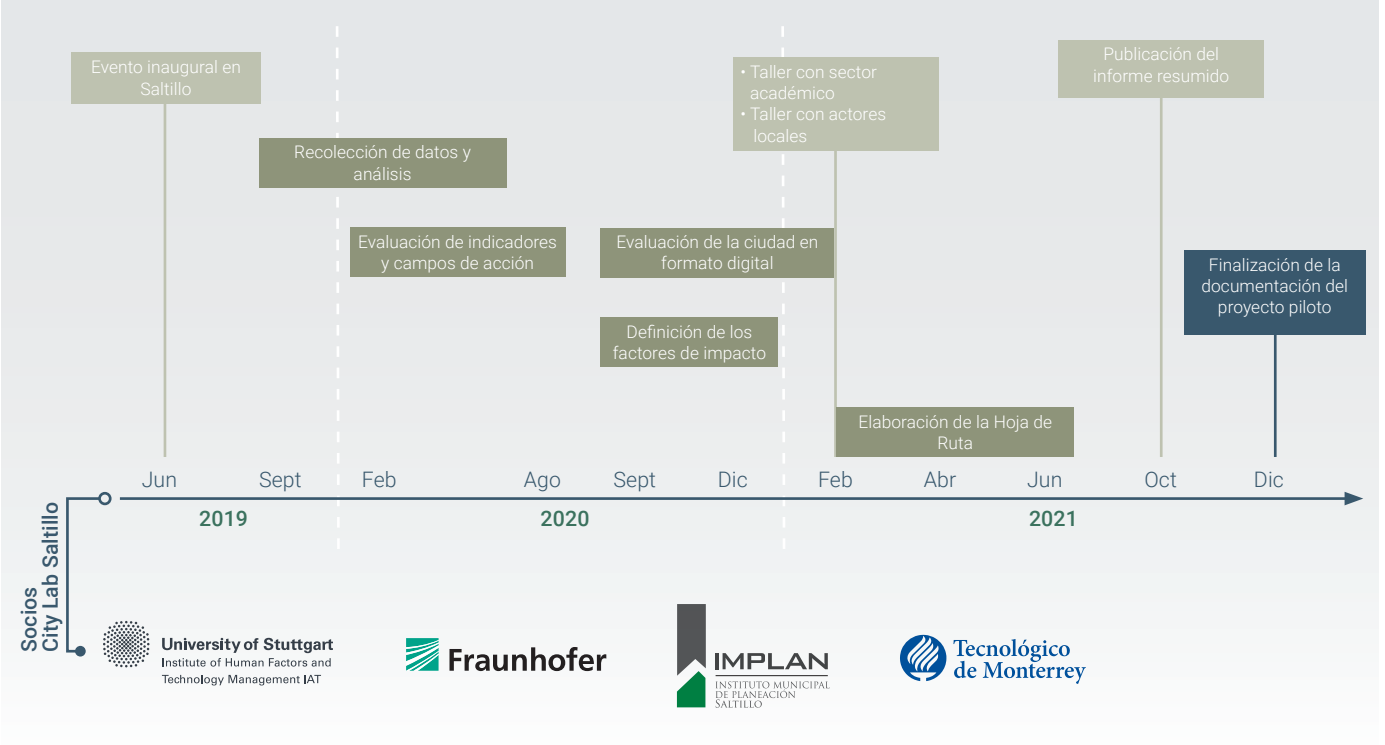
2. CITY LAB SALTILLO

El *City Lab Saltillo* se basa en las prioridades de desarrollo de Saltillo para apoyar los esfuerzos de la ciudad en el trabajo hacia iniciativas sostenibles e inclusivas. El objetivo de este *City Lab* es ayudar a la capital de Coahuila a convertirse en un modelo de soluciones innovadoras, adaptadas localmente e inteligentes desde el punto de vista climático, dirigidas a aumentar su resiliencia a los impactos del cambio climático, preservando al mismo tiempo los recursos naturales y estimulando la economía local.

El *City Lab* se centra en tres sectores. Estos fueron seleccionados tras una evaluación inicial de la ciudad, ejecutada de acuerdo a la metodología del proyecto y a la consulta a las partes interesadas locales durante la visita inicial en 2019. Los sectores resultantes son energía, agua y movilidad. En cada uno de estos sectores, se identificaron y evaluaron medidas como parte del proceso del *City Lab*. Estas medidas se analizan en el siguiente capítulo.

La cronología de las primeras fases del proyecto se muestra en la figura 4.

CRONOLOGÍA DEL CITY LAB SALTILLO (FIGURA 4)



2.1 PERFIL DE SOSTENIBILIDAD DE SALTILLO

Basados en los resultados del análisis con la metodología Morgenstadt, la figura 5 resume las recomendaciones para Saltillo con una perspectiva sistémica de la ciudad. El análisis cubre diferentes áreas además de los tres sectores de trabajo del *City Lab* dando así una visión holística de las oportunidades para Saltillo.

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LOS CAMPOS DE ACCIÓN (FIGURA 5)

Energía
Potencial para promover energías renovables, en en particular la energía solar fotovoltaica. Centrarse en en aumentar la eficiencia de la industria.

Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)/Gestión de datos
Es necesario trabajar más en la gestión inteligente del tráfico y en la gestión eficaz de los datos entre los departamentos y organismos municipales.

Movilidad/Transporte
- Mejorar los servicios públicos de movilidad y promover los modos de movilidad blandos, como la bicicleta o los desplazamientos a pie.
- Mejora tecnológica de la movilidad pública y privada (por ejemplo, movilidad eléctrica).
- Integrar la planificación de la movilidad y la planificación urbana.

Reglamentos e Incentivos
• Políticas necesarias para integrar la infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza en la planificación urbana.
• Necesidad de políticas de calidad del aire y gestión del agua.

Investigación y desarrollo
Posibilidad de crear zonas experimentales dentro de la ciudad para desplegar tecnologías innovadoras.

Edificaciones
Incorporar normas actualizadas para los nuevos edificios y para las reformas y asegurar el cumplimiento de normativa vigente.

Residuos sólidos y recursos
Centrarse en la mejora de la infraestructura de recogida y eliminación de residuos.

Planeación Urbana
Incorporar objetivos y directrices de desarrollo para distritos sostenibles con usos mixtos. Integrar conceptos de movilidad y planificación urbana para promover el crecimiento vertical y compacto de la ciudad.

Agua
Mejorar la gestión del ciclo urbano del agua y de los contaminantes urbanos en el sistema hídrico.

Resiliencia
Se recomienda abordar la gestión integrada de riesgos y la protección contra las inundaciones estrategias. Integrar la planificación urbana con la gestión de riesgos.

Tácticas empresariales
Recomendar la participación de los actores empresariales para apoyar la estrategia de sostenibilidad de la ciudad, así como para involucrar al sector privado en el desarrollo urbano.

Infraestructura azul y verde
La ecologización del espacio urbano es necesaria para reducir el estrés térmico, mejorar la recarga natural de los acuíferos, reducir el riesgo de inundaciones y ofrecer espacios de recreo a los ciudadanos.

Estrategia y planificación municipal
- Desarrollar una estrategia de innovación municipal que aborde la resiliencia y la gestión del cambio climático en la planificación.
- Perseguir la estabilidad política a largo plazo mediante enfoques de planificación y gestión que garanticen la continuidad a pesar de los periodos electorales.
- Incorporar el desarrollo sostenible en los documentos de planificación estratégica.

2.2. OBSERVACIONES CLIMÁTICAS E IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Photo: Jose Antonio Ordonez

Como parte del *City Lab Saltillo*, se llevó a cabo una evaluación del riesgo y la vulnerabilidad de los impactos del cambio climático, incluyendo una revisión de la literatura, una consulta sistemática a expertos y una encuesta en la que participaron expertos locales y del *City Lab*.

Lluvias torrenciales e inundaciones pluviales

Aunque los niveles de precipitación en Saltillo son generalmente bajos a lo largo del año, se espera que la intensidad de los ciclones y tormentas fuertes aumente debido al cambio climático (INECC 2019a). Los expertos perciben la magnitud de los eventos individuales de precipitación rápida como un riesgo considerable para la ciudad. Los episodios de precipitaciones extremas provocan inundaciones en los espacios urbanos, causando a menudo daños estructurales en las infraestructuras urbanas. Los expertos destacaron el hecho de que las inundaciones han aumentado debido a los recientes patrones de urbanización y a la canalización de los arroyos naturales. Además, la construcción de nuevas viviendas y complejos de edificios en lugares no autorizados y el incremento del bloqueo de arroyos con residuos sólidos también se han identificado como causas de la obstrucción del flujo natural de las aguas pluviales (Ríos y Chantaka 2019).

En términos de vulnerabilidad socioeconómica, las zonas de bajos ingresos y los asentamientos informales están especialmente en riesgo. Según el Atlas de Riesgos de Saltillo (2015) la zona sur de la ciudad tiene un alto índice de susceptibilidad a las inundaciones pluviales (ITESM 2015, p. 349). Las fuertes lluvias en Saltillo también han impactado históricamente en las operaciones y servicios clave del sistema urbano, como las interrupciones en las principales carreteras, la falta de suministro eléctrico y las interrupciones en el sistema de recolección de residuos sólidos (El Demócrata 2019).

Escasez de agua y sequías

La ubicación de Saltillo en el desierto de Coahuila la convierte en una zona altamente vulnerable a la escasez de agua y a la sequía. Debido al cambio climático, se espera que la mayor parte del suelo de México se vuelva más seco y que las sequías aumenten en intensidad y frecuencia (INECC 2019a). Si se considera el volumen de agua que se extrae para la zona metropolitana y la industria en las proximidades de Saltillo, el suministro de agua para las actividades domésticas y económicas proviene principalmente de acuíferos que ya sufren de sobreexplotación (CCRB 2019). A pesar de la evidente escasez de agua en Saltillo, el organismo municipal de gestión del agua, Aguas de Saltillo (AGSAL), ha realizado un esfuerzo considerable para mantener el abastecimiento de la ciudad. La cobertura de suministro de agua en la ciudad es alta, con un 99.60% (Aguas de Saltillo 2018). Aunque el consumo medio de agua per cápita en México es de 184,6 litros al día (L/d), los usuarios de Saltillo consumen alrededor de 170 L/d (FCEA 2017).

La principal preocupación planteada por múltiples expertos fue la magnitud e irreversibilidad de la escasez de agua y la sequía, considerando que la recuperación sería un reto en caso de agotamiento de los acuíferos. En cuanto al impacto económico, las explotaciones e industrias relacionadas con la producción agrícola son las más afectadas, ya que la escasez de agua y las sequías pueden provocar pérdidas en la producción agrícola, ganadera y forestal. En general, los expertos consideran que la gestión sostenible del agua es una prioridad en Saltillo para gestionar eficazmente los limitados recursos hídricos existentes.

Aumento de la temperatura e islas de calor urbanas

Debido al clima semiárido de Saltillo y a los patrones de urbanización caracterizados por la concentración de la población en el centro de la ciudad (Saltillo Gobierno Municipal 2019) el aumento de la temperatura y las islas de calor urbanas representan riesgos críticos para la ciudad, que se intensificarán con el cambio climático. Estudios realizados por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de México (INECC 2019b) han determinado que entre 1985 y 2018 en el estado de Coahuila, las temperaturas máximas y mínimas anuales marcan una tendencia a ser más cálidas. La continuación de esta tendencia en los próximos años podría provocar temporadas más secas y efectos nocivos para el medio ambiente, como sequías, incendios forestales y pérdidas de cultivos (ITESM 2015).

Un factor importante que contribuye al aumento de las temperaturas en las ciudades es el efecto de islas de calor urbanas, en el que hay una falta de vegetación y humedad superficial y amplias superficies pavimentadas en el espacio urbano (Mok et al. 2021) Entre los años 2000 y 2018, la población de Saltillo se incrementó en un 32% pasando de 637.273 habitantes en el año 2000 a aproximadamente 935.663 en 2018 (SEDATU et al. 2018). Este acelerado crecimiento urbano y poblacional (Saltillo Gobierno Municipal, 2019) podría ser un factor intensificador del efecto ICU cuando se bloquean las estructuras de ventilación y enfriamiento natural, como la vegetación y los cuerpos de agua, en las ciudades. Tanto la exposición como la vulnerabilidad de la población de Saltillo al aumento de la temperatura y a las islas de calor urbanas fueron percibidas como altas por múltiples expertos, considerando los riesgos asociados a la salud humana, incluyendo la deshidratación y la pérdida de confort en grupos vulnerables, como los ancianos y los niños. Por último, las islas de calor urbanas generan una mayor demanda de agua y electricidad (por ejemplo, para los dispositivos de refrigeración y enfriamiento), lo que aumentaría aún más el consumo de energía de Saltillo.

Incendios forestales

Los incendios forestales se producen de forma natural cada año entre marzo y mayo en Coahuila (Secretaría de Medio Ambiente 2018). Los registros estatales indican que el 60 % de los incendios forestales son provocados por actividades humanas relacionadas con la agricultura y la recreación en complejos habitacionales en zonas boscosas (Secretaría de Medio Ambiente 2018, p. 3). De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (2018), el número de incendios y la superficie afectada se ha incrementado en la última década, en parte debido a fenómenos meteorológicos más intensos y frecuentes (por ejemplo sequías y heladas prolongadas) que han alterado las condiciones ambientales, modificando la disponibilidad de combustibles y creando períodos de riesgo tanto más extensos como más intensos.

El riesgo de incendios forestales fue percibido por los expertos como alto debido a una combinación entre su magnitud, probabilidad e irreversibilidad. Los expertos destacaron los daños irreversibles que los incendios provocan en las montañas cercanas a Saltillo, especialmente en la sierra de Zapalinamé, ubicada en el sureste del estado. Se señaló que los daños de los incendios forestales afectan al medio ambiente, ya que suponen un alto riesgo para la diversidad biológica y provocan la erosión y la pérdida de vegetación y fauna. Dado que los incendios forestales se originan en las zonas aledañas a Saltillo, la población de la ciudad no está muy expuesta a este riesgo. Sin embargo, muchos de los expertos señalaron que el nivel de exposición es mayor en las zonas rurales de la sierra. En cambio, en las zonas urbanas se observan impactos indirectos, como los problemas de calidad del aire causados por los contaminantes provenientes de los incendios.

Nevadas y heladas

Mientras que los expertos califican la magnitud y probabilidad de nevadas y heladas en Saltillo como media, la zona sur del municipio está clasificada como zona de riesgo crítico debido a una temporada de heladas media de más de 50 días al año (ITESM 2015, p. 147). La temporada de heladas en el norte y centro de México ocurre entre noviembre y febrero. Este fenómeno climatológico afecta principalmente a

los cultivos a través de la pérdida de hojas y tallos tiernos, la destrucción de las hojas, frutos y flores e incluso la muerte completa de la planta (ITESM 2015, p. 147). Además, los daños en los cultivos pueden impactar al sector agrícola de la región debido a la reducción o pérdida total de ingresos de los productores, el desempleo, la pérdida de divisas y la sustitución de competidores en el mercado local (INIFAP y SAGARPA 2005, p. 1) .

La variabilidad climática es una incertidumbre importante para el futuro de la producción agrícola. Por ello, el estudio de este fenómeno es de fundamental importancia para adoptar estrategias que mitiguen la probabilidad de efectos perjudiciales para la producción (INIFAP y SAGARPA 2005, p. 2). En cuanto a las infraestructuras, un aumento de la frecuencia y la magnitud de estos fenómenos podría afectar también a las viviendas y a sus sistemas de servicios públicos. Siendo las redes hidráulicas las más vulnerables por daños en las tuberías de agua, por tanto, es necesario adaptarlas a condiciones extremas de temperatura.

Cambios en el sistema biológico

Dado que México es un país enormemente diverso -que alberga casi el 10 % de las especies registradas en el mundo-, las consecuencias del cambio climático suponen grandes riesgos para la diversidad biológica y las especies endémicas del país. La principal preocupación para Saltillo, planteada por múltiples expertos, se refiere a las variaciones de temperatura y su impacto negativo en la flora y la fauna. Un aumento de la temperatura y de las heladas podría provocar la pérdida o degradación de los cultivos. Los cambios en los sistemas biológicos debido al cambio climático también aumentan la competencia entre las especies nativas y las especies invasoras, donde éstas últimas a veces desplazan a las primeras, provocando su desaparición. Esta situación requiere especial atención, sobre todo en los arroyos, donde los juncos pueden causar graves problemas.

Los expertos afirmaron además que la desviación en los niveles de temperatura podría impactar en la salud pública por un aumento en la propagación de enfermedades. Saltillo ya experimenta la ocurrencia de enfermedades de especies no locales, incluyendo mosquitos que transmiten Chikungunya y Zika. Aunque estos incidentes crecientes que requieren atención hospitalaria presentan un bajo riesgo para la infraestructura existente, podrían afectar el desempeño económico de la ciudad.

Medidas de adaptación al cambio climático

Ante los riesgos mencionados, la adaptación al cambio climático debe jugar un papel más crítico en la planificación y el desarrollo urbano. Como parte de una alianza internacional, en 2011 se lanzó en México el Plan de Acción Climática para Municipios (PACMUN). Este programa fue iniciado por ICLEI - Gobiernos Locales por la Sustentabilidad, recibiendo apoyo técnico del INECC y contribuciones financieras de la Embajada Británica en México (Plataforma de Iniciativas Climáticas 2019). Actualmente, Saltillo está desarrollando su PACMUN para identificar las principales fuentes de emisión de GEI en el municipio y proponer medidas de mitigación y adaptación. La investigación realizada durante las dos primeras fases del proyecto MGI constituye una base científica que el Ayuntamiento está utilizando para completar el PACMUN. Debido a que el Plan Director de Desarrollo Urbano de la próxima administración (2022-2024) también se está redactando en 2021, existe una oportunidad para incorporar el cambio climático en la planificación mediante la alineación de ambos documentos.

En cuanto al financiamiento disponible y sus fuentes, el Laboratorio de Políticas Públicas Ethos (2020) afirma que aunque México es pionero en mecanismos de financiación climática, tanto a nivel nacional como subnacional, la escasa aplicación de los mismos ha puesto en peligro el Fondo para el Cambio Climático (FCC). Por ello, Saltillo ha recurrido a la cooperación internacional y a la posibilidad de acceder a fondos internacionales para poner en marcha iniciativas de cambio climático. En cuanto a la disponibilidad de información climática, la fuente más utilizada es el Atlas de Riesgos de Saltillo, elaborado por el Tecnológico de Monterrey en 2014. A pesar de que este documento presenta un amplio panorama, con mapas de los principales riesgos y vulnerabilidades, la ciudad requiere fuentes adicionales de información climática y datos más actualizados. En general, la concientización de los grupos de interés sobre los riesgos e impactos climáticos es relativamente alta, ya que participan ac-

tivamente en actividades de protección del medio ambiente y del clima, como las campañas para reducir el uso de bolsas de plástico, los programas de reforestación y la protección de la sierra de Zapalinamé. En particular, el Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN) de Saltillo trabaja con el Consejo Ciudadano de la Agenda Ambiental[3] para promover la participación de los actores de diferentes sectores (es decir, público, privado, académico y sociedad civil) en el diseño y seguimiento de las actividades de la Agenda Ambiental.

El panorama de la financiación del clima

Saltillo cuenta con un presupuesto importante y una gran liquidez, además de cero compromisos de deuda. Como resultado, la ciudad tiene una calificación crediticia positiva tanto por Fitch Ratings (AAA) como por Standard & Poor's (mxAA). En el pasado, Saltillo ha puesto en marcha varios proyectos de infraestructura verde, como una planta de tratamiento de agua, un vertedero sanitario y alumbrado público LED, principalmente con fondos nacionales o con financiación de terceros. Sin embargo, los intentos de la ciudad por participar en iniciativas internacionales, como el Programa de Acciones Transformadoras (TAP), no tuvieron éxito al carecer de una cartera de proyectos con análisis y propuestas financieras. Por lo tanto, de cara al futuro, Saltillo desea tener acceso a un registro de proyectos que hayan sido evaluados para buscar soluciones de financiamiento alternativas, principalmente financiación de terceros (por ejemplo, financiación de proveedores) o subvenciones internacionales, sin ninguna deuda concesional o comercial. Aunque la ciudad está actualmente en transición debido a un cambio de administración en 2022, no se espera que esto suponga ningún cambio en las prioridades en términos de infraestructura verde. Sin embargo, la alineación de los objetivos de la nueva administración de la ciudad y los planes y programas de acción climática existentes y propuestos son vitales para garantizar la continuidad de la mitigación del cambio climático, las actividades de adaptación y las opciones de financiación verde.

Para ver el reporte completo de la evaluación del riesgo y la vulnerabilidad de los impactos del cambio climático en Saltillo (en inglés) visite: https://mgi-iki.com/en/library/

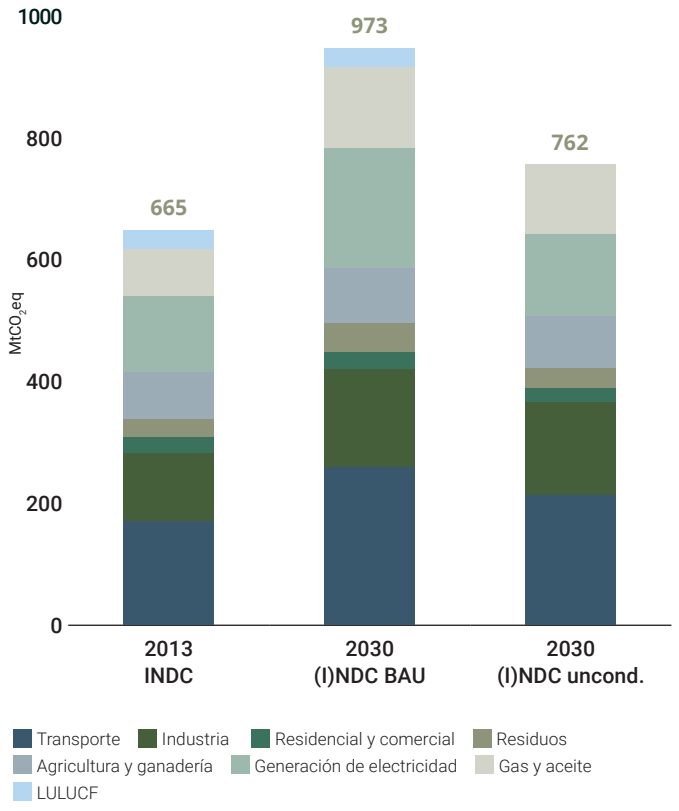
[3] La Agenda Ambiental presenta las principales líneas de actuación puestas en marcha por el alcalde Manolo Jiménez en 2019. En ella, la ciudad demuestra su compromiso de mejorar y trabajar en sus aspectos ambientales más críticos para mitigar los efectos del cambio climático.

2.3. EMISIONES DE CO_2

La Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC por sus siglas en inglés) de México se presentó antes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2015. En ellas se especifican los objetivos de mitigación para la reducción de las emisiones de GEI en relación con un escenario de continuidad (BAU). En el escenario BAU, las emisiones de GEI aumentan en un factor de 1,5, pasando de 665 a 973 $MtCO_2eq$ en 2030. El escenario no condicionado corresponde a una disminución de las emisiones de GEI del 22 % (762 $MtCO_2eq$) para 2030 (figura 6) en comparación con el BAU. Las emisiones del sector del transporte en la hipótesis no condicionada corresponden a una disminución de las emisiones de GEI del 18 %, las de la industria del 5 %, las del sector residencial y comercial del 18 % y las de los residuos del 29 %. Estos sectores suelen representar la mayor parte de las emisiones relacionadas con la energía de las ciudades. Las reducciones sectoriales podrían servir de guía para que Saltillo contribuya a alcanzar los objetivos nacionales de reducción de emisiones de GEI, tal como se estipula en la NDC de México.

Las emisiones totales de GEI de Saltillo son de alrededor de 3,7 $MtCO_2eq$. Aproximadamente tres cuartas partes de estas emisiones provienen de los dos sectores que más energía consumen: el sector industrial y el sector del transporte. Con una demanda de electricidad de aproximadamente 2.100 GWh y un factor de emisión de la red de 473 g de CO_2/kWh, la generación de electricidad para abastecer a la ciudad asciende a 994 $MtCO_2eq$ adicionales. Con una población de aproximadamente 1 millón de habitantes, esto se traduce en 3.7 toneladas de CO_2 por persona al año, excluyendo las emisiones de electricidad, o 4.7 toneladas de CO_2 por persona incluyendo las emisiones de electricidad. Si bien este valor está más bien en el extremo inferior de la escala en una comparación internacional, limitar el calentamiento global más allá de 2°C por encima de los niveles preindustriales y, por lo tanto, cumplir con los objetivos del Acuerdo de París, requerirá una economía global neutra en carbono para la segunda mitad del siglo (Rogelj et al. 2018). Dado que los sectores de la industria y el transporte están sobrerrepresentados en Saltillo en comparación con la media nacional, Saltillo puede y debe impulsar la

OBJETIVOS DE MITIGACIÓN DE LA NDC DE MÉXICO POR SECTORES (ECKSTEIN ET AL. 2020) (FIGURA 6)



transformación para alejarse de los combustibles fósiles en estos sectores. En el sector de la movilidad, en particular, donde la ciudad tiene competencia sobre los servicios de transporte público, esto podría incluir la provisión de una infraestructura de transporte no motorizado y la adopción de una planificación del desarrollo urbano orientada al transporte. Aunque la política energética e industrial es, en gran medida, competencia del ámbito nacional, la ciudad también podría fomentar la reducción de las emisiones de GEI en estos sectores a través de medidas indirectas. El análisis del sector energético de este informe, así como la lista de ideas de proyectos desarrollada, presentan diferentes medidas que tienen potencial para lograr una reducción significativa de las emisiones en Saltillo y más allá.

2.4. ANÁLISIS SECTORIAL

El *City Lab Saltillo* se centra en los sectores de energía, agua, y movilidad. Estos sectores se seleccionaron en función de los retos críticos de desarrollo urbano identificados en consulta con las partes interesadas locales. En los siguientes subcapítulos se presenta una visión general de los tres sectores y la visión de sostenibilidad sectorial que se desarrolló, junto con los principales retos y soluciones.

2.4.1. Energía

Saltillo podría mejorar su sostenibilidad en el sector energético mejorando significativamente su rendimiento en materia de eficiencia energética y haciéndose autosuficiente en el suministro de electricidad mediante la explotación del singular y vasto potencial de radiación solar asociado a su ubicación. La cooperación con sus industrias pesadas, la concientización y la incorporación de sus numerosas universidades como proveedores de soluciones, son parte de la solución a los retos identificados para mejorar la sostenibilidad y la eficiencia energética y el uso de las energías renovables (figura 7).

Con aproximadamente un millón de habitantes y situado en una zona altamente industrial, la demanda de energía final de Saltillo está fuertemente impulsada por su sector industrial y de transporte y, en menor medida, por su sector residencial.

Esto se puede ver al observar la distribución de su consumo de electricidad. El consumo total anual de electricidad de Saltillo es de 2100 GWh (CFE 2021). Alrededor del 35 % de este consumo total de electricidad se asigna a las tarifas «industriales», el 45 % a las tarifas «generales», que incluyen tanto la industria como las empresas, el 17 % al sector residencial, el 2 % al sector agrícola y el 1 % al sector público. Por lo tanto, el 80 % del consumo total de electricidad se atribuye al sector privado. La distribución dentro del sector industrial también es muy desigual, y esto se puede ver al observar el número de usuarios por grupo de tarifas. Sólo hay 14 usuarios industriales muy grandes en Saltillo, que representan el 35 % del uso total de electricidad de la ciudad, o un consumo medio de 52 GWh al año por usuario. Para ponerlo en perspectiva, esto es alrededor de 40.000 veces el consumo medio de electricidad de un hogar en Saltillo: los 250.000 hogares de Saltillo consumen una media de sólo 1.400 kWh al año.

En cuanto a la demanda total de energía, proporcionar una imagen fiable del balance energético de la ciudad sigue siendo un reto, ya que los datos de energía no se recopilan y publican sistemáticamente a nivel subnacional. No obstante, se puede ofrecer estimaciones del consumo total de energía de los sectores consumidores de energía más relevantes de Saltillo. Para el sector del transporte, se estima una demanda total anual de aproximadamente 5 500 GWh (o 20 PJ). De esta cifra, los automóviles representan el 35 %, los taxis el 32 %, los vehículos todoterreno ligeros el 17 %, las camionetas el 10 % y los autobuses públicos el 5 % del consumo total de energía. Para derivar estas cifras se utilizaron los datos del estudio de sensor remoto, un estudio realizado recientemente en la Zona Metropolitana de Saltillo para calcular el número de vehículos en circulación (INECC 2019). Las intensidades de combustible de los vehículos en circulación fueron determinadas a través de datos de telemetría y encuestas de consumos de combustibles en ciudades cercanas. También hay que tener en cuenta que todos los vehículos (99%) son de gasolina, ya que el transporte de mercancías se produce principalmente fuera de la ciudad, por lo que se omite en gran medida en estas estimaciones. Además del sector del transporte, el sector industrial es uno de los que más energía consume en Saltillo. Se ha calculado una demanda total de energía anual de aproximadamente 5 700

GWh, que es ligeramente superior a la del sector del transporte, excluyendo el transporte de mercancías. Esta cifra para la industria se deriva de los datos de valor añadido del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y de las intensidades energéticas específicas de la industria y los desgloses de uso de combustible para México (Ordoñez et al. 2016) . Para el sector residencial, se estima un consumo anual de aproximadamente 1 000 GWh, basándonos en el consumo de electricidad declarado de 350 GWh (CFE 2021) y en el hecho de que la electricidad representa aproximadamente un tercio del consumo residencial total de los hogares mexicanos (Enerdata 2021) .

En términos de suministro, la electricidad y los productos de petróleo y gas de Saltillo son, en su mayoría, suministrados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la empresa productiva estatal de electricidad en México, y por Petróleos Mexicanos (PEMEX), la empresa productiva estatal de petróleo en México. Estas empresas representan la columna vertebral del sector energético mexicano. La CFE produce más de la mitad de las necesidades de electricidad del país, posee más del 60 % de la capacidad de generación y, hasta hace poco, era el único proveedor minorista del país (Agencia Internacional de la Energía 2017). Del mismo modo, PEMEX y sus filiales producen y suministran a nivel nacional una fracción considerable de las necesidades totales de petróleo de México, con una producción de aproximadamente 1.65 millones de barriles diarios, lo que contrasta con las necesidades de México de aproximadamente 2 millones de barriles diarios. La electricidad de Saltillo procede de la red nacional de México, que se basa principalmente en la electricidad procedente de combustibles fósiles, sobre todo gas natural (60 %), seguido de petróleo (10 %) y carbón (9 %). Las fuentes de electricidad limpias y con bajas emisiones de carbono constituyen el resto, con un 7 % de electricidad hidroeléctrica, un 5 % de eólica, un 3 % de nuclear y un 2 % de geotérmica y solar. Teniendo en cuenta la gran proporción de gas en la red, el factor de emisión de CO_2 de la electricidad de la red asciende a 473 gramos de CO_2 por KWh.

La responsabilidad por políticas energéticas se mantiene a nivel nacional. Los estados federales y los municipios no tienen competencias en materia de energía. En 2013, México puso en marcha una importante reforma energética con el objetivo de reestructurar su sector energético y alejarlo de los monopolios estatales, CFE y PEMEX, para convertirlo en un mercado más liberal y abierto a los agentes privados. En el sector de la energía, aunque los productores independientes de energía ya estaban autorizados a operar con acuerdos de compra de energía y se permitía la generación cautiva para los consumidores industriales, la reforma energética desagregó a la CFE en empresas separadas, fortaleciendo un mayor acceso para los actores privados.

En este mercado eléctrico recién liberado, se celebraron dos rondas de subastas de energía en 2016 y 2017, que permitieron a los participantes del sector privado pujar por contratos a largo plazo para la generación y distribución de electricidad en el mercado. Las subastas tuvieron resultados récord. En particular, la subasta de México de 2017 tuvo precios promedio de 2 centavos de dólar por kWh y las ofertas más bajas rompieron récords mundiales. De hecho, México se encuentra a nivel mundial entre las primeras naciones en términos de radiación solar y potencial solar fotovoltaico práctico, lo que hace que

VISIÓN, RETOS Y SOLUCIONES EN EL SECTOR DE ENERGÍA (FIGURA 7)

VISIÓN

INDUSTRIA Y NEGOCIOS LÍDERES EN EL MUNDO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA, AUTOSUFICIENCIA EN ELECTRICIDAD SOLAR APROVECHANDO EL POTENCIAL SOLAR ÚNICO

RETOS
- Mejorar la eficiencia energética
- Uso de electricidad renovable
- Promover la movilidad pública
- Promover la movilidad eléctrica

SOLUCIONES
- Líderes mundiales en parques industriales sostenibles, aprovechando potenciales en eficiencia energética y el autoabastecimiento fotovoltaico
- Eventos de sensibilización
- Universidades como proveedores de soluciones
- Tranvías a polígonos industriales, autobuses eléctricos

esta tecnología sea especialmente asequible si las condiciones de financiación son buenas (Timilsina 2020). Coahuila y Saltillo se encuentran entre los mejores lugares de México en términos de radiación solar, lo que significa que el potencial de generación de electricidad solar fotovoltaica es excepcional (Atlas Solar Global 2021, Marcel et al. 2020). Sin embargo, el desarrollo de las energías renovables está actualmente en suspenso, ya que el presidente Andrés Manuel López Obrador y su administración han adoptado una visión crítica de las reformas energéticas (Eckstein et al. 2020). El gobierno de López Obrador ha puesto mucho empeño en hacer retroceder las reformas energéticas y la participación del sector privado, basándose en la creencia de que las empresas productivas del estado deben ser los agentes del desarrollo (Gastelum et al. en preparación). Esto ha creado un clima muy adverso para el desarrollo de las energías renovables, ya que la CFE ha sido instrumentalizada para utilizar los productos de gas y petróleo de PEMEX, que se encuentra en dificultades financieras (Diario de Noticias de México 2020).

El estado de Coahuila cuenta con importantes dotaciones energéticas, tanto en fuentes de energía renovables como no renovables. Además de su excepcional recurso solar fotovoltáico, la zona también cuenta con un vasto potencial de energía eólica (Atlas Eólico Global 2021) y alrededor del 45 % del total del gas shale de México se encuentra dentro de las cuencas de Sabinas, Burro y Picachos en el norte y centro de Coahuila. Se estima que estas cuencas tienen 14 millones de barriles de petróleo crudo equivalente (Clúster de Energía Coahuila 2018). Además, el estado de Coahuila es el mayor productor de carbón de México, con más del 90 % de las reservas de carbón, y cuenta con dos de las tres centrales eléctricas de carbón de México (Río Escondido y Carbón II).

En el sector energético, Saltillo ha dado los primeros pasos para mejorar su rendimiento en materia de sos-

INDICADORES SELECCIONADOS EN EL SECTOR DE ENERGÍA (TABLA 1)

INDICADOR	VALOR PARA SALTILLO	RETOS Y SOLUCIONES
Uso total de energía per cápita	> 12000 KWH POR PERSONA AL AÑO	El elevado consumo energético por persona refleja la alta demanda energética de la ciudad debido a sus polígonos industriales y a la elevada demanda energética del transporte. La aplicación de medidas de eficiencia energética en el sector industrial, junto con las medidas propuestas en el apartado de movilidad de este informe, podrían disminuir sustancialmente este valor, reduciendo las emisiones de GEI y, al mismo tiempo, reduciendo los costes y mejorando la competitividad de la economía de Saltillo y el bienestar de sus ciudadanos.
Proporción de energías renovables en el mix energético	< 20% ELECTRICIDAD DE RED < 0.1% AUTOABASTECIMIENTO	Aunque la ciudad utiliza el relleno sanitario municipal para la generación de electricidad, ésta sólo genera actualmente entre el 0.1 % y el 0.5 % de la electricidad total consumida. Situada en una zona líder mundial en potencial solar, Saltillo podría aspirar a una proporción de dos dígitos de autoabastecimiento de energía renovable en las próximas décadas, en particular solar fotovoltaica.
Emisiones de CO_2 per cápita	3.7 T DE CO_2 POR PERSONA Y AÑO, EXCLUYENDO ELECTRICIDAD O 4,7 TONELADAS INCLUYÉNDOLA	Aunque este valor es relativamente bajo en un contexto internacional, el cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París requerirá reducir este valor a cero neto para la segunda mitad del siglo. Esto implica un abandono de los combustibles fósiles en favor de las energías renovables, sobre todo en el sector industrial, del transporte y de la generación de electricidad.

tenibilidad. Desde 2013, el metano producido en el relleno sanitario de Saltillo se utiliza para generar electricidad. Desde su funcionamiento ha generado entre 2 y 9 GWh anuales. Sin embargo, esto representa sólo una pequeña fracción (0,1-0,5 %) de la demanda final de electricidad de Saltillo (ver Tabla 1). Asimismo, desde 2019, Saltillo ha implementado varios programas para mejorar la eficiencia energética. En particular, ha mejorado la eficiencia energética del alumbrado público mediante la sustitución de la iluminación de baja eficiencia por LED, lo que ha supuesto un ahorro de 0,5 GWh al año. De igual forma, ha implementado un programa de ahorro energético en oficinas, con el objetivo de reducir la demanda eléctrica anual que consumen los edificios públicos a aproximadamente 30 GWh.

Teniendo en cuenta tanto el vasto potencial de radiación solar (figura 2), como el altísimo consumo de energía en el sector industrial y de transporte, Saltillo podría reducir sustancialmente su uso de energía y su perfil de emisiones de GEI mejorando significativamente la eficiencia energética en estos sectores, y ampliando al mismo tiempo la autoproducción de electricidad renovable, sobre todo la solar fotovoltaica. La tabla 1 presenta tres indicadores seleccionados y los retos y soluciones como parte del análisis del sector energético.

2.4.2. Agua

En el sector del agua, Saltillo podría mejorar su sostenibilidad integrando la infraestructura azul y verde en los espacios urbanos, mejorando así la permeabilidad del suelo, la recarga de los acuíferos ya sobreutilizados y la prevención de eventos de inundación al lograr un efecto de ciudad esponja. La escasez de agua y la falta de sistemas adecuados de drenaje pluvial se identifican como los principales retos que pueden abordarse mediante una combinación de provisión de infraestructura gris y soluciones basadas en la naturaleza, por un lado, y la mejora de la eficiencia hídrica de sus usuarios, por otro (figura 8).

El agua es uno de los recursos esenciales vinculados al desarrollo social y económico. Debido a la ubicación geográfica de Saltillo en el desierto de Coahuila, la escasez de agua es una amenaza real, y se espera que los efectos inducidos por el cambio climático, como sequías prolongadas y eventos de inundación, aumenten en intensidad y frecuencia. En las últimas décadas, el agua ha desempeñado un papel vital en el desarrollo urbano y económico de Saltillo. Por ello, la gestión sostenible del agua se considera una prioridad de alto nivel por parte de la administración de la ciudad, como puede verse en su Agenda Ambiental.

El agua para la ciudad proviene de las aguas subterráneas de la cuenca del Río Bravo-Conchos. Tres acuíferos atienden la demanda de agua de las actividades domésticas y económicas de Saltillo. El requerimiento total de recarga anual de estos acuíferos se estima en alrededor de 103.1 hm^3. Con base en esta estimación del requerimiento anual de recarga, la disponibilidad anual de agua para Saltillo sería de alrededor de 119.3 m^3/cap cuando se considera una población de 860 000 habitantes, mientras que el Indicador Falkenmark considera valores por debajo de 500 m^3/cap como escasez absoluta de agua (Foro Mundial del Agua 2012). Además, según la autoridad nacional del agua, si se considera la extracción total de agua de los acuíferos, incluyendo otros municipios, los acuíferos sufren una sobreexplotación añadida de 109,5 hm^3/a, lo que supone una importante amenaza para la seguridad hídrica de Saltillo (CONAGUA 2020a) .

En 2001, la responsabilidad de la gestión del agua municipal se transfirió a la sociedad público-privada Aguas de Saltillo (AGSAL), que ha realizado notables esfuerzos para mejorar el sistema hidráulico de la ciudad. El suministro de agua a la ciudad es de 146 millones de litros/día (MLD), extraídos de 90 pozos y

VISIÓN, RETOS Y SOLUCIONES EN EL SECTOR DE AGUA (FIGURA 8)

VISIÓN

CIUDAD ESPONJA CON ZONAS VERDES, INFRAESTRUCTURA AZUL INTEGRADA EN LA CIUDAD, EXCELENTE EFICIENCIA HÍDRICA

RETOS
- Escasez absoluta de agua
- Dependencia de acuíferos sobreexplotados
- Inundaciones y falta de drenaje de aguas residuales
- Ríos en mal estado

SOLUCIONES
- Plan maestro del recurso hídrico
- Reducir la sobreexplotación de los acuíferos
- Restauración e integración de arroyos
- Estrategia de espacios verdes urbanos
- Edificios sostenibles con techos verdes

tratados a través de seis plantas de cloración distribuidas por la ciudad antes de llegar a los usuarios finales. Mientras que el consumo medio de agua per cápita en México es de 184,6 L/día, los usuarios de Saltillo consumen alrededor de 170 L/día (FCEA 2017) .

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ha implementado medidas de control para el agotamiento de los acuíferos, limitando el suministro diario de agua para Saltillo en 2019 a 18 horas por día (Saltillo Gobierno Municipal 2018a) . Este suministro de agua no continuo se compensa a nivel doméstico con el almacenamiento de agua en tanques llamados «tinacos», generalmente ubicados en las azoteas. Gracias al tratamiento que se aplica al agua antes de suministrarla a los usuarios, más del 99 % de las muestras cumplen con las normas nacionales de agua potable (por ejemplo, los valores de cloro residual).

Además, más del 99 % de los hogares de Saltillo están conectados a la red de alcantarillado y a una planta de tratamiento de aguas residuales (EDAR). Sin embargo, sólo el 60 % del volumen de agua suministrada se trata en las EDAR, de las cuales sólo el 12 % (el 7 % del total de agua extraída) se reutiliza actualmente para fines industriales y urbanos. Esto demuestra el enorme potencial de desarrollo de la capacidad de reutilización del agua en Saltillo.

La responsabilidad del manejo de las aguas pluviales es enteramente del municipio y no de AGSAL. No hay registros del porcentaje de hogares o negocios que recogen agua de lluvia. De acuerdo con los actores entrevistados, el agua de lluvia, como fuente alternativa de agua en Saltillo, no es atractiva, ni económica ni técnicamente, debido a la baja precipitación media anual de alrededor de 370 mm que cae en un corto período de tiempo (CONAGUA 2020c). Además, el sistema de drenaje pluvial existente y el sistema de alcantarillado integrado han demostrado repetidamente su incapacidad para prevenir eventos de inundación. Se prevé que este tipo de catástrofe natural sea más frecuente en los próximos años debido al cambio climático. Por lo tanto, el riesgo de inundaciones ha sido identificado como uno de los principales retos a los que se enfrenta Saltillo en el marco del *City Lab*.

En el siglo pasado, los proyectos de saneamiento en la ciudad se limitaban a la construcción de colectores de aguas residuales y sistemas de drenaje (Aguilera et al. 2013). No fue sino hasta 2006-2008 que, en cumplimiento de las normas establecidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Saltillo construyó dos Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) públicas, que suman una capacidad total de tratamiento de 1270 L/s (esta cifra aumenta a 1568 L/s si se incluyen las siete plantas privadas de la Zona Metropolitana). Sin embargo, hay que tener en cuenta que ninguna de las EDAR está funcionando a su capacidad total. Más bien, su funcionamiento en 2019 estuvo en el rango del 65-80 % de su capacidad.

Como se mencionó anteriormente, los riesgos más críticos a los que se enfrenta Saltillo en materia de agua son la escasez absoluta de agua (< 500 m³/cap/año) y, al mismo tiempo, los eventos de inundación. Sin embargo, las autoridades de Saltillo están mostrando un claro compromiso para hacer frente a estos riesgos mediante la construcción de la capacidad de resiliencia de Saltillo ante el cambio climático para reducir la ocurrencia de consecuencias negativas significativas.

Entre las posibles medidas para contribuir a la transformación de la ciudad se encuentra la aplicación de soluciones basadas en la naturaleza (SbN). Por ejemplo, una infraestructura verde adecuada alrededor de la ciudad en forma de jardines de lluvia, techos verdes, franjas medianas con vegetación o paseos peatonales, entre otros, considerando las condiciones climáticas de Saltillo. Alternativamente, se podría implementar una combinación de infrastructura gris y SbN, ubicadas estratégicamente en zonas de infiltración Cabe destacar que este tipo de medidas se centran en el aumento de la recarga de los acuíferos y la prevención de inundaciones y tienen la ventaja de requerir menos espacio que la infraestructura exclusivamente verde. Por último, en cuanto a la escasez de agua, el debate se centra en cómo aumentar el porcentaje de agua de lluvia que permea el suelo para que un volumen significativo llegue a los depósitos de agua subterránea. Una forma de conseguirlo es disminuir la superficie impermeable, es decir, el asfalto de las calles o los tejados impermeables, y cambiarla por superficies permeables, como jardines o grava porosa.

Otro enfoque para aumentar la disponibilidad de agua es disminuir el volumen de agua extraída de los acuíferos. Esto puede hacerse utilizando preferentemente recursos hídricos alternativos, como el agua de lluvia o el agua tratada. En el caso de Saltillo, la reutilización del agua tratada tiene un enorme potencial considerando la infraestructura ya existente de la Línea Morada.[4]

Para aumentar la capacidad de resistencia frente a los riesgos de inundación, las soluciones basadas en la naturaleza representan una alternativa interesante y sostenible a las infraestructuras grises, ya que interceptan los escurrimientos superficiales y actúan como almacenamiento temporal, lo que se conoce como efecto de ciudad esponja. Este efecto esponja permitiría la infiltración parcial del agua en los acuíferos y descargaría un caudal reducido y constante en el sistema de drenaje.

INDICADORES SELECCIONADOS EN EL SECTOR AGUA (TABLA 2)

INDICADOR	VALOR PARA SALTILLO	RETOS Y SOLUCIONES
Sostenibilidad del agua (CCRB 2019)	**–16 100 000.00** M³/AÑO	Aunque este valor podría considerarse relativamente bajo en un contexto internacional (e incluso nacional), este valor debería ser siempre ≥ 0 para una gestión sostenible de los recursos. Esto implica que el agua extraída para las actividades económicas no debería ser superior a los recursos hídricos que se infiltran en los acuíferos explotados.
Seguridad del agua (CONAGUA 2020a, 2020c, 2020b)	**119.32** M³/CAP/AÑO	Este valor entra dentro de la categoría de escasez absoluta de agua según el índice de Falkenmark. Por tanto, a medio y largo plazo, Saltillo podría aspirar a la categoría de estrés hídrico (500-1 000 m³/cap/año) y, a largo plazo, podría aspirar a alcanzar o incluso superar la categoría de estrés hídrico (1 000-1 700 m³/cap/año). Sin embargo, un factor limitante es sin duda la pluviometría anual de la región.
Precipitación (Saltillo Gobierno Municipal 2020)	**370** MM/AÑO	Aunque este indicador es inalterable, es crucial tenerlo en cuenta para entender la lucha asociada a la gestión del agua en Saltillo. El agua está disponible de forma desigual en la región y a lo largo del tiempo. Cuando las lluvias son abundantes, pueden provocar desastres naturales, como inundaciones, y cuando no las hay, pueden provocar sequías.
Porcentaje de aguas residuales tratadas reutilizadas (Saltillo Gobierno Municipal 2020)	**7%**	Este indicador describe la oportunidad de Saltillo para desarrollar su capacidad de utilizar recursos hídricos alternativos. Aumentando la reutilización de las aguas depuradas, se puede disminuir la presión sobre los acuíferos.

Además de las acciones mencionadas para adaptarse al cambio climático, se recomienda que la ciudad aumente la concientización y la educación ambiental y cree sinergias entre los expertos de las instituciones académicas y los sectores público y privado. También se recomienda la reutilización de las aguas residuales tanto en la industria como en las zonas residenciales, así como aprovechar el entorno natural y urbano para implantar infraestructuras verdes.

2.4.3. Movilidad

Saltillo podría mejorar la sostenibilidad en el sector de la movilidad mediante la mejora de la movilidad pública y el fomento de la movilidad no motorizada mediante la dotación de las infraestructuras correspondientes, como zonas peatonales y carriles exclusivos para bicicletas. La adopción de un enfoque de planificación urbana orientado al transporte es fundamental para diseñar la ciudad de forma que todo esté al alcance de la mano sin necesidad de largos desplazamientos. La reducción de la movilidad individual y el cambio hacia tecnologías de transporte más limpias se identifican como los principales retos para el sector de la movilidad. A diferencia del sector de la energía, en el que la competencia tiene lugar, en gran medida, a nivel nacional, la ciudad tiene competencia para abordar los retos del sector de la movilidad, que es uno de los más relevantes por su potencial para reducir el consumo de energía, las emisiones de GEI y la contaminación local (figura 9).

En Saltillo, al igual que en muchas otras ciudades mexicanas, la expansión de la ciudad combinada con el aumento paulatino de la población ha significado una disminución de la densidad urbana con un efecto particularmente negativo en la movilidad, las finanzas públicas y la sustentabilidad. La expansión en las zonas periféricas sobrevaloradas con una escasez simultánea de servicios contrasta con la reducción de la actividad residencial en las zonas centrales, dotadas de equipamientos y servicios básicos, que con el tiempo se van despoblando y devaluando, dando lugar a un ciclo de deterioro de los centros urbanos. Debido a que Saltillo es una ciudad poco poblada, algunas de las instalaciones de movilidad sostenible, por ejemplo, para caminar o ir en bicicleta, no han recibido un mantenimiento continuo. Además, los sistemas de transporte público, donde la demanda es mayor, son difíciles de implementar. Por ello, los ciudadanos optan por desplazarse en coche u otros vehículos motorizados (IMPLAN 2018a). Esto ha dado lugar a un círculo vicioso en el que la expansión de la infraestructura urbana periférica estimula el crecimiento urbano en esta zona. Esta situación ha aumentado la dependencia de la movilidad individual, lo que exige el desarrollo de infraestructuras adicionales.

Prueba de ello es que las principales zonas de origen de las rutas se encuentran en el perímetro del centro del municipio, donde se concentran las zonas de mayor densidad de viviendas (IMPLAN 2016a). La Zona Metropolitana de Saltillo (ZMS) es una de las áreas de concentración industrial del norte de México y una de las zonas económicas de mayor crecimiento en las últimas décadas. En este sentido, su dinámica actividad económica ha impulsado su expansión urbana y sus infraestructuras de transporte.

Según las conclusiones de las entrevistas, se han producido avances en los medios de transporte alternativos. Sin embargo, conseguirlo es aún muy complejo si se tiene en cuenta que todavía existe una importante resistencia debido a la creencia generalizada de un amplio sector de la sociedad de que el automóvil representa un estatus social superior. Además de esto, otras

[4] Línea Morada es el nombre del proyecto que inició en 2011 con el objetivo principal de transportar las aguas residuales tratadas desde la PTAR principal hasta los parques industriales ubicados al norte en el municipio de Ramos Arizpe. Una vez concluida la segunda etapa, se espera que la Línea Morada permita reutilizar hasta 450 L/s de agua tratada para uso industrial, lo que reduciría la actual sobreexplotación de los acuíferos locales.

razones por las que los ciudadanos no consideran el transporte público como una opción viable son el deplorable servicio de transporte público con unidades en mal estado, rutas ineficientes y el hecho de que el transporte público no es multimodal. En cambio, la infraestructura ciclista cubre una parte considerable de la ciudad, lo que representa un área importante de mejora para promover la movilidad no motorizada. Sin embargo, esto requiere de programas de mantenimiento y educación en movilidad para garantizar la seguridad de los ciclistas en las vías.

La ciudad está más dispersa debido a la existencia de suelo urbano vacío reservado por los especuladores, que dejan el suelo ocioso a la espera de que suba el precio hasta que se considere una inversión rentable. Como consecuencia, las nuevas urbanizaciones suelen estar alejadas del centro de la ciudad. Además, no existe ninguna política o incentivo normativo para promover un uso mixto del suelo que pueda apoyar el desarrollo y la revitalización del centro de la ciudad o promover el transporte sostenible.

La Zona Metropolitana de Saltillo tiene 2 987 km de carreteras[5] en sus 14 009 km² (INEGI, CONAPO, SEDESOL 2010) lo que supone 21 km de carreteras por cada 100 km² y una densidad de carreteras de 411,9 km por cada 100 000 habitantes (IMPLAN 2015a). Las carreteras pavimentadas dan servicio al 68.5 % de las manzanas urbanas de Saltillo. El acceso total a las vías pavimentadas se concentra principalmente en el centro del municipio. En cambio, el acceso parcial a las calles pavimentadas está muy extendido en el perímetro de la ciudad, concentrándose principalmente en el suroeste y noreste de la misma.

En el municipio de Saltillo, el mayor grado de accesibilidad a las aceras se concentra en el centro de la ciudad y en las zonas con mayor densidad de viviendas. Los niveles más bajos de infraestructura de banquetas se encuentran en la periferia del municipio. La mejora de la seguridad de las aceras para los peatones se mencionó repetidamente durante las entrevistas, ya que las existentes están en mal estado.

[5] Se mide con la longitud del eje central.

VISIÓN, RETOS Y SOLUCIONES EN EL SECTOR DE MOVILIDAD (FIGURA 9)

VISIÓN

EXCELENTE MOVILIDAD PÚBLICA, USO DE TRANSPORTE NO MOTORIZADO, UNA CIUDAD CON TODO A QUINCE MINUTOS DE DISTANCIA

RETOS
- Reducir la movilidad individual
  - Movilidad pública e intermodalidad
  - Movilidad no motorizada
- Desarrollo urbano orientado al transporte
- Verificación vehicular

SOLUCIONES
- Plan director de movilidad
- Áreas peatonales (e.g. centro histórico)
- Plataformas integradas de movilidad (MaaS)
- Actualización tecnológica del transporte público
- Programa de verificación vehicular
- Alianzas estratégicas: Industria, gobierno, academia

En cuanto a las calles y callejones peatonales, Saltillo está poco desarrollada, con 6,54 km en toda la ciudad, lo que representa 0,90 km por cada 100 000 habitantes (IMPLAN 2015a). Por lo tanto, se recomienda una planificación urbana que fomente el desarrollo de calles y callejones peatonales. Actualmente, este tipo de infraestructura existe principalmente en el poniente y en el centro de la ciudad y está vinculada a las manzanas comerciales de Saltillo.

Las bicicletas representan menos del 1 % de la cuota modal de la localidad, a pesar de los esfuerzos de la ciudad y de las infraestructuras construidas para ello. Además, el número de usuarios de bicicletas ha disminuido en los últimos años, con una reducción del 60 % entre 2014 y 2017 (IMPLAN 2018a). Según una encuesta realizada en Saltillo en 2018, las principales motivaciones para el uso de la bicicleta son la salud y el ocio. La encuesta reveló que los saltillenses se desplazan principalmente en bicicleta para ir a la escuela y al trabajo, y los viajes se realizan sobre todo hacia la zona norte y centro. A pesar de la evaluación desfavorable de la infraestructura ciclista de Saltillo por parte de sus usuarios, existe una disposición a cambiar el uso del automóvil u otros medios de transporte por la bicicleta si existieran condiciones apropiadas en las calles en términos de calidad y segu-

ridad de la infraestructura.

El transporte público en la ZMS está cubierto por 54 rutas operadas por 894 autobuses que recorren una media de 238.000 km diarios. La mayoría de las rutas confluyen en el centro de la ciudad, lo que provoca problemas de tráfico en el servicio. Por ejemplo, en algunos casos, hasta 20 rutas cubren la misma vía. Además, las bajas velocidades, de una media de 16 km/h, también son problemáticas (IMPLAN 2015a) . En cuanto a la distancia recorrida cada día en la ciudad, se estima que la mayoría de los viajes (34 %) son de entre cuatro y siete kilómetros (IMPLAN 2015a) .

La tasa de motorización en Saltillo en 2014 fue de 314 vehículos por cada 1.000 habitantes. En 15 años, el parque vehicular aumentó en 150 000 autos. La compra de automóviles se concentra en los segmentos de mayores ingresos; sin embargo, debido al fácil acceso al crédito y a los ciclos de vida más largos de los vehículos, la compra de automóviles en los sectores de bajos ingresos ha aumentado (IMPLAN 2016b). En Saltillo, el uso del coche sigue siendo más eficiente que el transporte público en cuanto a la duración del viaje y los retos mencionados anteriormente. El tiempo medio de viaje en coche es de 25,6 minutos, mientras que el tiempo medio de viaje en transporte público es de 39,52 minutos (IMPLAN 2015a). Una amplia gama de actores están involucrados en la supervisión y operación del transporte público en el municipio de Saltillo, lo que dificulta que la ciudad trabaje en un sistema de transporte público integral. Las organizaciones públicas locales, como el Gobierno Municipal, las instituciones a nivel estatal y las organizaciones ciudadanas, desempeñan un papel fundamental. Otros actores clave son los concesionarios de transporte público que prestan el servicio. En cuanto a la normativa, distintos instrumentos abordan diferentes aspectos, como las condiciones y principios de calidad, las características de la infraestructura, las subvenciones y la accesibilidad.

Las medidas potenciales para contribuir a la transformación de la ciudad incluyen la ampliación e intensificación de la infraestructura ciclista y la reestructuración del sistema de transporte público, incluyendo la red, la infraestructura y los modelos de pago. Además, para el Centro Histórico de Saltillo, las inter-

INDICADORES SELECCIONADOS EN EL SECTOR DE MOVILIDAD (TABLA 3)

INDICADOR	VALOR PARA SALTILLO	RETOS Y SOLUCIONES
Densidad de carreteras (IMPLAN 2015)	**411.9 KM** POR CADA 100 000 HABITANTES; **21 KM** POR CADA 100 KM²	Mientras que los países de la OCDE tienen, en promedio, el triple de densidad vial (1 454 km por cada 100 000 habitantes), con una cobertura de 122 km por cada 100 km², Saltillo, tiene una cobertura vial considerablemente mejor en comparación con otros países latinoamericanos, como Bolivia, Brasil, Paraguay y Perú, que tienen 368 km por cada 100 000 habitantes y una densidad vial de 11 km por cada 100 km² (OCDE 2014).
Tasa de crecimiento anual del total de vehículos privados (IMPLAN 2015)	**3.78%**	Este índice muestra que el parque de vehículos privados en Saltillo está aumentando. Viajar en coche sigue siendo más eficiente que viajar en transporte público en términos de duración del viaje, comodidad, fiabilidad y seguridad. Esto se ve reforzado por la mejora del estatus social que supone poseer un coche.
Porcentaje de intersecciones semaforizadas con un total de pasos de peatones en relación con el total de intersecciones semaforizadas (IMPLAN 2015)	**5%**	Este valor indica hasta qué punto una ciudad está diseñada para los automóviles, un aspecto mencionado por diferentes actores locales en la fase de entrevistas. Además, refleja la necesidad de trabajar en conceptos como la ciudad de quince minutos o ciudad amigable para los peatones, apoyados por las estrategias de revitalización y densificación del centro de la ciudad.

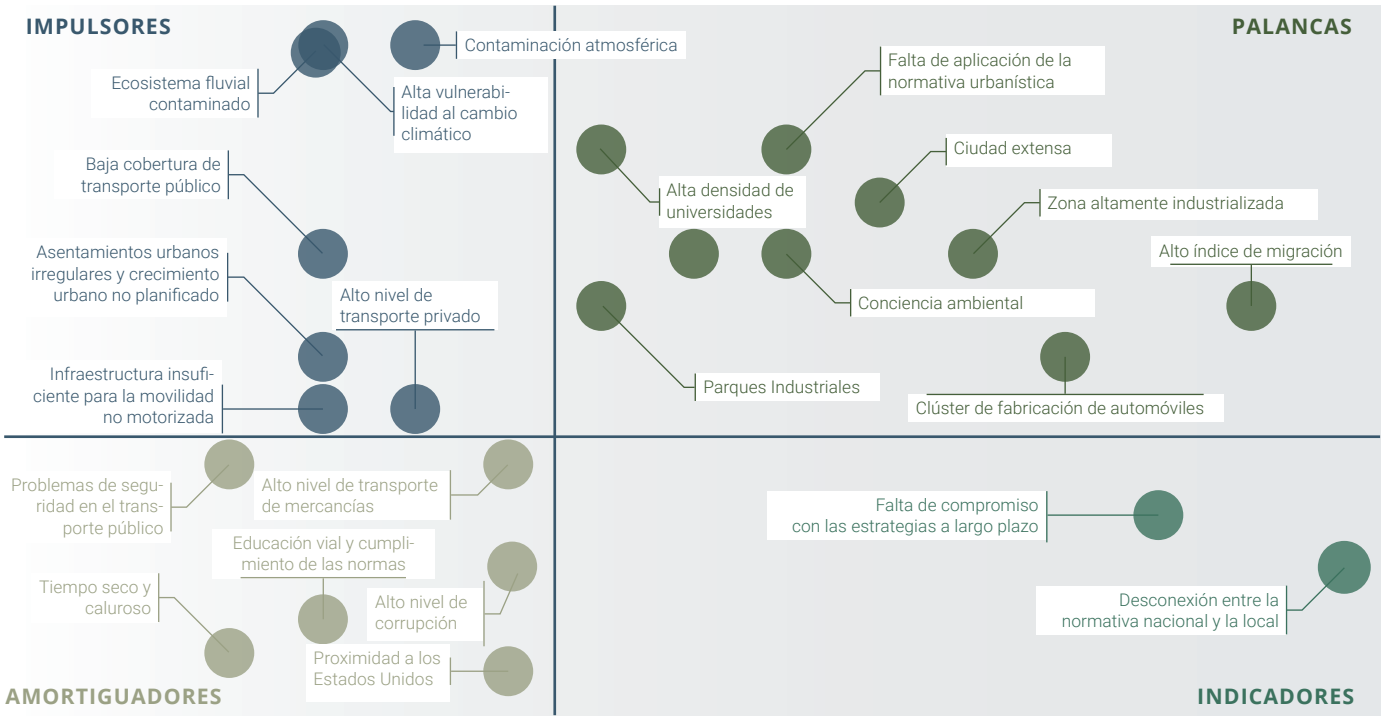
venciones y estrategias de transporte y planificación urbana que mejoren la consolidación, revitalización y densificación, apoyadas por el uso mixto del suelo, son áreas cruciales de alcance.

Durante las consultas a los actores locales, se identificó como principal área de oportunidad la generación de mecanismos democráticos participativos para que los ciudadanos puedan influir en la asignación de presupuestos, especialmente en lo que respecta a los proyectos de infraestructura en la ciudad. Además, la integración de las variables sociales en el diseño de los planes de desarrollo urbano se consideró fundamental a la hora de diseñar una ciudad más inclusiva y socialmente sostenible.

Otras posibles áreas de trabajo son la actualización de la tecnología de las unidades de transporte público, por ejemplo, vehículos eléctricos en lugar de diésel. A esto se suma la preparación de la industria para la transición a la creación de autopartes para vehículos eléctricos, la promoción de proyectos de economía circular en el sector industrial y el fomento de la implantación de zonas peatonales y medios de movilidad respetuosos con el clima.

3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE IMPACTO (FIGURA 10)



Sobre la base de más de 40 entrevistas con las partes interesadas locales, la evaluación *in situ* de Saltillo reveló un total de 39 factores de impacto que tienen una influencia sustancial en el desarrollo de la ciudad.

Utilizando el modelo de sensibilidad de Frederic Vester, un análisis cruzado de estos factores distinguió cuatro categorías diferentes: impulsores, palancas, indicadores y amortiguadores. Los impulsores tienen el potencial de impulsar el cambio y se mantienen estables durante más tiempo, pero suelen ser resistentes al cambio. Las palancas tienen un alto impacto en muchos factores, y también están influenciadas por muchos otros. Entre ellos se encuentran los factores cruciales que hay que abordar para transformar el sistema en la dirección deseada. Los indicadores tienen poca influencia en unos componentes, pero están fuertemente influenciados por otros. Por último, los amortiguadores son relativamente inactivos en ambas direcciones.

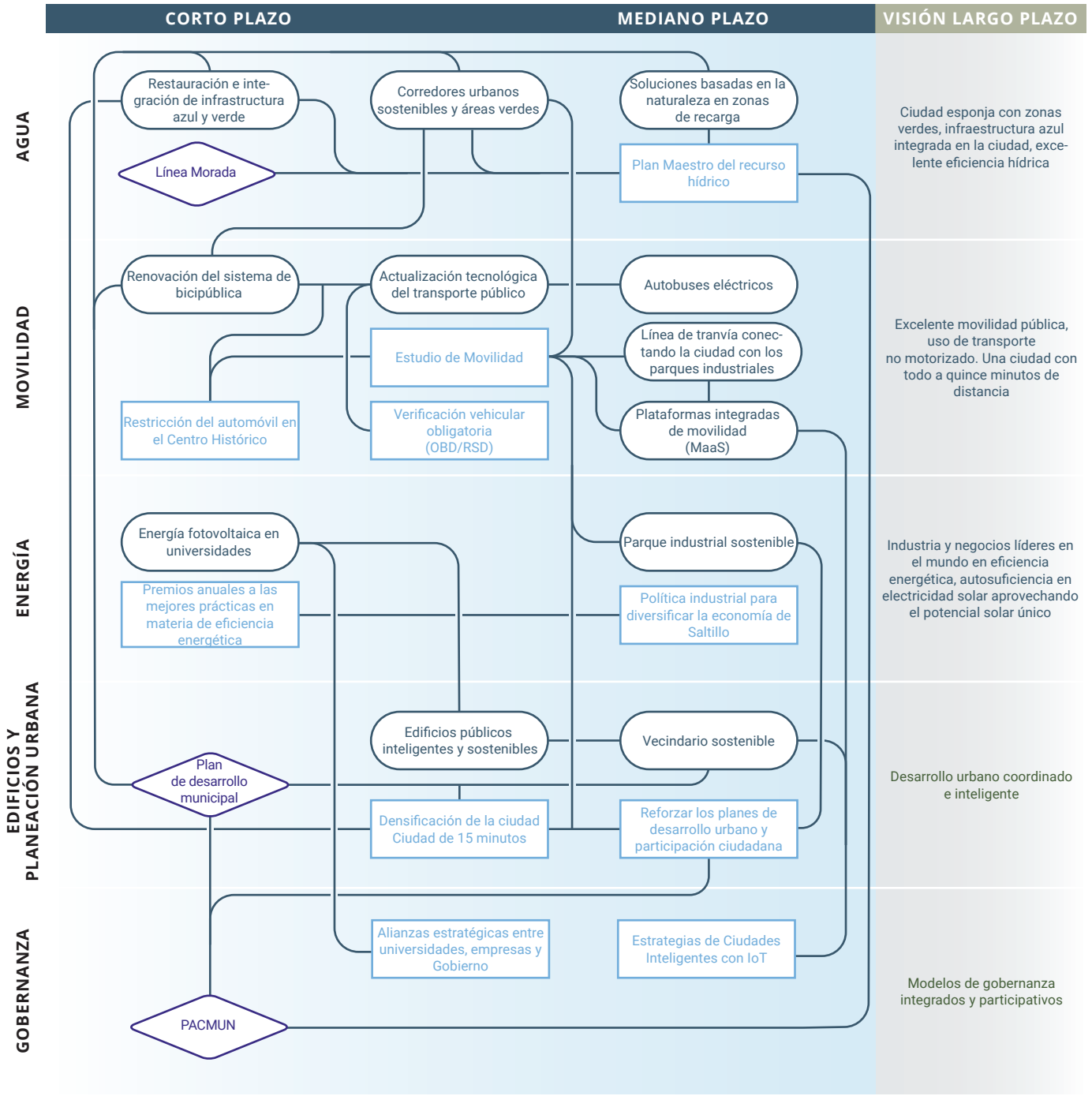
Un análisis exhaustivo de los campos de acción priorizados y de los factores de impacto más cruciales dio lugar a los siguientes campos de intervención para el sistema de la ciudad de Saltillo:

- Zona altamente industrializada
- Parques industriales
- Clúster de fabricación de automóviles
- Ciudad extensa
- Alta tasa de migración
- Conciencia medioambiental
- Alta densidad universitaria

4. HOJA DE RUTA: MAPA DE MEDIDAS Y ESTRATEGIAS

4.1. HOJA DE RUTA DE LA ESTRATEGIA

HOJA DE RUTA CON IDEAS DE PROYECTO (FIGURA 11)



La hoja de ruta de la estrategia se elaboró a partir del análisis y la evaluación de las tres primeras fases del proyecto, como se muestra en la figura 1. Se trata de una cartera de proyectos que pretenden abordar los retos identificados y contribuir a la consecución de una visión a largo plazo en los distintos sectores. La hoja de ruta es una representación gráfica de los proyectos y muestra la complejidad de las relaciones entre ellos y otros aspectos esenciales de la ciudad, como los planes directores o proyectos similares. De igual manera, ilustra que la ejecución de los proyectos no es lineal ni aislada.

La hoja de ruta de la figura 11 presenta las ideas de proyectos ordenadas en un posible marco temporal de aplicación, es decir, a corto y medio plazo. Al mismo tiempo, los proyectos están organizados en tres categorías. La primera categoría incluye proyectos que implican intervenciones físico-tangibles. Estos se representan en los recuadros con forma de óvalo. La segunda categoría corresponde a los proyectos de carácter normativo, como medidas, estudios, planes directores o eventos, que en algunos casos son relevantes para la ejecución de los proyectos de la primera categoría. La segunda categoría está representada por las casillas con forma de rectángulo. En tercer lugar, los proyectos o planes que la ciudad está desarrollando actualmente se representan en las casillas con forma de diamante. Una breve descripción de los proyectos de la primera categoría puede encontrarse en la sección 4.2 Medidas Sugeridas

Los proyectos situados en la parte izquierda del gráfico son los que, en términos generales, pueden ponerse en marcha más fácilmente en un corto periodo de tiempo. Por ejemplo, cabe mencionar los premios anuales a las mejores prácticas en materia de eficiencia energética, un proyecto que, por su naturaleza de evento anual, puede organizarse fácilmente, no requiere inversiones iniciales significativas y podría atraer a los interesados de diferentes sectores para que se comprometan con la eficiencia energética en su actividad diaria. El proyecto en sí podría reproducirse en otras zonas y con otros ámbitos de interés, como la eficiencia del agua, que desempeña un papel importante en Saltillo.

Otro ejemplo de este tipo de proyecto es el programa de verificación vehicular obligatoria (DAB/RSD [6]), cuyo objetivo es reducir las emisiones de los vehículos en uso garantizando que los propietarios realicen un mantenimiento mecánico adecuado de sus vehículos. El proyecto en sí es fácil de aplicar y podría suponer una mejora considerable de la calidad del aire de la ciudad al dar prioridad a métodos más seguros y menos costosos, como el DAB y el RSD para la verificación de vehículos. Requeriría el apoyo y la cooperación de los principales interesados, como los proveedores de transporte público, los propietarios de vehículos privados y la Secretaría de Movilidad de Saltillo, entre otros.

En la parte derecha del gráfico se encuentran los proyectos que requieren más tiempo, recursos e infraestructuras para su ejecución. Es el caso del parque industrial sostenible, que involucra a partes de diferentes sectores, aborda diversas materias, como la eficiencia hídrica y energética, la movilidad verde y los principios de la economía circular, entre otros, y por tanto requiere más tiempo, organización y recursos económicos para su ejecución.

La hoja de ruta sirve de guía para que la ciudad ejecute los proyectos de forma oportuna y articulada, logrando así las visiones a largo plazo mediante intervenciones que cubran las diferentes necesidades y áreas de la ciudad.

[6] El DAB (diagnóstico a bordo) y el RSD (dispositivos de detección remota) son tecnologías utilizadas para medir el rendimiento de los diferentes sistemas de un vehículo.

4.2. MEDIDAS SUGERIDAS

Esta sección presenta la lista de ideas concretas desarrolladas dentro de este proyecto para mejorar la sostenibilidad de la ciudad dentro de los sectores del agua, la movilidad y la energía. Estas medidas se desarrollaron sobre la base de los retos identificados en cada sector, las posibles soluciones y la visión de sostenibilidad a largo plazo. Junto con la participación de las partes interesadas, se llevaron a cabo dos talleres para co-crear y perfeccionar las medidas del proyecto. Se celebraron debates sectoriales y sesiones de votación, junto con una evaluación objetiva de los diferentes criterios (por ejemplo, el potencial de reducción de las emisiones de GEI, el potencial de adaptación al cambio climático, la viabilidad financiera del proyecto, etc.), con el fin de priorizar las ideas más prometedoras.

Renovación de la red ciclista pública

A pesar de que Saltillo cuenta con una red de bicicletas públicas, la percepción externa de la misma es que no se ha promovido adecuadamente ni se ha planificado correctamente. Esto se debe a la alta percepción de inseguridad en la población a la hora de utilizar este medio de movilidad. Por otro lado, en otras ciudades del país (como la Ciudad de México y Guadalajara), así como en América Latina, estos sistemas han sido exitosos debido a su implementación, alcance y uso debidamente definidos. Por lo tanto, se propone una renovación del sistema existente en la ciudad para que opere con solidez, consolidando la conformación de un sistema público integrado con diversos modos de transporte. La red ciclista debe ser inclusiva, siendo los ciudadanos sus principales beneficiarios.

Restauración e integración de la infraestructura azul y verde

Este proyecto pretende restaurar un tramo de uno de los principales arroyos de Saltillo de forma que se recupere su capacidad fluvial, a la vez que se convierte la ribera en un área recreativa que ofrece beneficios ambientales, sociales e incluso económicos. El principal impacto esperado es la mejora del sistema de drenaje, no sólo a partir de la capacidad fluvial recuperada del arroyo, sino también a través de los llamados sistemas de drenaje urbanos sostenibles. Esto último se consigue gracias a la capacidad de la vegetación para retener y absorber el agua y permitir su infiltración en el suelo. Cuando se implementa a mayor escala, esta infraestructura verde puede ser vista de manera analógica como una gran esponja que puede mejorar significativamente la capacidad de la ciudad para evitar eventos de inundación, al tiempo que ofrece beneficios multisectoriales.

Barrio sostenible

La intención de crear un barrio sostenible en Saltillo es reducir el consumo de agua y energía, disminuir el efecto «isla de calor» y mitigar las inundaciones. Esto se puede lograr mediante la aplicación de las mejores prácticas de gestión del agua y la energía, tecnologías verdes y ecotecnologías. La iniciativa incluye muros y techos verdes, captación de agua de lluvia, sistemas de recolección, generación de energía solar, implementación de tecnologías para el tratamiento y reutilización de aguas residuales (para el riego de jardines), así como la adecuación de espacios verdes con infraestructura verde (jardines de lluvia) o áreas recreativas funcionales (para reducir los efectos de las «islas de calor»).

Movilidad como servicio (Mobility as a Service MaaS)

La movilidad como servicio (MaaS) combina las diferentes tendencias de movilidad actuales con la oferta de transporte público, sin considerar la dependencia del vehículo privado. Esto establece un reto y una oportunidad para la evolución de los servicios y actores tradicionales de la movilidad en la ciudad, representando una oportunidad para nuevas ideas y participantes. En América Latina existen varios proveedores de este servicio en las principales ciudades del continente que han demostrado el éxito en los resultados obtenidos con estas plataformas.

La implantación de MaaS es una tendencia global que transforma la movilidad a través de la innovación tecnológica. Esta nueva forma de concebir el transporte y los nuevos métodos de colaboración son fundamentales para garantizar un flujo urbano continuo utilizando modos de transporte alternativos más eficientes. MaaS se basa en la conectividad, el acceso y la asequibilidad de las diferentes opciones de transporte presentes en la región de interés.

Actualización tecnológica del transporte público en Saltillo

La política de modernización del transporte público se basa en la instrumentación técnica para mejorar los indicadores de desempeño y la percepción de los usuarios. Estos sistemas renovados deben incluir la tecnología de la información y el control permanente de todas las unidades que cumplen con las normas actuales de emisiones.

Los principales impactos incluyen la reducción de los contaminantes, los GEI, el ruido y el tráfico y deben ser más eficientes que los servicios tradicionales. Para el desarrollo de estas iniciativas, el apoyo gubernamental es esencial y debe centrarse en el usuario: mejora de la calidad, diversas opciones de movilidad, tarifas integradas, carriles de uso exclusivo e infraestructuras modernas y adecuadas.

Corredores urbanos sostenibles y zonas verdes

Este proyecto pretende implantar una infraestructura verde diversa y autóctona (como jardines xerojardineros, árboles, tejados verdes, etc.) dentro de un corredor estratégico para conseguir múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos. El principal impacto esperado es la mejora del sistema de drenaje a través del llamado Sistema de Drenaje Urbano Sostenible (SDUS), que se consigue gracias a la capacidad de la vegetación para retener y absorber el agua y permitir su infiltración en el suelo.

El corredor previsto también fomentaría los desplazamientos a pie y en bicicleta al ofrecer una atractiva calle verde con un microclima mejorado gracias a la sombra y la evapotranspiración de la vegetación. A medida que aumente el número de personas que se desplacen a pie o en bicicleta, se espera que disminuya el número de personas que se desplacen en coche, junto con las correspondientes emisiones de CO_2. También se espera una disminución de las emisiones gracias a la menor necesidad de aire acondicionado, ya que la infraestructura verde tiene la capacidad de disminuir el efecto de islas de calor urbanas.

Premios a la eficiencia energética, las energías renovables y el uso sostenible del agua

Lograr reducciones sustanciales en el uso de la energía y las emisiones de GEI requiere la participación activa de los sectores industrial y comercial que, en comparación con la media nacional, están sobrerrepresentados en Coahuila y Saltillo. Sin embargo, la regulación del sector energético e industrial está en gran medida en manos del gobierno nacional. El municipio aún tiene la oportunidad de contribuir al desarrollo sostenible en estos sectores a través de eventos de sensibilización. Una práctica muy conocida es la organización de premios a la sostenibilidad; estos podrían otorgarse a las mejores prácticas en, por ejemplo, la mejora de la eficiencia energética, la integración de las energías renovables o el uso sostenible del agua. Los premios pueden tener diferentes criterios (por ejemplo, mayor impacto absoluto, mayor impacto relativo, más innovador, etc.) y diferentes categorías de participantes (usuarios industriales muy grandes, grandes, medianos y pequeños, usuarios comerciales, usuarios públicos, etc.). Los reconocimientos deben concederse de forma que se maximice la visibilidad para fomentar las mejores prácticas entre los grupos de usuarios pertinentes. Este tipo de distinciones se llevan a cabo en otros países y regiones, y han demostrado ser muy impactantes a bajo coste. Ejemplos notables son los premios alemanes de eficiencia energética de la Agencia Alemana de la Energía o los premios de sostenibilidad de la ASEAN del Centro de Energía de la ASEAN.

Línea de tranvía que conecta la ciudad con los polígonos industriales

Las necesidades de movilidad de Saltillo vienen determinadas, en gran medida, por el transporte individual de la mano de obra de sus 40 polígonos industriales y otras numerosas instalaciones industriales. Después del sector industrial, el sector de la movilidad es uno de los que más energía consumen y más GEI emiten, tanto en Saltillo como en todo México. Para lograr una reducción sustancial de las emisiones en el sector del transporte será necesario ampliar los servicios públicos de movilidad y la provisión de infraestructuras para el transporte no motorizado (por ejemplo, carriles para peatones y bicicletas), así como una transformación tecnológica que abandone los vehículos de combustión interna. Una de las opciones tecnológicas más prometedoras es la electrificación de la movilidad, que permitiría que los vehículos funcionaran con electricidad (baja en carbono) y, por tanto, reducirían las emisiones. Una línea de tranvía ampliaría sustancialmente la movilidad pública al ofrecer una gran alternativa de transporte entre la ciudad de Saltillo y sus parques industriales. El tranvía funcionaría con electricidad, lo que permitiría una descarbonización efectiva de la economía mexicana al acoplar el sector eléctrico con el del transporte. Este proyecto implica una enorme inversión en infraestructuras, por lo que sólo podría realizarse a mediano y largo plazo.

Parque industrial sostenible

La industria manufacturera de Saltillo se encuentra, en gran medida, en sus aproximadamente 40 parques industriales de la Zona Metropolitana y fuera de ella. Una sola gran empresa industrial puede consumir tanta energía como 40 mil hogares. La agrupación de empresas industriales, en proximidad física entre sí, proporciona una oportunidad para mejorar el perfil de sostenibilidad de la industria de Saltillo, abordando los parques industriales como unidades organizativas. La descarbonización de los parques industriales mediante la aplicación de las mejores medidas de eficiencia energética y el autoabastecimiento de energía renovable, en particular la energía solar fotovoltaica, ofrece un gran potencial para reducir el consumo de energía y las emisiones de GEI, al tiempo que mejora la competitividad industrial. De hecho, muchas de las medidas de eficiencia energética en Saltillo se han amortizado en cortos periodos de tiempo (unos pocos meses), amortizando las inversiones con ahorros en el gasto energético. Además, los equipos de energía solar fotovoltaica han experimentado una importante reducción de costes en los últimos años, y el gran potencial de radiación solar de Coahuila hace que el autoabastecimiento sea una opción viable. Como se mencionó, México tiene el potencial de lograr precios muy bajos para la electricidad solar fotovoltaica, como se demostró durante la tercera ronda de subastas de energía limpia en 2017. La descarbonización de un parque industrial piloto podría servir como escaparate de opciones tangibles de sostenibilidad y permitir que el proyecto se replique en otros parques industriales. De esta manera, Saltillo podría convertirse en el corazón de la transición hacia una economía baja en carbono en el sector industrial, convirtiéndose en el primero en actuar a nivel nacional y en un ejemplo para América Latina y el mundo.

La energía solar fotovoltaica en las universidades como laboratorio real

Saltillo cuenta con numerosas universidades, cuatro de las cuales ofrecen explícitamente la energía sostenible como vía de estudio. Aunque la energía solar fotovoltaica y la eólica son técnicamente maduras y ya pueden competir con las alternativas eléctricas basadas en los combustibles fósiles, el principal reto que obstaculiza su implantación suele ser la variabilidad del suministro. La energía solar fotovoltaica depende de las condiciones de radiación, mientras que la eólica depende de los recursos eólicos disponibles. Este proyecto propone utilizar las universidades como laboratorios con gran experiencia en lograr un equilibrio entre la oferta y la demanda. Así, se propone instalar paneles solares fotovoltaicos en las universidades para investigar en la vida real los patrones de suministro, las oportunidades de almacenamiento y la flexibilización de la demanda. Las universidades podrían convertirse en proveedores de soluciones para los usuarios industriales, comerciales y residenciales de Saltillo y, por lo tanto, ser actores cruciales para posibilitar la transformación hacia un sistema energético bajo en carbono.

Edificios inteligentes y sostenibles

Con los actuales desafíos climáticos, es necesario contar con tecnologías adecuadas para la generación y el uso eficiente de los recursos hídricos y energéticos. Este proyecto tiene como objetivo instalar diferentes tecnologías e identificar las mejores prácticas para ser implementadas y probadas en un edificio público para el uso sostenible del agua y la energía, haciendo hincapié en las soluciones fuera de la red y en los instrumentos de supervisión y control. Además, estos edificios promoverán modelos de desarrollo sostenible para la ciudad que puedan utilizarse como laboratorios de vida urbana.

Soluciones basadas en la naturaleza en las zonas de recarga

Las cuencas hidrológicas tienen en sus ecosistemas elementos de vegetación y suelo que favorecen las capacidades ambientales hidrológicas. El suelo cumple las funciones de almacenamiento y filtración del agua e influye en la calidad y recarga de los acuíferos. La vegetación en el ciclo hidrológico, por su parte, intercepta y retiene la lluvia, permitiendo que se infiltre en el suelo a través de sus raíces, abriendo así los poros del suelo. La vegetación, el agua y el suelo deben conservarse y gestionarse para garantizar su funcionalidad ecológica en las zonas de recarga natural.

Esta propuesta tiene como objetivo implementar estrategias de conservación y rehabilitación de los sitios de recarga natural, es decir, la Sierra de Zapalinamé, y crear zonas prioritarias de infiltración a través de la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN). La propuesta busca contribuir a la recarga de los acuíferos, reducir los procesos erosivos del agua que provocan el arrastre de sedimentos, reducir la velocidad de escurrimiento y disminuir los caudales máximos que pueden provocar inundaciones en las zonas bajas de la región. Además, se espera que la realización de este tipo de proyectos mejore las condiciones ambientales, sociales y paisajísticas de la zona o de las reservas naturales. Este proyecto ayudará a lograr el objetivo de Saltillo de convertirse en una «ciudad esponja». Contribuirá a la recarga de los acuíferos y compensará la presión del estrés hídrico en la región.

Autobuses eléctricos

La electrificación del sector de la movilidad ofrece una oportunidad tangible para descarbonizar el sector del transporte. Los vehículos eléctricos ya se utilizan para el transporte urbano en las principales ciudades asiáticas y europeas, a pesar del elevado coste inicial de la implantación de esta tecnología. Hay varios fabricantes de automóviles en todo el mundo que están interesados en promover su aplicación. Es necesario analizar el entorno operativo en función del consumo de energía durante el funcionamiento real de los autobuses tradicionales para garantizar que la flota propuesta satisface la demanda real debido a la autonomía de los vehículos eléctricos. Además, se requiere un análisis de viabilidad para proponer varios escenarios de un proyecto piloto en rutas específicas. Posteriormente, deben realizarse análisis de eficiencia económica para medir los beneficios de este proyecto. Los resultados en otras ciudades y países muestran beneficios económicos después de cinco años de implementación. La ciudad de Saltillo se beneficiaría notablemente de este tipo de infraestructuras al conseguir que un mayor número de ciudadanos utilice el sistema de transporte público.

5. CONCLUSIONES

Este informe resumido presenta los resultados del *City Lab Saltillo* como una de las tres ciudades piloto de la Iniciativa Global de Ciudades Inteligentes Morgenstadt. Este reporte describe el *statu quo* de Saltillo con respecto a su desempeño en materia de sostenibilidad en los sectores de movilidad, energía y agua, presentando los retos más destacados, las soluciones y una visión de la sostenibilidad para cada sector. Además, presenta una lista de ideas de proyectos concretos desarrollados para que la ciudad de Saltillo u otras partes interesadas desarrollen y avancen hacia la visión de sostenibilidad definida. El análisis integrado y la evaluación de los retos y el potencial de mejora en cada sector, junto con la lista de ideas de proyectos concretos, se desarrollaron basándose en la metodología holística del *Morgenstadt City Lab*. Esta metodología se basa en métodos cuantitativos y cualitativos, y se centra en la participación de las partes interesadas locales de los sectores público, privado y académico a través de entrevistas con expertos y talleres. Este enfoque participativo y de cocreación garantiza soluciones a medida y un alto grado de apropiación local.

Como capital del estado de Coahuila de Zaragoza, Saltillo tiene el potencial de convertirse en un modelo de desarrollo sostenible para otras ciudades de la región. En el sector del agua, la ciudad puede hacer frente a la escasez de agua y a las inundaciones integrando infraestructuras verdes y azules en el espacio urbano, mejorando la permeabilidad del suelo de la ciudad y la recarga de los acuíferos ya sobreexplotados mediante la creación de un efecto de «ciudad esponja». En el sector de la movilidad, la ciudad puede reducir el uso del transporte individual y la congestión del tráfico mejorando los servicios públicos de movilidad y desarrollando infraestructuras para el transporte no motorizado. La integración de la planificación urbana y de la movilidad ofrecería una gran oportunidad para diseñar la ciudad de forma que las necesidades básicas de los ciudadanos estén al alcance de la mano, sin necesidad de realizar grandes desplazamientos. En el sector energético, la ciudad puede autoabastecer sus necesidades de electricidad mediante el desarrollo de energía solar fotovoltaica. Coahuila está considerada globalmente como una región con muy alto potencial de radiación solar, y sus abundantes recursos solares hacen que la electricidad solar sea una alternativa factible y viable. En una de las zonas más industrializadas de México, la mejora de la eficiencia energética es una gran oportunidad no sólo para reducir el uso de energía y las emisiones de GEI, sino también para reducir costes, mejorar la competitividad industrial, mejorar la calidad del aire y crear oportunidades de empleo, entre otros muchos beneficios.

Saltillo ha empezado a abordar los retos de desarrollo sostenible a los que se enfrentan los principales asentamientos urbanos de tamaño medio del Sur Global. La ciudad ha publicado una Agenda Ambiental, en la que destaca su interés y compromiso por mejorar la sostenibilidad de su entorno urbano. También ha empezado a poner en marcha proyectos sostenibles, como el uso del relleno sanitario para la generación de electricidad, su programa de eficiencia en el alumbrado público, su programa de eficiencia en los edificios públicos y su red de bicicletas públicas, entre otros. Los principales actores de los sectores público, privado y académico que contribuyeron activamente a este proyecto también destacaron el extraordinario compromiso de la sociedad saltillense con el desarrollo sostenible.

Sin embargo, la consecución de la visión de sostenibilidad desarrollada en este proyecto, y más allá, requerirá un compromiso a largo plazo con el desarrollo sostenible. Como primer paso en esta dirección, los resultados de este proyecto se alinearon con otros instrumentos de planeación, como su Plan Mu-

nicipal de Desarrollo Urbano y su Plan de Acción Climática Municipal (PACMUN) . De hecho, la alineación institucional del desarrollo sostenible y la definición de objetivos futuros claros se consideran el camino a seguir para afrontar el reto de la continuidad ante los cambios de Gobierno. Además, será crucial que la ciudad asigne recursos financieros para implementar proyectos de desarrollo sostenible. También es esencial que la ciudad defina sus esquemas de seguimiento para mejorar el desarrollo urbano sostenible y la toma de decisiones.

Dos ideas de proyecto priorizadas de la lista de proyectos sugeridos en este informe ya están en camino de ser implementadas y actualmente están siendo analizadas en términos de sus componentes técnicos y financieros, su viabilidad y sus correspondientes impactos de mitigación y adaptación al cambio climático. Otros proyectos de la lista de ideas de proyectos y la hoja de ruta desarrollada en este proyecto ofrecen un gran potencial para fomentar la transformación de Saltillo en una ciudad sostenible del futuro.

AUTORES

EQUIPO DE COORDINACIÓN

José Antonio Ordóñez
Líder del City Lab/ Experto sector de energía
Instituto Fraunhofer de Investigación en Sistemas e Innovación (ISI)

Catalina Díaz
Co-líder del City Lab/ Experta planeación urbana
Universidad de Stuttgart IAT

Dra. Xanin García
Líder local
IMPLAN Saltillo

Carmina Villarreal
Soporte de líder local
IMPLAN Saltillo

EQUIPO DE AGUA

Dr. Eduardo Santillán
Líder equipo local de expertos/Experto sector agua
Tecnológico de Monterrey

Marc Beckett
Experto sector agua
Instituto Fraunhofer de Ingeniería Interfacial y Biotecnología (IGB)

Ricardo Reyes
Experto sector agua
Instituto Fraunhofer de Ingeniería Interfacial y Biotecnología (IGB)

Mónica Cruz
Experto local - Agua
Tecnológico de Monterrey

EQUIPO DE MOVILIDAD

Sonja Stöffler
Experta sector movilidad
Universidad de Stuttgart IAT

Trinidad Fernández
Experta planeación urbana
Instituto Fraunhofer de Ingeniería Industrial (IAO)

Dr. José Ignacio Huertas
Experto local - Movilidad
Tecnológico de Monterrey

Roberto Castañeda
Experto local - Movilidad
IMPLAN Saltillo

Antonio Mogro
Asistente de investigación
Tecnológico de Monterrey

Oscar Serrano
Asistente de investigación
Tecnológico de Monterrey

José Carlos García
Asistente de investigación
Instituto Fraunhofer de Ingeniería Industrial (IAO)

Juan José Henao
Asistente de investigación
Instituto Fraunhofer de Ingeniería Industrial (IAO)

EQUIPO DE ENERGÍA Y CO_2

José Antonio Ordóñez
Experto sector energía y CO_2
Instituto Fraunhofer de Investigación en Sistemas e Innovación (ISI)

Dra. María Elena Huertas
Experta sector energía y CO_2
Tecnológico de Monterrey

Prof. Dr. Martin Pudlik
Experto en emisiones CO_2
Instituto Fraunhofer de Investigación en Sistemas e Innovación (ISI)

Viktor Müller
Experto en emisiones CO_2
Instituto Fraunhofer de Investigación en Sistemas e Innovación (ISI)

Gabriela De Valle Del Bosque
Experta en Sustentabilidad y Responsable de Agenda Ambiental
IMPLAN Saltillo

Maria José Gil Mejia
Asistente de investigación
Instituto Fraunhofer de Investigación en Sistemas e Innovación (ISI)

EQUIPO DE RESILIENCIA CLIMÁTICA

Sophie Mok
Experta resiliencia climática
Instituto Fraunhofer de Ingeniería Industrial IAO

Ana María Vivas
Asistente de investigación
Universidad de Stuttgart IAT

FINANCIACIÓN DEL CLIMA

María Báez
Experta financiera
Escuela de Finanzas de Frankfurt - Centro PNUMA

CONTACTO

info@mgi-iki.com

© Universidad de Stuttgart

AGRADECIMIENTOS

En el transcurso de este City Lab, varios participantes dejaron el proyecto antes de su finalización. El equipo del City Lab Saltillo reconoce que las contribuciones de todos los participantes han sido cruciales para su éxito en todas las fases. En particular, nos gustaría agradecer a **Marielisa Padilla, Ericka Toledo** y **Alanus von Radecki** por sentar la base en la propuesta y por la coordinación del proyecto en su fase inicial, que permitió la participación de Saltillo en este proyecto y definió parte de los sectores de trabajo. Le agradecemos también a **Markus Schwegler** y **Eliana Uribe** por sus valiosas contribuciones durante la ejecución práctica del proyecto.

Citación recomendada: Ordonez, J.A.; Díaz, C.; García, X.; Santillán, E.; Beckett, M.; Huertas, J.H.; Huertas, M.E.; Mok, S.; Reyes, R.; Stöffler, S.; Fernández, T.; Vivas, A.M.; Castañeda, R.; Cruz, M.; De Valle, G.; García, J.C.; Henao, J.J.; Mogro, A.; Baez, M.; Müller, V.; Pudlik, M.; Serrano, O.; Villareal, C.; Gil, M.J.; 2021. Informe resumido del reporte técnico completo City Profile Saltillo, parte de la Iniciativa Global Morgenstadt.

BIBLIOGRAFÍA

Aguas de Saltillo (2018): Memoria 2018 DIGITAL. Disponible en línea en https://www.aguasdesaltillo.com:8080/attachmentHeap/5aea5a5b-7112-498e-b7a0-743211050e49/memoria%202018%20DIGITAL.pdf, revisado el 23/6/2021.

Aguilera, Elsa; Tobón, Gloria; Samaniego, Luis; Díaz, Lourdes; Hernández, Salvador; Valdés, Alfredo (2013): Reúso de aguas residuales municipales tratadas en la región Saltillo- Ramos Arizpe - Arteaga. 1er. Saltillo, Coahuila. Disponible en línea en https://larr.mx/LibroResumen149646.pdf.

CCRB (2019): SIG-BRAVO. Consejo de Cuenca del Río Bravo. Disponible en línea en https://sig-bravo.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=e2013a4c4eda4b8b986c82f9221d9f7c, revisado en julio de 2020.

Plataforma de Iniciativas Climáticas (2019): Proyecto PACMUN. Disponible en línea en https://climateinitiativesplatform.org/index.php/PACMUN_project, actualizado el 23/4/2021, comprobado el 23/4/2021.

CONAGUA (2020a): Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Cañón del Derramadero (0502). Estado de Coahuila. Gerencia de Aguas Subterráneas. Coahuila.

CONAGUA (2020c): Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Saltillo- Ramos Arizpe (0510). Estado de Coahuila. Gerencia de Aguas Subterráneas. Coahuila.

CONAGUA (2020b): Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Saltillo Sur (0521). Estado de Coahuila. Gerencia de Aguas Subterráneas. Coahuila.

El Demócrata (2019): Suspenden clases por lluvias; decenas de calles están bajo el agua, 2019. Disponible en línea en https://democratacoahuila.com/2019/09/04/suspenden-clases-por-lluvias-decenas-de-calles-estan-bajo-el-agua/, consultado el 18/5/2021.

Clúster de Energía de Coahuila (2018): Recursos Energéticos de Coahuila. 1 8ª ed. (Boletín Lecturas Ambientales). Disponible en línea en https://clusterenergia.org/2018/11/23/numero-18-recursos-energeticos-de-coahuila/.

Ethos (2020): Latinoamérica Sostenible-¿Cómo impulsar una recuperación justa y resiliente a partir del financiamiento climático en México? Disponible en línea en https://www.ethos.org.mx/wp-content/uploads/2021/01/Latinoame%CC%81rica-Sostenible-%C2%BFCo%CC%81mo-impulsar-una-recuperacio%CC%81n-justa-y-resiliente-a-partir-del-financiamiento-clima%CC%81tico-en-Me%CC%81xico_-2.pdf, consultado el 1/7/2021.

FCEA (2017): EL AGUA EN MÉXICO. Un prontuario para la correcta toma de decisiones. Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental A.C. México. Disponible en línea en https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/07/Agua-en-Mexico-Un-prontuario-para-la-correcta-toma-de-decisiones-2017.pdf, revisado el 29/4/2021.

Foro Mundial del Agua (2012): Comprender la escasez de agua: Definiciones y mediciones. Disponible en línea en https://globalwaterforum.org/2012/05/07/understanding-water-scarcity-definitions-and-measurements/, actualizado el 1/12/2020, comprobado en octubre de 2020.

Atlas Eólico Global (2021): Plataforma en línea Atlas Eólico Global. Disponible en línea en https://globalwindatlas.info/, actualizado el 7/9/2021, comprobado el 7/9/2021.

Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza (2021): Seguimiento de Indicadores de Coahuila. Disponible en línea en http://indicadores.coahuila.gob.mx/#s1, actualizado el 1/7/2021, revisado el 1/7/2021.

IMPLAN (2016a): ANÁLISIS DE MOVILIDAD URBANA EN EL CENTRO HISTÓRICO DE SALTILLO. Instituto Municipal de Planeación. Saltillo. Disponible en línea en http://implansaltillo.mx/files_publicaciones/archivo_publicacion_8.pdf.

IMPLAN (2018a): Análisis Diagnóstico de la Ciclovía y Movilidad no Motorizada en el Municipio de Saltillo. Saltillo.

IMPLAN (2016b): Propuesta de Red de Rutas Ciclistas para la Ciudad de Saltillo. EnMunicipio de Saltillo.

IMPLAN (2015a): Propuesta Ordenamiento del Sistema de Transporte Público de la Zona Conurbada de Saltillo. Diagnóstico. EnMunicipio de Saltillo.

INECC (2019a): Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático. 1er. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México. Disponible en línea en https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/fichas/ANVCC_LibroDigital.pdf, revisado en marzo de 2021.

INECC (2019b): Variables de vulnerabilidad, riesgos y peligros. Coahuila de Zaragoza. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Disponible en línea en https://cambioclimatico.gob.mx/estadosymunicipios/Vulnerabilidad/V_05.html, actualizado el 23/6/2021, revisado el 23/6/2021.

INEGI (2020): Censos Económicos 2019. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en línea en https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/.
INEGI, CONAPO, SEDESOL (2010): Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2010 - Saltillo. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INIFAP; SAGARPA (2005): RIESGO DE HELADAS PARA LA AGRICULTURA EN LA REGIÓN SURESTE DEL ESTADO DE COAHUILA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. Disponible en línea en http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/224.pdf, consultado el 8/6/2021.

Agencia Internacional de la Energía (2017): Políticas energéticas Beyon Países de la AIE: México 2017. Disponible en línea en https://iea.blob.core.windows.net/assets/d82993b9-6034-4c56-b9f5-5860e82be975/EnergyPoliciesBeyondIEACountriesMexico2017.pdf, consultado el 9/7/2021.

ITESM (2015): Atlas de Riesgos del Municipio de Saltillo, Coahuila 2014. Laboratorio de Sistemas de Información Georreferenciada. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

Mexico News Daily (2020): Excedente de petróleo que Pemex no puede vender encenderá generadores viejos e ineficientes de CFE. En Mexico News Daily, 6/5/2020. Disponible en línea en https://mexiconewsdaily.com/news/surplus-oil-that-pemex-cant-sell-will-fire-cfes-old-and-inefficient-generators/, revisado el 7/9/2021.

Mohr, M.; Schwegler, M.; Maciulyte, E.; Stryi-Hipp, G.; Winkler, M.; Giglmeier, S.; Mok, S.; Stojiljkovic, M.; Brittas, A.; Jayawant, A.; Schlecht, V.; 2020. Executive Summary 2020 – City Lab Kochi, India.

Mok, Sophie; Schwegler, Markus; Jayawant, Amruta; Brittas, Anna (2021): EVALUACIÓN DEL RIESGO CLIMÁTICO Y LA RESILIENCIA. City Lab Kochi, India.

OCDE (2014): Perspectivas regionales sobre la ayuda al comercio. La dimensión del desarrollo. París: OECD Publishing (La dimensión del desarrollo). Disponible en línea en https://read.oecd-ilibrary.org/development/regional-perspectives-on-aid-for-trade_9789264216037-en#page4.

Ordoñez, José Antonio; Eichhammer, Wolfgang; Pudlik, Martin (2016): Determinación de la Línea Base de Consumo Energético y Potenciales de Eficiencia Energética Sectoriales en México. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Secretaría de Energía, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. Ciudad de México. Disponible en línea en https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/2016/Linea_Base_de_Consumo_Energetico_en_Marco_Politico_Largo_Plazo_Final_01-06-17.pdf, consultado el 9/7/2021.

Ríos, Armando; Chantaka, Aracely (2019): «Fernand» provoca lluvias en Coahuila y Nuevo León; el agua paraliza diversas vialidades. En SinEmbargo MX, 6/9/2019. Disponible en línea en https://www.sinembargo.mx/05-09-2019/3640504, revisado el 20/5/2021.

Rogelj, J.; Shindell, D.; Jiang, K.; Fifita, S.; Forster, P.; Ginzburg, V. et al: Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development. En : Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Disponible en línea en https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/chapter-2/, revisado el 7/2/2021.

Saltillo Gobierno Municipal (2018a): Plan Municipal de Desarrollo Saltillo 2019-2021. Disponible en línea en http://transparencia.saltillo.gob.mx/Articulo%2021/LI.%20Cualquier%20otra%20informacion%20complementaria/Plan%20Municipal%20de%20Desarrollo%202019-2021.pdf.

Gobierno Municipal de Saltillo: Agenda Ambiental de Saltillo. Disponible en línea en http://implansaltillo.mx/files_publicaciones/archivo_publicacion_2.pdf, consultado el 17/06/2021.

Saltillo Gobierno Municipal (2019): Plan Municipal de Desarrollo Urbano Saltillo 2019 - 2021. Disponible en línea en http://www.implansaltillo.mx/files_publicaciones/archivo_publicacion_1.pdf, consultado el 1/7/2021.

Saltillo Gobierno Municipal (2020): Saneamiento integral de las aguas residuales del municipio de Saltillo. Dirección de Medio Ambiente y Espacios Urbanos. Saltillo, Coahuila.

Secretaría de Medio Ambiente (2018): PROGRAMA ESTATAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS FORESTALES. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Urbano de Coahuila de Zaragoza. Saltillo, Coahuila .

INFORME RESUMIDO DEL PERFIL DE LA CIUDAD

CITY LAB SALTILLO, MÉXICO

CONTACTO
info@mgi-iki.com
© Universidad de Stuttgart

PÁGINA WEB
www.mgi-iki.com

LINKEDIN
Morgenstadt Global Smart Cities Initiative

FACEBOOK
@morgenstadtglobalsmartcitiesinitiative

2021