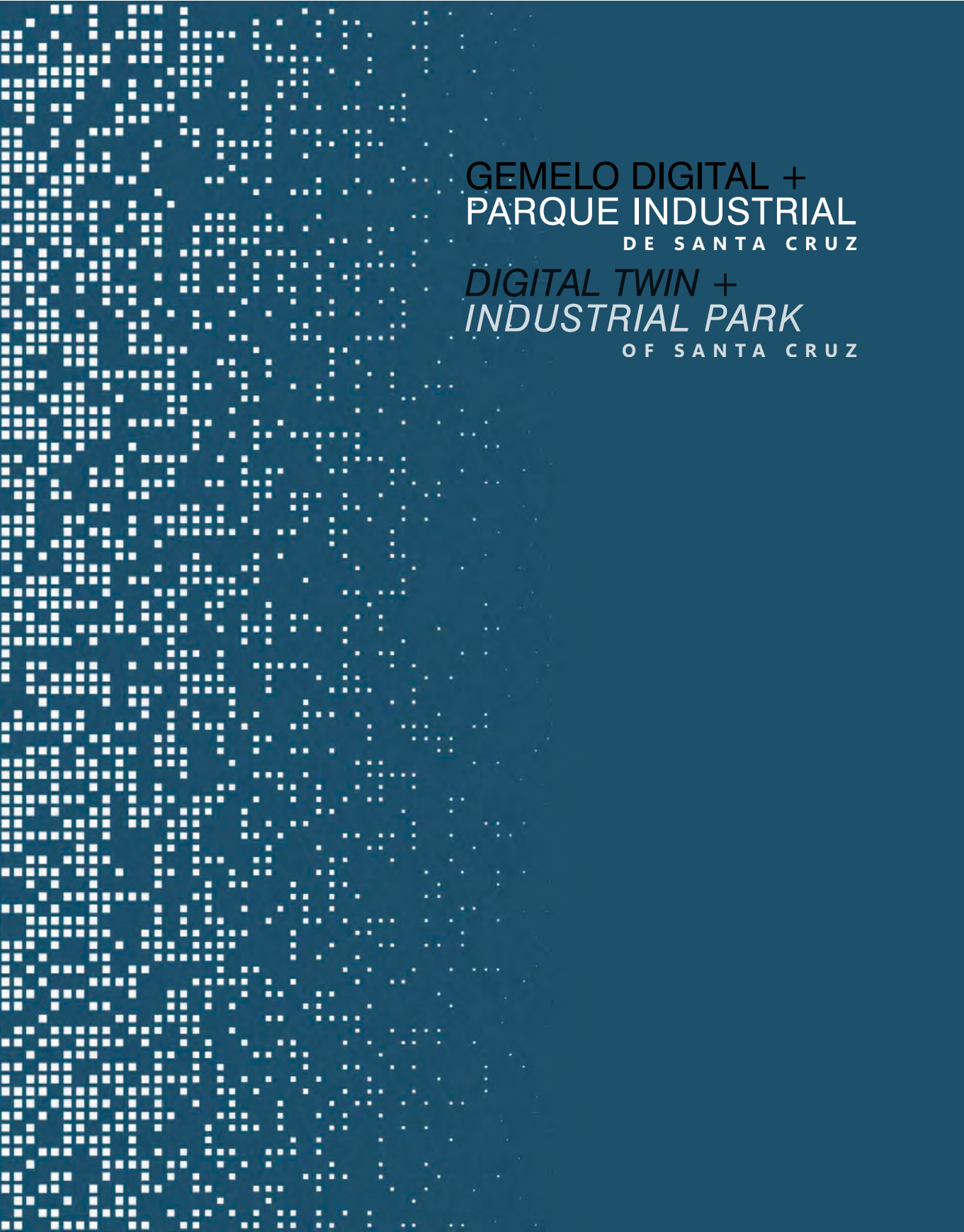




GEMELO DIGITAL +
PARQUE INDUSTRIAL
DE SANTA CRUZ

DIGITAL TWIN +
INDUSTRIAL PARK
OF SANTA CRUZ

GEMELO DIGITAL +
PARQUE INDUSTRIAL

DE SANTA CRUZ

*DIGITAL TWIN +
INDUSTRIAL PARK*

OF SANTA CRUZ

EDICIÓN:
RICARDO RUIZ G.
SOFÍA CAVERO W.

GEMELO DIGITAL + PARQUE INDUSTRIAL DE SANTA CRUZ

© 2026 Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Primera edición, 2026

Publicación Institucional

Edición académica
Ricardo Ruiz-Garvia

Edición final
Yoshimi Iwanaga Miyazaki

Diseño editorial
Sofía Cavero Wintruff

Autoridades Universitarias

Rectora
Lauren Müller de Pacheco

Secretario General
Roberto Antelo Scott

Vicerrector
Sergio Daga Mérida

Directora Académica
Julvi Molina Machicado

Autoridades Facultativas

Decano de la Facultad de Arquitectura,
Diseño y Urbanismo
Victor Hugo Limpías Ortiz

Coordinador de Extensión
Virgilio Suárez Salas

Director Centro de Investigaciones CIUDAD
Juan Carlos Simoni Cabrera

ISBN: 978-99905-58-77-7
Depósito Legal: 8-1-9059-2026

Imprenta VGP
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

Impreso en Bolivia
Printed in Bolivia

Créditos Técnicos

Dirección análisis geoespacial CIUDAD
Ricardo Ruiz-Garvía

Asesoría análisis geoespacial CIUDAD
Victor Hugo Limpías Ortiz

Digitalización análisis geoespacial CIUDAD

Lucas Luján Camacho
Isabel Morales Yabeta
Fabiana Heredia Orellana
Pedro Flores Vargas
Erika Flores Zubieta
Nicole Mealla Goyonaga
Nicole Carvajal Stipancich
Cristhian Vaca Guzmán Mendoza
Jose Andres Dominguez Zelaya
Marian Negrete Antezana
Jeanine Sandoval Loayza

Imágenes aéreas CIUDAD / Dron CIUDAD

Lucas Luján Camacho
Isabel Morales Yabeta

Agradecimientos

El equipo editorial expresa su agradecimiento a quienes acompañaron y contribuyeron al desarrollo de esta publicación. Se agradece a Luis Alberto Foianini Harasic, Director de Vínculo Empresarial de la UPSA, por su apoyo constante en la articulación institucional y empresarial del proyecto. Asimismo, se agradece a CAINCO, en las personas de Sergio Angulo Numbela y Javier Prado Carvajal, por el respaldo y la apertura brindada durante el proceso. Se extiende también un especial reconocimiento al Directorio del Núcleo del Parque Industrial Ramón Darío Gutiérrez, representado por Fernando Antezana, Antonio Vicente e Irene Monasterio, por su confianza, acompañamiento y disposición para impulsar una mirada prospectiva sobre el Parque Industrial.

Nota Editorial

Esta publicación reúne los resultados académicos desarrollados en la asignatura Planificación Urbana de la Carrera de Arquitectura. El libro integra análisis territorial, información geoespacial, simulaciones y propuestas elaboradas por estudiantes como parte del proceso formativo impulsado desde la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra. Los proyectos presentados corresponden a trabajos académicos. Las opiniones, interpretaciones y propuestas expresadas en ellos son responsabilidad de sus respectivos autores y no representan necesariamente la posición institucional de la Universidad.

Derechos de autor

Esta obra se publica bajo la licencia Creative Commons Atribución–NoComercial–SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Se permite su copia y distribución siempre que se cite adecuadamente la fuente, no se utilice con fines comerciales y no se generen obras derivadas sin la autorización expresa de los autores y de la Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra.

Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
www.upsa.edu.bo







CONTENIDO

CONTENTS

Sección 1

Presentación <i>Foreword</i>	ii
Prólogo <i>Prologue</i>	v
Educar el futuro <i>Educating the future</i>	vii
Fundamentación del Parque Industrial <i>Foundations of the Industrial Park</i>	02
Cómo leer este libro <i>How to read this book</i>	12
El Parque Industrial como territorio estratégico de planificación <i>The Industrial Park as a strategic territory for planning</i>	13
De la investigación al aula <i>From research to the classroom</i>	15
Análisis físico-territorial, enfoque multiescalar y Gemelo Digital <i>Physical-territorial analysis, multiscale approach, and digital twin</i>	17
Capas estratégicas del Gemelo Digital <i>Strategic layers of the Digital Twin</i>	22
Metodología de trabajo <i>Work methodology</i>	25

Sección 2

Modelado tridimensional <i>Three-dimensional modeling</i>	28
Capa socio-territorial <i>Socio-territorial layer</i>	32
Capa ambiental e infraestructura natural <i>Environmental and natural infrastructure layer</i>	44
Capa productiva y tecnológica <i>Productive and technological layer</i>	60
Capa movilidad y estructura metropolitana <i>Mobility and metropolitan structure layer</i>	76
Una base para futuras transformaciones <i>A Foundation for Future Transformations</i>	87
Matriz de síntesis <i>Synthesis matrix</i>	90



PRESENTACIÓN

FOREWORD

La investigación, asumida como uno de los pilares fundamentales del accionar de nuestra Universidad, se expresa plenamente en este importante trabajo académico, desarrollado durante un semestre en la Carrera de Arquitectura. Bajo la tutela y orientación estructurada del docente titular, Dr. Ricardo Ruiz, los estudiantes de la materia Planificación Urbana trabajaron en detalle uno de los distritos urbanos relevantes de la metrópoli cruceña. Analizaron diferentes aspectos del tejido industrial que le caracteriza y construyeron, aplicando teorías y técnicas de análisis geoespacial el gemelo digital del Parque Industrial de Santa Cruz, oficialmente denominado Parque Industrial “Ramón Darío Gutiérrez”, en honor al ilustre empresario azucarero cruceño.

A través de la presente publicación, y en el marco de las políticas institucionales de la Universidad, se difunde y comparte con la comunidad en general, los resultados de la investigación y el producto generado: el gemelo digital del primer y más importante parque industrial de Bolivia.

Research, embraced as one of the fundamental pillars of our University's mission, is fully expressed in this significant academic work, developed over a semester within the Architecture Program. Under the tutelage and structured guidance of lead professor Dr. Ricardo Ruiz, students from the Urban Planning course worked in detail on one of the relevant urban districts of the Santa Cruz metropolis. They analyzed various aspects of the industrial fabric that characterizes it and constructed, by applying geospatial analysis theories and techniques, the digital twin of the Santa Cruz Industrial Park—officially named the “Ramón Darío Gutiérrez” Industrial Park in honor of the illustrious local sugar entrepreneur.

Through this publication, and within the framework of the University's institutional policies, the research results and the generated product—the digital twin of Bolivia's first and most important industrial park—are disseminated and shared with the broader community.

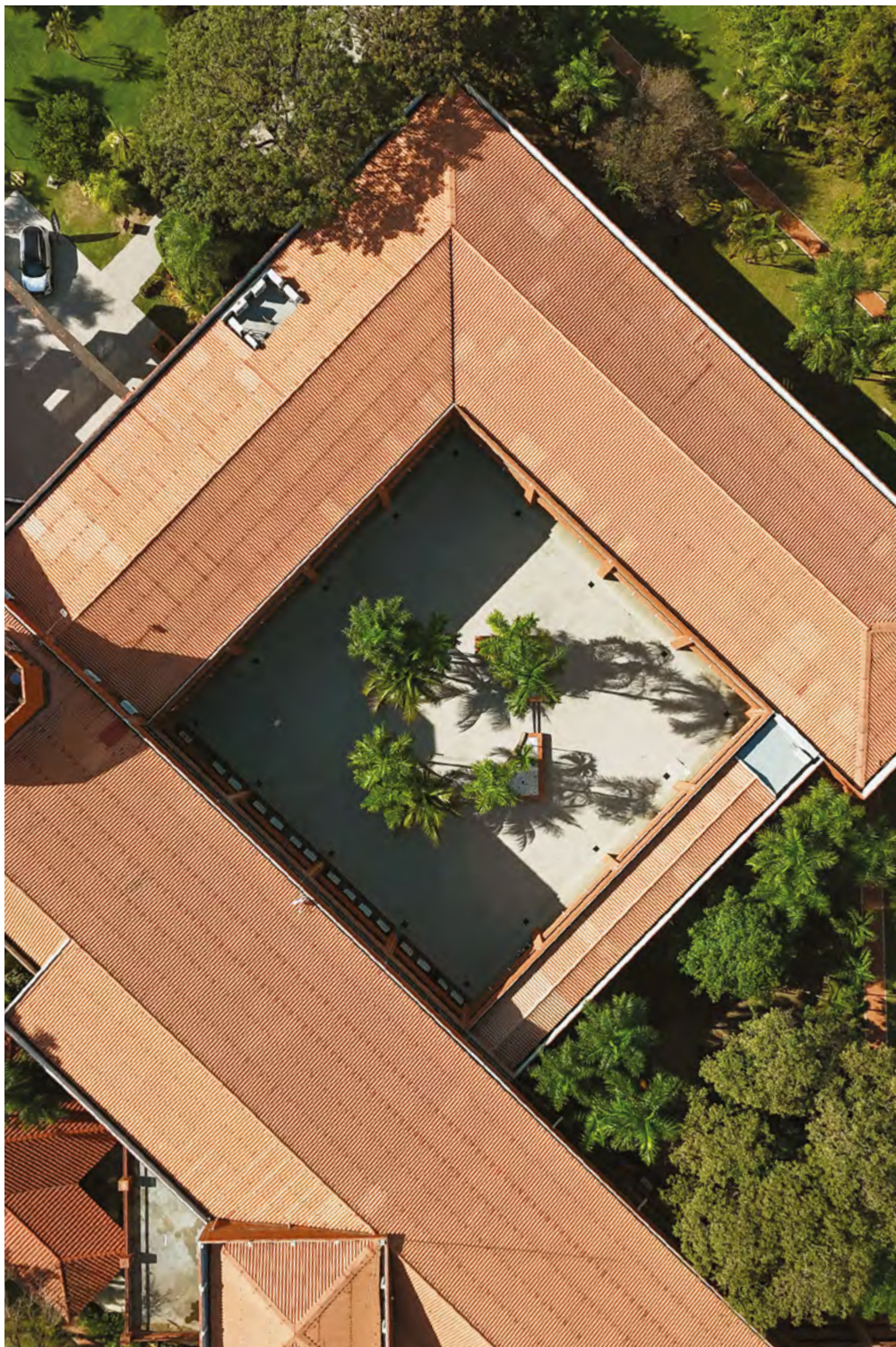
Confiamos en que este aporte académico contribuya tanto al mejor conocimiento de las características actuales del Parque Industrial cruceño como al reconocimiento de sus potencialidades futuras, constituyéndose en un instrumento de planificación urbana. Para las empresas asentadas en el Parque, este gemelo digital ofrece un panorama integral y objetivo de la infraestructura y equipamiento que lo conforma, lo que les permitirá, en el seno de sus propias iniciativas e intereses, plantearse futuras inversiones y mejoras conducentes a incrementar la seguridad, potenciar la productividad y favorecer a la movilidad en todos los sentidos, preservando los objetivos que motivaron su creación como motor industrial de la región.

Por todo lo que representan, tanto académica como empresarialmente, los resultados de esta investigación de enfoque integral, teórica, de campo y digital, la UPSA se siente satisfecha y orgullosa de compartirlos con Santa Cruz, especialmente con el aparato productivo local y nacional, del cual forma parte desde su fundación. De esta manera, y como lo viene haciendo desde las diferentes facultades y unidades que la conforman, la UPSA se mantiene fiel a su compromiso permanente con el desarrollo regional y nacional.

We trust that this academic contribution will aid both in a better understanding of the current characteristics of the Santa Cruz Industrial Park and in the recognition of its future potentialities, establishing itself as an instrument for urban planning. For the companies established within the Park, this digital twin offers a comprehensive and objective overview of the infrastructure and facilities that comprise it. This will enable them, within the scope of their own initiatives and interests, to consider future investments and improvements conducive to increasing safety, boosting productivity, and enhancing mobility across all dimensions, while preserving the objectives that motivated its creation as the industrial engine of the region.

For all that the results of this comprehensive, theoretical, field-based, and digital research represent, both academically and from a business perspective, UPSA is pleased and proud to share them with Santa Cruz, especially with the local and national productive sector, of which it has been a part since its foundation. In this way, and as it has consistently done through its various faculties and units, UPSA remains faithful to its permanent commitment to regional and national development.

Lauren Müller de Pacheco
Rectora
Rector
Universidad Privada de
Santa Cruz de la Sierra





PRÓLOGO

PROLOGUE

Es un motivo de profundo orgullo para la Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra (UPSA) presentar el libro “Gemelo Digital + Parque Industrial de Santa Cruz”, una obra que condensa el rigor académico, el análisis territorial y la visión prospectiva desarrollados en la asignatura de Planificación Urbana de la Carrera de Arquitectura en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU). Esta publicación aborda el nodo productivo más relevante de nuestra región —el Parque Industrial “Ramón Darío Gutiérrez”—, integrando datos geoespaciales, modelado tridimensional y propuestas formuladas por estudiantes durante su proceso formativo. Más allá de ser una memoria técnica, este trabajo demuestra cómo la Universidad se articula activamente con el entorno para ofrecer respuestas innovadoras a los complejos desafíos urbanos, ambientales y productivos de Santa Cruz de la Sierra.

Este libro refleja cómo la educación superior contemporánea debe trascender los modelos tradicionales para convertir el aula en un auténtico laboratorio de prospección. Ante un contexto global y regional caracterizado

It is a source of profound pride for the Private University of Santa Cruz de la Sierra (UPSA) to present the book “Digital Twin + Santa Cruz Industrial Park,” a work that condenses the academic rigor, territorial analysis, and prospective vision developed in the Urban Planning course of the Architecture Program within the Faculty of Architecture, Design, and Urbanism (FADU). This publication addresses the most relevant productive node of our region—the “Ramón Darío Gutiérrez” Industrial Park—integrating geospatial data, three-dimensional modeling, and proposals formulated by students during their formative process. Beyond being a technical record, this work demonstrates how the University actively articulates with its environment to offer innovative responses to the complex urban, environmental, and productive challenges of Santa Cruz de la Sierra.

This book reflects how contemporary higher education must transcend traditional models to transform the classroom into an authentic laboratory for prospective analysis. Faced with a global and regional context characterized by

por la incertidumbre, la aceleración tecnológica y la crisis climática, la formación universitaria exige desarrollar el pensamiento sistémico, la capacidad de anticipación y la lectura crítica del territorio. A través de la simulación de escenarios mediante la integración de herramientas SIG y BIM, los estudiantes no solo analizan el entorno existente, sino que ensayan soluciones, evalúan impactos y proyectan alternativas viables antes de que estas se desplieguen en la realidad urbana.

De este modo, el mayor valor de esta publicación trasciende la propia sofisticación técnica del Gemelo Digital: radica en su potencial pedagógico y en la formación de estudiantes capaces de imaginar y transformar su propio devenir. Las propuestas reunidas en estas capas estratégicas ofrecen una visión prospectiva hacia el año 2050, donde la sostenibilidad, la eficiencia productiva y el bienestar social se articulan de manera integral.

La UPSA entrega esta obra a la comunidad académica, al sector empresarial y a las instituciones públicas como un testimonio de su liderazgo en la innovación educativa y como una sólida base de conocimiento al servicio del desarrollo futuro de nuestro territorio.

uncertainty, technological acceleration, and the climate crisis, university education demands the development of systemic thinking, anticipatory capacity, and a critical reading of the territory. Through scenario simulation via the integration of GIS and BIM tools, students not only analyze the existing environment but also test solutions, evaluate impacts, and project viable alternatives before they are deployed in the urban reality.

In this way, the greatest value of this publication transcends the technical sophistication of the Digital Twin itself: it lies in its pedagogical potential and in the training of students capable of imagining and transforming their own future. The proposals gathered within these strategic layers offer a prospective vision toward the year 2050, where sustainability, productive efficiency, and social well-being are comprehensively articulated.

UPSA delivers this work to the academic community, the business sector, and public institutions as a testament to its leadership in educational innovation and as a solid knowledge base at the service of the future development of our territory.

Sergio Daga Mérida, Ph.D.
Vicerrector
Vice rector
Universidad Privada de
Santa Cruz de la Sierra

EDUCAR EL FUTURO

EDUCATING THE FUTURE

La educación contemporánea enfrenta desafíos inéditos: formar profesionales para territorios, tecnologías y dinámicas sociales en transformación acelerada. La digitalización, la inteligencia artificial, la crisis climática, la urbanización creciente y la reconfiguración de los sistemas productivos evidencian los límites de los modelos educativos tradicionales frente a dinámicas cada vez más complejas e inciertas.

¿Cómo preparar a los estudiantes para escenarios que aún no pueden definirse completamente? ¿Cómo enseñar a actuar en contextos donde el cambio ocurre más rápido que las certezas?

Estas preguntas están redefiniendo el sentido mismo de la educación superior. Hoy, innovar en educación implica transformar la manera en que se aprende, se investiga y se construye conocimiento. La educación del futuro requiere desarrollar capacidades de anticipación, pensamiento sistémico y comprensión crítica de fenómenos complejos, formando profesionales capaces de interpretar tendencias emergentes, analizar riesgos y proyectar escenarios alternativos frente a los desafíos que enfrentarán en sus respectivas disciplinas. En este contexto, los escenarios futuros dejan de ser

Contemporary education faces unprecedented challenges: preparing professionals for territories, technologies, and social dynamics undergoing rapid transformation. Digitalization, artificial intelligence, the climate crisis, increasing urbanization, and the reconfiguration of productive systems reveal the limits of traditional educational models in the face of increasingly complex and uncertain dynamics.

How can students be prepared for scenarios that cannot yet be fully defined? How can they be taught to act in contexts where change moves faster than certainty?

These questions redefine the very meaning of higher education. Today, innovation in education involves transforming the ways in which learning, research, and knowledge production take place. The education of the future requires the development of capacities for anticipation, systems thinking, and critical understanding of complex phenomena. It calls for professionals capable of interpreting emerging trends, assessing risks, and projecting alternative scenarios in response to the challenges they will face within their respective disciplines. In this context, future scenarios cease to

ejercicios abstractos de imaginación y se convierten en instrumentos estratégicos de aprendizaje, incorporando una dimensión fundamental en los procesos de enseñanza-aprendizaje: la capacidad de pensar futuros posibles.

Latinoamérica enfrenta este desafío en medio de profundas tensiones estructurales. La región experimenta procesos simultáneos de expansión urbana, transformación tecnológica, demandas de sostenibilidad y necesidad de fortalecer instituciones resilientes, capaces de responder a escenarios inciertos. Esto exige sociedades más preparadas para gestionar la incertidumbre, integrar innovación y construir modelos de desarrollo basados en conocimiento, tecnología y sostenibilidad. Las ciudades, en particular, adquieren un rol estratégico como espacios donde convergen infraestructura, información, producción, movilidad, ambiente y vida social. En consecuencia, la universidad latinoamericana debe convertirse en un espacio capaz de anticipar transformaciones y ensayar nuevas posibilidades de desarrollo.

be abstract exercises of imagination and become strategic instruments for learning, incorporating a fundamental dimension into teaching and learning processes: the ability to think about possible futures.

Latin America faces this challenge amid deep structural tensions. The region is experiencing simultaneous processes of urban expansion, technological transformation, demands for sustainability, and the need to strengthen resilient institutions capable of responding to uncertain scenarios. This requires societies that are better prepared to manage uncertainty, integrate innovation, and build development models based on knowledge, technology, and sustainability. Cities acquire a strategic role as spaces where infrastructure, information, production, mobility, the environment, and social life converge. Consequently, the Latin American university must become a space capable of anticipating transformations and testing new possibilities for development.



Es precisamente en esa convergencia entre educación, tecnología y prospectiva donde se sitúa esta producción académica. Su alcance trasciende el ejercicio académico de planificación urbana y se constituye como una experiencia educativa que transforma el aula en un laboratorio de futuros. A través de un entorno de simulación territorial, el proyecto permite integrar información espacial, modelar dinámicas urbanas y proyectar escenarios de transformación a mediano y largo plazo. Más allá del ejercicio técnico, plantea una forma distinta de aprendizaje: interdisciplinaria, colaborativa y orientada a comprender el territorio como un sistema complejo, donde cada intervención genera impactos sobre múltiples dimensiones sociales, ambientales y productivas.

En este sentido, su valor más importante no radica únicamente en su capacidad tecnológica, sino en su potencial pedagógico.

La simulación territorial permite experimentar, evaluar impactos, ensayar soluciones y visualizar escenarios antes de que ocurran en la realidad donde los estudiantes proyectan su propio devenir.

El aula deja entonces de funcionar exclusivamente como espacio de transmisión de información y se convierte en una plataforma de análisis, exploración y construcción prospectiva. El verdadero producto educativo —más allá del Gemelo Digital— son docentes comprometidos y estudiantes capaces de imaginar otras realidades.

It is precisely at this convergence between education, technology, and foresight that this academic work is situated. Its scope goes beyond an academic exercise in urban planning and becomes an educational experience that transforms the classroom into a laboratory of futures. Through an environment of territorial simulation, the project makes it possible to integrate spatial information, model urban dynamics, and project medium- and long-term transformation scenarios. Beyond the technical exercise, it proposes a different form of learning: interdisciplinary, collaborative, and oriented toward understanding territory as a complex system, where each intervention generates impacts across multiple social, environmental, and productive dimensions.

In this sense, its greatest value lies not only in its technological capacity, but also in its pedagogical potential.

Territorial simulation makes it possible to experiment, assess impacts, test solutions, and visualize scenarios before they occur in the reality in which students project their own future paths.

The classroom, therefore, no longer functions exclusively as a space for the transmission of information; it becomes a platform for analysis, exploration, and prospective construction. The true educational product, together with the contribution of the Digital Twin, lies in the potential of committed teachers and in the formation of students capable of imagining other realities.



Esta transformación redefine también el papel de la universidad contemporánea, orientándola hacia modelos capaces de integrar investigación aplicada, análisis de datos, pensamiento estratégico y simulación de escenarios complejos. La universidad del futuro deja de ser exclusivamente un espacio donde se estudia el mundo existente, sino un entorno donde se ensayan y discuten mundos posibles, formando personas capaces de cuestionarlo, imaginarlo y construirlo críticamente.

This transformation also redefines the role of contemporary universities, orienting them toward models capable of integrating applied research, data analysis, strategic thinking, and the simulation of complex scenarios. The university of the future will no longer be only a place where the existing world is studied, but an environment where possible worlds are projected, tested, and discussed — forming people capable of questioning, imagining, and critically constructing them.

Nestor Damián Ortega Méndez
Coordinador de Innovación Educativa
Coordinator of Educational Innovation
Universidad Privada de Santa Cruz
de la Sierra

Del análisis a la simulación,
del aula al territorio:
un gemelo digital en
construcción y evolución.

From analysis to simulation,
from the classroom to the
territory: a digital twin in
construction and evolution.



GEMELO DIGITAL + PARQUE INDUSTRIAL
DIGITAL TWIN + INDUSTRIAL PARK

FUNDAMENTACIÓN DEL PARQUE INDUSTRIAL

FOUNDATIONS OF THE INDUSTRIAL PARK

La tradición industrial cruceña, que en 1944 incrementa su escala con el primer ingenio azucarero moderno (La Esperanza), se potencia rápidamente con otros 3 grandes ingenios en la década siguiente (La Bélgica, Guabirá y San Aurelio), mientras se diversifica paralelamente en otros rubros, más allá de lo agroindustrial (alcohol, arroz, oleaginosas). Desde la segunda mitad del siglo XIX, los cruceños ya producían manufacturas, bebidas, madera, químicos y muebles, metalmecánica y otros productos industriales. La apertura del mercado nacional y los mercados internacionales que generan las ferrovías hacia Brasil y Argentina y la Carretera a Cochabamba, ofrece las condiciones para que esa tradición local se potencie con nuevas plantas industriales modernas y contribuya a la mejora substancial de las condiciones socioeconómicas de la población. La etapa decisiva en la modernización de Santa Cruz (1964-1980) fue determinada por tres factores principales: la capacidad de gestión de un Comité de Obras Públicas – C.OO. PP., convertido en una autarquía de base técnica articulada con el liderazgo

The industrial tradition of Santa Cruz, which increased its scale in 1944 with the first modern sugar mill (La Esperanza), was rapidly strengthened by three other major mills in the following decade (La Bélgica, Guabirá, and San Aurelio), while simultaneously diversifying into other sectors beyond agro-industry (alcohol, rice, oilseeds). Since the second half of the 19th century, the people of Santa Cruz had already been producing manufactured goods, beverages, timber, chemicals and furniture, metal-mechanic goods, and other industrial products. The opening of the national market and the international markets generated by the railways to Brazil and Argentina and the Highway to Cochabamba provided the conditions for this local tradition to be enhanced by new, modern industrial plants, contributing to a substantial improvement in the socioeconomic conditions of the population. The decisive stage in the modernization of Santa Cruz (1964–1980) was determined by three main factors: the management capacity of a Public Works Committee (C.OO. PP.) , transformed into a technically-based autonomous entity articulated



local (1963), la administración local de los recursos provenientes de los hidrocarburos (regalías) a partir de 1964 y la idoneidad técnica de una generación de ingenieros y otros profesionales, formada en el exterior (Brasil y Argentina especialmente) y ligada a un liderazgo visionario y comprometido con el desarrollo integral del departamento.

La implementación de las grandes obras de infraestructura urbana básica en la ciudad primero y en las provincias inmediatamente después, junto a la adopción del sistema cooperativo como instrumento complementario para la satisfacción de las necesidades de servicios básicos fortaleció el aparato empresarial, institucional y profesional. Contribuyó al proceso de grandes transformaciones el incremento de la producción de hidrocarburos en suelo cruceño, la exportación de gas a la Argentina (1972), el crecimiento demográfico, producto de migraciones internas significativas, y la consolidación de nuevos mercados para la producción cruceña.

with local leadership (1963)—the local administration of hydrocarbon resources (royalties) starting in 1964, and the technical proficiency of a generation of engineers and other professionals, trained abroad (especially in Brazil and Argentina) and linked to a visionary leadership committed to the comprehensive development of the department.

The implementation of major basic urban infrastructure works, first in the city and immediately after in the provinces, along with the adoption of the cooperative system as a complementary instrument to satisfy the needs for basic services, strengthened the business, institutional, and professional framework. Contributing to this process of major transformations were the increase in hydrocarbon production on Santa Cruz soil, the export of gas to Argentina (1972), demographic growth—driven by significant internal migrations—and the consolidation of new markets for Santa Cruz's production.

Industrialización como estrategia

Abocado inicialmente a las obras de infraestructura urbana básica, el C.OO. PP. genera dos instrumentos, uno administrativo y otro operativo, los que le permiten convertirse en una entidad orientada a promover el desarrollo integral. Primero, durante la gestión del ingeniero Rolando Aguilera (1970-71) se convocó a consultoras para que reorienten el accionar del Comité, obteniendo la consultoría Ingesac de Chile. De esa manera se conforma la Unidad de Asesoría de Planificación, en la que se encontraban los ingenieros Oscar Serrate, Gustavo Maldonado, Guillermo Schrup, Facundo Moreno y José René Moreno, entre otros profesionales. Esa unidad pionera de la planificación integral del desarrollo cruceño, que continuó en la gestión del ingeniero Mario Foianini, jugó un rol importante en el desarrollo del segundo instrumento: el Seminario de Ideas y Proyectos Específicos de 1972.

Industrialization as a Strategy

Initially focused on basic urban infrastructure works, the C.OO. PP. generated two instruments, one administrative and the other operational, that allowed it to become an entity oriented toward promoting comprehensive development. First, during the administration of engineer Rolando Aguilera (1970–1971), consulting firms were convened to reorient the Committee's actions, securing the services of the Chilean consultancy Ingesac. In this way, the Planning Advisory Unit was formed, comprising engineers Oscar Serrate, Gustavo Maldonado, Guillermo Schrup, Facundo Moreno, and José René Moreno, among other professionals. This pioneering unit for the comprehensive planning of Santa Cruz's development, which continued under the administration of engineer Mario Foianini, played a critical role in the development of the second instrument: the Seminar



1985



2003

En esos dos años críticos, no siendo aún una Corporación de Desarrollo, el Comité de Obras Públicas reorientó su accionar y se concentró en el desarrollo regional, aplicando pragmáticamente una visión integral, social y productiva, en donde la promoción de la actividad industrial jugaba un rol importante.¹

Parque Industrial

En ese marco institucional se decidió implementar el Parque Industrial de Santa Cruz, proyecto que formaba parte de la visión que definió el C.OO. PP. al convocar a Techint en 1958, y cuyo plano regulador de 1960 había propuesto inicialmente instalar en la zona sudeste. Los ajustes realizados por el mismo C.OO.PP. al plano regulador urbano de la ciudad, en 1969 se reubicó definitivamente al parque industrial en la zona noreste. Concebido como uno de los proyectos regionales estratégicos que

of Specific Ideas and Projects in 1972. During those two critical years, despite not yet being a Development Corporation, the Public Works Committee reoriented its actions and concentrated on regional development, pragmatically applying a comprehensive, social, and productive vision in which the promotion of industrial activity played an essential role.¹

Industrial Park

Within this institutional framework, the decision was made to implement the Santa Cruz Industrial Park. This project was part of the vision defined by the Public Works Committee (C.OO.PP.) when it convened Techint in 1958, and whose 1960 regulatory plan had initially proposed its installation in the southeast zone. Following adjustments made by the C.OO.PP. itself to the city's urban regulatory plan in 1969, the industrial park was definitively relocated to the northeast zone. Conceived as one of



2012



2021

tendría mayor impacto socioeconómico, la Oficina Técnica del Plan Regulador del C.OO.PP. determinó que, en todas sus fases, el parque industrial cruceño ocuparía 960 hectáreas.

Diseño del proyecto del Parque

Luego de una convocatoria internacional, en junio de 1972, Planidro Engenheiros Consultores S.A. presentó al C.OO.PP. el Estudio de factibilidad técnico-económico-financiera para la implantación del Parque Industrial de Santa Cruz. Organizado en cinco volúmenes, el documento aportó una base técnica decisiva para orientar la creación del Parque Industrial como proyecto estratégico de desarrollo regional. Integró dimensiones económicas, demográficas, espaciales, productivas, físicas, financieras y administrativas. Desde esa perspectiva, concibió el Parque Industrial como una operación territorial integral, orientada a ordenar crecimiento urbano, actividad productiva, servicios, infraestructura y conectividad.

Bajo el liderazgo del ingeniero José María Costa Rodríguez, ingeniero civil y sanitario y director de la consultora, trabajaron en las diferentes áreas Guillermo Londoño, ingeniero urbanista; María do Carmo Rezende, Geógrafa; José Carlos Rodríguez, economista; Antonio Curiono, ingeniero químico industrial; los ingenieros sanitarios Carlos Hernán Ortega y Magdalena Salazar; Miguel Rivero, ingeniero electricista; Carlos Arano S., ingeniero de telecomunicaciones; Ralph Wurmli, ingeniero civil experto en gas natural; Vranimir Lobo, ingeniero en transportes; los ingenieros civiles expertos en desechos sólidos Francisco Zepeda y Erwin Moreno Añez. Completan el equipo técnico los economistas José Carlos

the strategic regional projects that would have the greatest socioeconomic impact, the Technical Office of the C.OO.PP.'s Regulatory Plan determined that, across all its phases, the Santa Cruz industrial park would occupy 960 hectares.

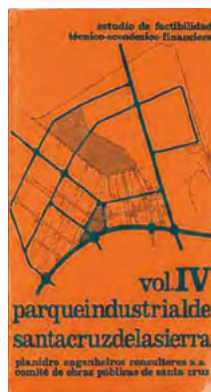
Park Project Design

Following an international call for proposals, in June 1972, Planidro Engenheiros Consultores S.A. presented the C.OO.PP. with the Technical, Economic, and Financial Feasibility Study for the Implementation of the Santa Cruz Industrial Park. Organized into five volumes, the document provided a decisive technical baseline to guide the creation of the Industrial Park as a strategic regional development project. It integrated economic, demographic, spatial, productive, physical, financial, and administrative dimensions. From this perspective, it conceived the Industrial Park as a comprehensive territorial operation, oriented toward organizing urban growth, productive activity, services, infrastructure, and connectivity.

Under the leadership of engineer José María Costa Rodríguez, civil and sanitary engineer and director of the consultancy, various professionals worked across different areas: Guillermo Londoño, urban engineer; María do Carmo Rezende, geographer; José Carlos Rodríguez, economist; Antonio Curiono, industrial chemical engineer; sanitary engineers Carlos Hernán Ortega and Magdalena Salazar; Miguel Rivero, electrical engineer; Carlos Arano S., telecommunications engineer; Ralph Wurmli, civil engineer specializing in natural gas; Vranimir Lobo, transport engineer; and civil engineers specializing in solid waste, Francisco Zepeda and Erwin Moreno Añez. The technical team was rounded out by economists José

Rodríguez y Miguel Rojas, el abogado Alaor Caffé Alves y los comunicadores visuales Roberto Escobar Sarti, Merio Fagá y Peter Lobo.²

Carlos Rodríguez and Miguel Rojas, lawyer Alaor Caffé Alves, and visual communicators Roberto Escobar Sarti, Merio Fagá, and Peter Lobo.²



Los cinco tomos del estudio abordaron el marco económico, demográfico y espacial; las condiciones para la selección de industrias; las industrias candidatas; el plan director físico y los servicios de infraestructura; además de la factibilidad financiera y los aspectos administrativos.

The five volumes of the study addressed the economic, demographic, and spatial framework; the conditions for industry selection; candidate industries; the physical master plan and infrastructure services; as well as financial feasibility and administrative aspects.

Entre sus criterios principales destacan la flexibilidad de implantación, la construcción por etapas, la adaptación a la demanda industrial y la recuperación gradual de la inversión mediante la venta de terrenos equipados y el cobro de servicios. Esta estructura revela una visión avanzada para su tiempo, basada en planificación progresiva, definición de áreas industriales, articulación vial y ferroviaria, servicios comunes y mecanismos de gestión e inversión.

Implementación

La implementación de la primera fase del Parque Industrial de Santa Cruz, de 250 hectáreas de extensión, se inició en 1974, con la apertura de avenidas y calles, seguida de la ejecución de las obras de infraestructura básica (pavimento, alcantarillado sanitario y pluvial, redes eléctricas, agua potable y gas), la sede administrativa y el alambrado de los terrenos. Ese mismo año empezaron obras 7 industrias. Para 1977 ya se habían instalado 35 empresas y para cuando se concluyó la primera fase en 1979, lo hicieron otras industrias madereras y agroindustriales, entre ellas la industria más importante del Parque: la Hilandería Santa Cruz, inaugurada en 1980.³ En 1982, ya estaban instaladas en el Parque un total de 114 industrias. De ellas, las de mayor presencia eran las madereras con 49 empresas, le seguían las alimenticias con 12, las químicas con 10, plásticos 9, textiles y metalmecánicas con 8 cada una, y otras orientadas a la electromecánica, materiales de construcción, imprentas, papeleras y otras.⁴

Among its main criteria, the flexibility of implementation, phased construction, adaptation to industrial demand, and the gradual recovery of investment through the sale of equipped land and the collection of service fees stand out. This structure reveals an advanced vision for its time, based on progressive planning, the definition of industrial areas, road and railway articulation, common services, and mechanisms for management and investment.

Implementation

The implementation of the first phase of the Santa Cruz Industrial Park, covering an area of 250 hectares, began in 1974 with the opening of avenues and streets, followed by the execution of basic infrastructure works (paving, sanitary and storm sewer systems, electrical grids, potable water, and natural gas networks), the administrative headquarters, and the fencing of the plots. That same year, construction began on seven industrial facilities. By 1977, 35 companies had already been established, and by the time the first phase was completed in 1979, other timber and agro-industrial plants had followed suit, including the Park's most significant industry: the Santa Cruz Spinning Mill (Hilandería Santa Cruz), inaugurated in 1980.³ By 1982, a total of 114 industries were already installed in the Park. Among them, the most prominent were the timber industries with 49 companies, followed by the food sector with 12, chemicals with 10, plastics with 9, textiles and metal mechanics with 8 each, alongside others oriented towards electromechanics, construction materials, printing presses, and paper mills.⁴



En menos de una década el parque industrial cruceño ya se había convertido en el mayor complejo industrial de Bolivia.

In less than a decade, the Santa Cruz industrial park had already become the largest industrial complex in Bolivia.

La expansión del Parque se redujo a mediados de los ochenta, periodo de grave crisis económica, cuando sufre la invasión de loteadores. Mientras se reiniciaba la instalación de nuevas industrias y con el propósito de evitar mayores pérdidas, a principios de los años 1990, el Parque adoptó modificaciones funcionales que le permitieron acoger también algunos complejos comerciales, administrativos y educativos de escala metropolitana y regional, equipamiento complementario que se enriquece en el presente siglo con dos estaciones de bomberos y de emergencias médicas, restaurantes, puesto policial y varias sucursales bancarias. Para el 2004 ya se encontraban operando 230 empresas industriales, manteniendo su condición de principal núcleo industrial del país.

The expansion of the Park decelerated in the mid-1980s, a period of severe economic crisis, during which it suffered from informal land invasions by illegal subdividers. While the installation of new industries resumed, and with the aim of mitigating further losses, in the early 1990s, the Park adopted functional modifications that allowed it to also accommodate commercial, administrative, and educational complexes of a metropolitan and regional scale. This complementary infrastructure has been enriched in the current century with two fire and medical emergency stations, restaurants, a police post, and several bank branches. By 2004, 230 industrial companies were already operating, maintaining its status as the country's primary industrial hub.

En el año del Bicentenario de la Independencia, el Parque Industrial de Santa Cruz tiene ya instaladas más de 600 industrias, siendo reconocido como uno de los mayores de Sudamérica.

In the year of the Bicentennial of Independence, the Santa Cruz Industrial Park currently hosts over 600 established industries, being recognized as one of the largest in South America.



Visión integral de desarrollo industrial

La visión integral de desarrollo que generó el C.OO.PP. no se limitó a la implementación del parque industrial en la ciudad capital, que en 1970 albergaba poco más de un tercio de la población departamental, sino que se esforzó en industrializar las provincias. De esa manera, a partir de diagnósticos exhaustivos de la situación productiva regional, incluyendo 15 estudios de mercados externos para productos locales, y de 10 estudios de factibilidad de proyectos, el Comité diseñó sus primeros planes de desarrollo y encaró estudios finales e inversiones. Desde el 1974 se contó con el apoyo de una Misión de Asistencia Técnica, constituida por expertos alemanes en planificación regional y desarrollo económico.⁵ Surgió entonces la Estrategia para el Desarrollo de Santa Cruz, que definía los programas de acción para el decenio 1975-1985. El Plan sub-regionalizó el Departamento y surge el primer Plan Quinquenal Regional de Inversiones (1976-80), a partir del cual se diseña e implementa una serie de industrias en diferentes provincias del departamento.⁶

Comprehensive Vision for Industrial Development

The comprehensive development vision generated by the C.OO.PP. was not limited to the implementation of the industrial park in the capital city—which in 1970 housed just over a third of the departmental population—but rather strove to industrialize the provinces. Thus, based on exhaustive diagnostics of the regional productive landscape, including 15 external market studies for local products and 10 project feasibility studies, the Committee designed its initial development plans and undertook final studies and investments. From 1974 onwards, it relied on the support of a Technical Assistance Mission comprised of German experts in regional planning and economic development.⁵ This led to the emergence of the Strategy for the Development of Santa Cruz, which defined the action programs for the 1975-1985 decade. The Plan sub-regionalized the Department and gave rise to the first Regional Five-Year Investment Plan (1976-1980), which served as the basis for designing and implementing a series of industries across various provinces of the department.⁶

Cinco décadas después de la implementación del Parque Industrial de Santa Cruz, este libro retoma la tradición de planificación estratégica que el C.OO. PP. primero y después CORDECRUZ convertirán en práctica de gestión. El Gemelo Digital actualiza aquella mirada territorial mediante análisis geoespacial, modelado tridimensional y simulación de escenarios, permitiendo revisar el pasado, comprender el presente y proyectar nuevas posibilidades para el Parque Industrial de Santa Cruz.

Five decades after the implementation of the Santa Cruz Industrial Park, this book revives the tradition of strategic planning that the C.OO.PP. initially, and subsequently CORDECRUZ, would consolidate into a management practice. The Digital Twin updates this territorial perspective through geospatial analysis, three-dimensional modeling, and scenario simulation, allowing us to review the past, understand the present, and project new possibilities for the Santa Cruz Industrial Park.

Victor Hugo Limpías Ortiz, Ph.D.
Decano, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Dean, Faculty of Architecture, Design, and Urbanism
Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra

Notas & Bibliografía

- 1 Orellana Jiménez, Jorge. El marco histórico de la creación de la Corporación Regional de Desarrollo de Santa Cruz (Santa Cruz: mayo 2005). Documento presentado ante la Sociedad de Estudios Geográficos e Históricos de Santa Cruz.
- 2 Planidro Engenheiros Consultores. Estudio de Factibilidad técnico-económico-financiera Parque Industrial de Santa Cruz (Santa Cruz: C.OO.PP., junio, 1972) Tomo I.
- 3 Para 1977 la Hilandería se encontraba en etapa de diseño, construyéndose desde el siguiente año e inaugurándose en 1980. Ver Paz Limpías, Federico y Moreno, Rosauco. "La Hilandería de Algodón" en Revista Económica N° 12 (Santa Cruz: Cainco, Octubre-noviembre, 1977) pp. 20-24.
- 4 Moreno M., Jhonny. "Parques industriales en Bolivia" en SIB Ingeniería (Santa Cruz: Enero-junio, 1982) pp. 14-17.
- 5 Los técnicos alemanes fueron Gerard Schicker, Ulrich Reye y Peter Klatt. Ver Orellana Jiménez, Jorge. El marco... op. cit. pág. 10.
- 6 Sobre estos temas, ver Limpías Ortiz, Victor Hugo. Historia de la Ingeniería Cruceña (Santa Cruz: SIB Santa Cruz, 2007) pp. 186-190.

CÓMO LEER ESTE LIBRO

HOW TO READ THIS BOOK

La publicación reúne experiencias académicas construidas sobre una base metodológica común. Las propuestas se desarrollan a partir del análisis multiescalar y de la construcción progresiva del Gemelo Digital del Parque Industrial “Ramón Darío Gutiérrez” (PIRDG) en adelante, Parque Industrial de Santa Cruz. Cada trabajo parte de una lectura territorial, revisa referentes vinculados con su temática y plantea escenarios prospectivos orientados a la planificación urbana.

Esta obra está dirigida a las empresas y al Núcleo del Parque Industrial, a las instituciones públicas con competencia sobre este territorio, a la comunidad académica interesada en metodologías de planificación apoyadas en simulación digital y a los organismos de cooperación internacional que buscan experiencias con potencial de réplica. En conjunto, los trabajos ofrecen diagnósticos, escenarios y lineamientos que contribuyen a construir una visión integral de este espacio productivo con un horizonte hacia el año 2050.

This publication brings together academic experiences developed on a shared methodological foundation. The proposals are based on multiscale analysis and the progressive development of the “Ramón Darío Gutiérrez” Industrial Park Digital Twin (hereinafter referred to as the Santa Cruz Industrial Park). Each contribution begins with a territorial reading, reviews relevant references related to its topic, and proposes prospective scenarios aimed at urban planning.

This work is aimed at businesses and the Industrial Park Core, public institutions with jurisdiction over this territory, the academic community interested in planning methodologies supported by digital simulation, and international cooperation agencies seeking models with replication potential. Collectively, these papers offer diagnoses, scenarios, and guidelines that contribute to building a comprehensive vision for this productive hub with a horizon looking toward the year 2050.

EL PARQUE INDUSTRIAL COMO TERRITORIO ESTRATÉGICO DE PLANIFICACIÓN

THE INDUSTRIAL PARK AS A STRATEGIC
TERRITORY FOR PLANNING



El Parque Industrial es el nodo productivo metropolitano más relevante de Santa Cruz. En una superficie de 962 hectáreas, reúne a más de 600 empresas de diversos rubros vinculadas a actividades manufactureras, logísticas y de servicios. Su impacto trasciende los límites del propio predio, ya que sostiene una parte significativa del empleo formal, la generación de valor local y la dinámica económica de todo el departamento (Servicio Departamental de Industria y Comercio, 2026).

The Industrial Park serves as the most prominent metropolitan productive hub in Santa Cruz. Covering an area of 962 hectares, it hosts over 600 companies across diverse sectors engaged in manufacturing, logistics, and service activities. Its impact extends beyond the boundaries of the premises, as it anchors a substantial portion of formal employment, local value creation, and the economic momentum of the entire department (Servicio Departamental de Industria y Comercio, 2026).

Por más de cinco décadas, ha crecido de manera paulatina para acompañar las demandas del sector productivo, respondiendo principalmente a una lógica operativa (Limpías, 2007).

Si bien esta consolidación ha permitido sostener su dinamismo industrial, también ha generado nuevos desafíos asociados a la actualización de su infraestructura, la mitigación de sus impactos ambientales, la integración con el tejido urbano circundante y la necesidad de anticipar su evolución frente a transformaciones tecnológicas, energéticas y territoriales.

Abordar estos complejos desafíos requiere partir de un conocimiento sistemático, verificable y actualizado del territorio. En la actualidad, la disponibilidad de datos precisos sobre las condiciones reales de este entorno resulta fundamental para orientar los procesos de planificación, evaluar escenarios de transformación y fundamentar decisiones estratégicas sobre su desarrollo futuro (Shi et al., 2021).

For over five decades, it has expanded gradually to accommodate the demands of the productive sector, driven chiefly by an operational logic (Limpías, 2007).

Although this consolidation has sustained its industrial dynamism, it has also given rise to new challenges linked to infrastructure upgrades, environmental impact mitigation, integration with the surrounding urban fabric, and the need to foresee its evolution amid technological, energy, and territorial shifts.

Addressing these complex challenges necessitates a systematic, verifiable, and updated understanding of the territory. At present, the availability of precise data on the actual conditions of this environment is essential for guiding planning processes, assessing transformation scenarios, and grounding strategic decisions regarding its future development (Shi et al., 2021).



DE LA INVESTIGACIÓN AL AULA

FROM RESEARCH TO
THE CLASSROOM

El Centro de Investigaciones CIUDAD, de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) de la Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra (UPSA), posee una línea de investigación centrada en análisis geoespacial orientado a comprender las dinámicas urbanas y territoriales de Bolivia, con especial énfasis en Santa Cruz y su área metropolitana (CIUDAD, 2026).

En este marco, el diálogo entre CIUDAD y el Núcleo del Parque Industrial permitió reconocer el potencial de este espacio como caso de estudio para avanzar hacia nuevas formas de planificación estratégica. A partir de esta aproximación, el equipo investigador planteó el diseño de un Gemelo Digital en una primera etapa exploratoria, orientada a integrar información técnica, proyectar escenarios y fortalecer la toma de decisiones.

En esta fase, el desarrollo se trasladó al ámbito docente al incorporarse como eje metodológico de la asignatura Planificación Urbana.

The CIUDAD Research Center, part of the Faculty of Architecture, Design, and Urbanism (FADU) at the Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra (UPSA), maintains a line of research focused on geospatial analysis aimed at understanding the urban and territorial dynamics of Bolivia, with a particular emphasis on Santa Cruz and its metropolitan area (CIUDAD, 2026).

Within this framework, the dialogue between the research center and the Industrial Park Core led to recognizing this space's potential as a case study for advancing toward new forms of strategic planning. Based on this approach, the research team proposed the design of a Digital Twin in an initial exploratory stage, aimed at integrating technical information, projecting scenarios, and strengthening decision-making.

In this phase, the project transitioned into the educational sphere by being incorporated as the methodological backbone of the Urban Planning course.

La decisión consistió en generar el Gemelo Digital como un proyecto piloto de carácter formativo, capaz de articular el análisis urbano, simulación geoespacial y diseño prospectivo. Al mismo tiempo, se concibió la posibilidad de que esta experiencia inicial derive en estudios posteriores de mayor alcance y con bases técnicas robustas, capaces de aportar a futuros procesos de gestión e innovación en el sector.

The decision was made to generate the Digital Twin as a formative pilot project, capable of articulating urban analysis, geospatial simulation, and prospective design. Concurrently, it was envisioned that this initial experience could lead to subsequent, broader studies with more robust technical foundations, capable of contributing to future management and innovation processes within the sector.

Así, durante el segundo semestre de 2025, once grupos de estudiantes de cuarto año de la Carrera de Arquitectura trabajaron sobre un modelo tridimensional del Parque Industrial desarrollado en Revit. Este insumo se estructuró a partir de cartografía base y análisis geoespacial producido por CIUDAD, adaptado a las necesidades del ejercicio académico. Cada equipo utilizó esta plataforma compartida para diagnosticar, simular y proponer intervenciones en distintas dimensiones del complejo productivo.

Thus, during the second semester of 2025, eleven teams of fourth-year Architecture students worked on a three-dimensional model of the Industrial Park developed in Revit. This asset was structured around base cartography and geospatial analysis produced by CIUDAD and adapted to the requirements of the academic exercise. Each team utilized this shared platform to diagnose, simulate, and propose interventions across different dimensions of the productive complex.

ANÁLISIS FÍSICO-TERRITORIAL, ENFOQUE MULTIESCALAR Y GEMELO DIGITAL

PHYSICAL-TERRITORIAL ANALYSIS, MULTISCALE
APPROACH, AND DIGITAL TWIN

El Parque Industrial se constituye como el espacio de producción con mayor grado de consolidación de la región y forma parte de los activos territoriales más importantes de Santa Cruz. Si bien persisten condiciones urbanas y ambientales susceptibles de mejora, su trayectoria expresa una capacidad sostenida de organización, permanencia y aporte al desarrollo económico departamental; desde esta perspectiva, el complejo representa también un motivo de orgullo para la sociedad cruceña.

The Industrial Park serves as the most highly consolidated production space in the region and stands as one of Santa Cruz's most significant territorial assets. Although urban and environmental conditions open to improvement persist, its historical trajectory reflects a sustained capacity for organization, durability, and contribution to the department's economic development; from this perspective, the complex also represents a source of pride for the local community.



Por lo tanto, su abordaje requiere una lectura integral de su estructura física, funcional y territorial. La complejidad de este entorno se manifiesta en su red vial, la distribución de actividades, las condiciones de movilidad, la calidad del espacio público, la iluminación, la cobertura vegetal y la relación con su tejido urbano inmediato.

Estos componentes evidencian la necesidad de un enfoque capaz de identificar relaciones espaciales, discontinuidades y oportunidades de intervención.

Bajo esta premisa, el análisis del Parque se desarrolla desde una perspectiva multiescalar que considera su inserción metropolitana, su conectividad regional, su vínculo con los distritos circundantes y su organización interna.

Esta aproximación permite comprender su rol dentro de una estructura territorial compleja, así como reconocer los desajustes entre el crecimiento productivo, el soporte urbano y las dinámicas ambientales.

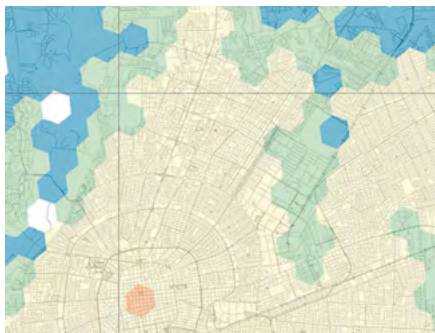
Therefore, its study demands a comprehensive analysis of its physical, functional, and territorial structure. The complexity of this environment is revealed through its road network, the distribution of activities, mobility dynamics, the quality of public spaces, street lighting, vegetation cover, and the connection with its immediate urban fabric.

These components underscore the need for an approach designed to identify spatial relationships, discontinuities, and opportunities for intervention.

Under this premise, the analysis of the Park unfolds from a multi-scale perspective that considers its metropolitan integration, its regional connectivity, its ties with neighboring districts, and its internal organization.

This approach clarifies its role within a complex territorial structure while exposing the imbalances between industrial growth, urban support systems, and environmental dynamics.

PLANO DE DENSIDAD
POBLACIONAL



PLANO DE CALOR DE
CONECTIVIDAD



PLANO DE PUNTOS DE
CONECTIVIDAD DIGITAL



PLANO DE CURSOS Y
CUERPOS DE AGUA



PLANO DE HUELLA DE
EDIFICACIONES



PLANO DE DENSIDAD DE
EDIFICACIONES



FIGURA FONDO
SANTA CRUZ



PLANO DE MASA
ARBOREA



Para responder a esta complejidad, la integración de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Building Information Modeling (BIM) permite avanzar hacia la construcción del Gemelo Digital, entendido como una plataforma dinámica de representación, análisis y evaluación de escenarios. Al respecto, Batty (2018) plantea que los gemelos digitales urbanos permiten descifrar los fenómenos de las ciudades al apoyarse en datos y simulaciones que contribuyen a anticipar transformaciones y orientar decisiones de planificación.

En este caso, la articulación entre SIG y BIM vincula la escala territorial con la edificatoria, al integrar información sobre redes, movilidad, sistemas constructivos, equipamientos y condiciones espaciales en un entorno digital compartido. Esta sinergia facilita una revisión exhaustiva de los componentes físicos y funcionales del Parque para proyectar escenarios de intervención y evaluar su incidencia en el mediano y largo plazo.

De esa forma, el ejercicio dialoga con la necesidad de mantener abierta la imaginación urbana frente a contextos marcados por múltiples desafíos, situando a la planificación como una práctica capaz de reconocer tanto las problemáticas contemporáneas como las posibilidades de acción futura (McFarlane, 2025).

To tackle this complexity, integrating Geographic Information Systems (GIS) and Building Information Modeling (BIM) paves the way toward constructing the Digital Twin, envisioned as a dynamic platform for representation, analysis, and scenario testing. In this regard, Batty (2018) notes that urban digital twins help make sense of city phenomena by drawing on data and simulations that assist in anticipating transformations and guiding planning decisions.

In this case, the linkage between GIS and BIM bridges the territorial and building scales, consolidating data on utility networks, mobility, construction systems, facilities, and spatial conditions into a shared digital environment. This synergy streamlines an exhaustive review of the Park's physical and functional components to model intervention scenarios and assess their medium- and long-term implications.

In this manner, the exercise connects with the need to keep the urban imagination alive when dealing with contexts shaped by multifaceted challenges, framing planning as a practice capable of recognizing both contemporary problems and avenues for future action (McFarlane, 2025).

Plano de
Densidad de
Edificaciones
de Santa
Cruz

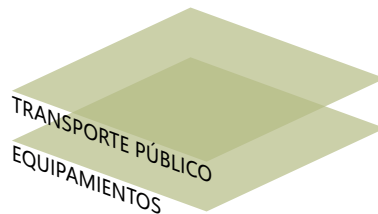
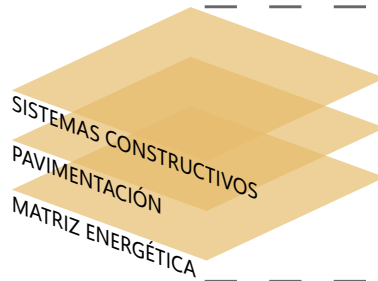
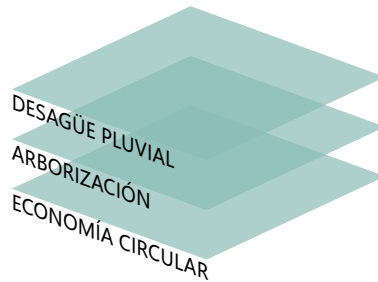
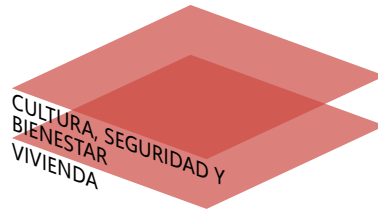
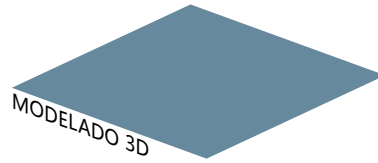


CAPAS ESTRATÉGICAS DEL GEMELO DIGITAL

STRATEGIC LAYERS OF THE DIGITAL TWIN

Los trabajos reunidos en este libro se organizan en cinco capas estratégicas interrelacionadas, que permiten comprender el parque como una estructura territorial compleja y dinámica.

The works gathered in this book are organized into five interrelated strategic layers, enabling the Industrial Park to be understood as a complex and dynamic territorial structure.



Modelado tridimensional

Plataforma tridimensional que tiene el propósito de integrar datos territoriales y funcionales del Parque Industrial. Funciona como un soporte colaborativo de simulación y análisis, estructurado por una base operativa abierta a capas de diagnóstico, planificación y monitoreo prospectivo.

Three-dimensional modeling

A three-dimensional platform designed to integrate territorial and functional data from the Industrial Park. It serves as a collaborative environment for simulation and analysis, structured around an operational base that supports diagnostic, planning, and prospective monitoring layers.

Capa socio-territorial

Aborda las condiciones humanas, sociales y espaciales que sostienen el funcionamiento cotidiano del Parque Industrial. Incluye los componentes de cultura, seguridad y bienestar, así como vivienda espontánea existente y vivienda planificada futura.

Socio-territorial layer

Addresses the human, social, and spatial conditions that sustain the daily functioning of the Industrial Park. It includes components related to culture, safety, and well-being, as well as existing informal housing and planned future residential development.

Capa ambiental e infraestructura natural

Incorpora el desagüe pluvial, las alternativas de drenaje, la arborización existente, las oportunidades de infraestructura natural y la gestión de residuos con enfoque de economía circular.

Environmental and natural infrastructure layer

Incorporates stormwater drainage, alternative drainage solutions, existing tree cover, opportunities for natural infrastructure, and waste management strategies based on circular economy principles.

Capa productiva y tecnológica

Examina los sistemas constructivos industriales, las tipologías y tecnologías actuales y futuras, la matriz energética y las alternativas renovables, además de la pavimentación y sus posibilidades de actualización estratégica.

Productive and technological layer

Examines industrial construction systems, current and future typologies and technologies, the energy matrix and renewable alternatives, as well as pavement systems and their potential for strategic upgrading.

Capa de movilidad y estructura metropolitana

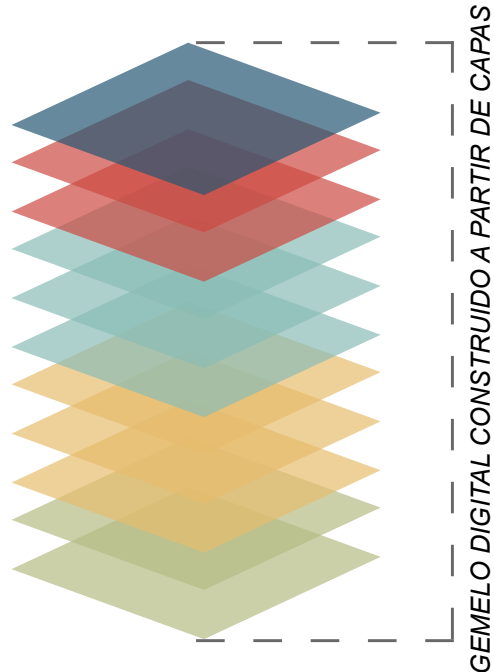
Se concentra en el transporte público existente y su proyección futura, así como en los espacios comerciales, sus relaciones de alcance y su inserción dentro de la estructura metropolitana.

Mobility and metropolitan structure layer

Focuses on existing public transportation and its future development, as well as commercial spaces, their spheres of influence, and their integration within the broader metropolitan structure.

De esta manera, las capas se articulan entre sí: la mejora de la movilidad incide en el bienestar laboral; la infraestructura verde fortalece la resiliencia productiva; y la actualización tecnológica contribuye tanto a la eficiencia energética como a la reducción de impactos ambientales.

In this way, the layers are interconnected: improvements in mobility contribute to workers' well-being; green infrastructure strengthens productive resilience; and technological upgrades enhance both energy efficiency and the reduction of environmental impacts.



Esta integración se sustenta en el análisis multiescalar y en la simulación territorial desarrollada a través del Gemelo Digital.

This integration is supported by multiscale analysis and territorial simulation developed through the Digital Twin.

Por ello, el Gemelo Digital no constituye la conclusión de este proceso, sino su punto de partida. Lo que este libro documenta es la primera versión de un modelo concebido para crecer, actualizarse y complejizarse de manera progresiva a lo largo del tiempo.

Therefore, the Digital Twin does not represent the conclusion of this process, but rather its starting point. What this book documents is the first version of a model conceived to grow, evolve, and become increasingly sophisticated over time.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

WORK METHODOLOGY

La metodología se organizó en cinco etapas sucesivas. Esta secuencia permitió construir una base común de trabajo entre los equipos, las escalas de análisis y las dimensiones temáticas abordadas.

The methodology was organized into five successive stages. This sequence made it possible to build a common working foundation across the teams, the scales of analysis, and the thematic dimensions addressed.



La primera etapa consistió en el análisis geoespacial del Parque mediante QGIS.

The first stage consisted of the geospatial analysis of the Park using QGIS.

Este trabajo permitió delimitar el parque, comprender su organización interna y establecer su relación con la estructura vial y el tejido urbano circundante.

This work made it possible to delimit the park, understand its internal organization, and establish its relationship with the road structure and the surrounding urban fabric.

La segunda etapa incorporó el trabajo de campo.

Cada grupo realizó visitas a su sector asignado y desarrolló un registro fotográfico sistemático para documentar las condiciones reales de las edificaciones, la infraestructura vial, los espacios abiertos y el entorno inmediato.

The second stage incorporated fieldwork.

Each group visited its assigned sector and developed a systematic photographic record to document the actual conditions of the buildings, road infrastructure, open spaces, and immediate surroundings.

La tercera etapa correspondió al modelado tridimensional.

Cada equipo desarrolló en Revit la representación digital de su sector bajo un criterio común, permitiendo el ensamblaje progresivo del modelo general.

The third stage corresponded to three-dimensional modeling.

Each team developed the digital representation of its sector in Revit under a shared criterion, enabling the progressive assembly of the general model.

La cuarta etapa permitió consolidar el Gemelo Digital colaborativo.

Un grupo de estudiantes integró los modelos parciales en una estructura digital única, que funcionó como plataforma común para el desarrollo de las propuestas.

The fourth stage made it possible to consolidate the collaborative Digital Twin.

A group of students integrated the partial models into a single digital structure, which functioned as a common platform for the development of the proposals.

La quinta etapa articuló diagnóstico, referentes, lineamientos y simulación de escenarios.

Esta estructura común permitió que los trabajos, más allá de su diversidad temática, funcionen como piezas coherentes de un mismo sistema de análisis territorial.

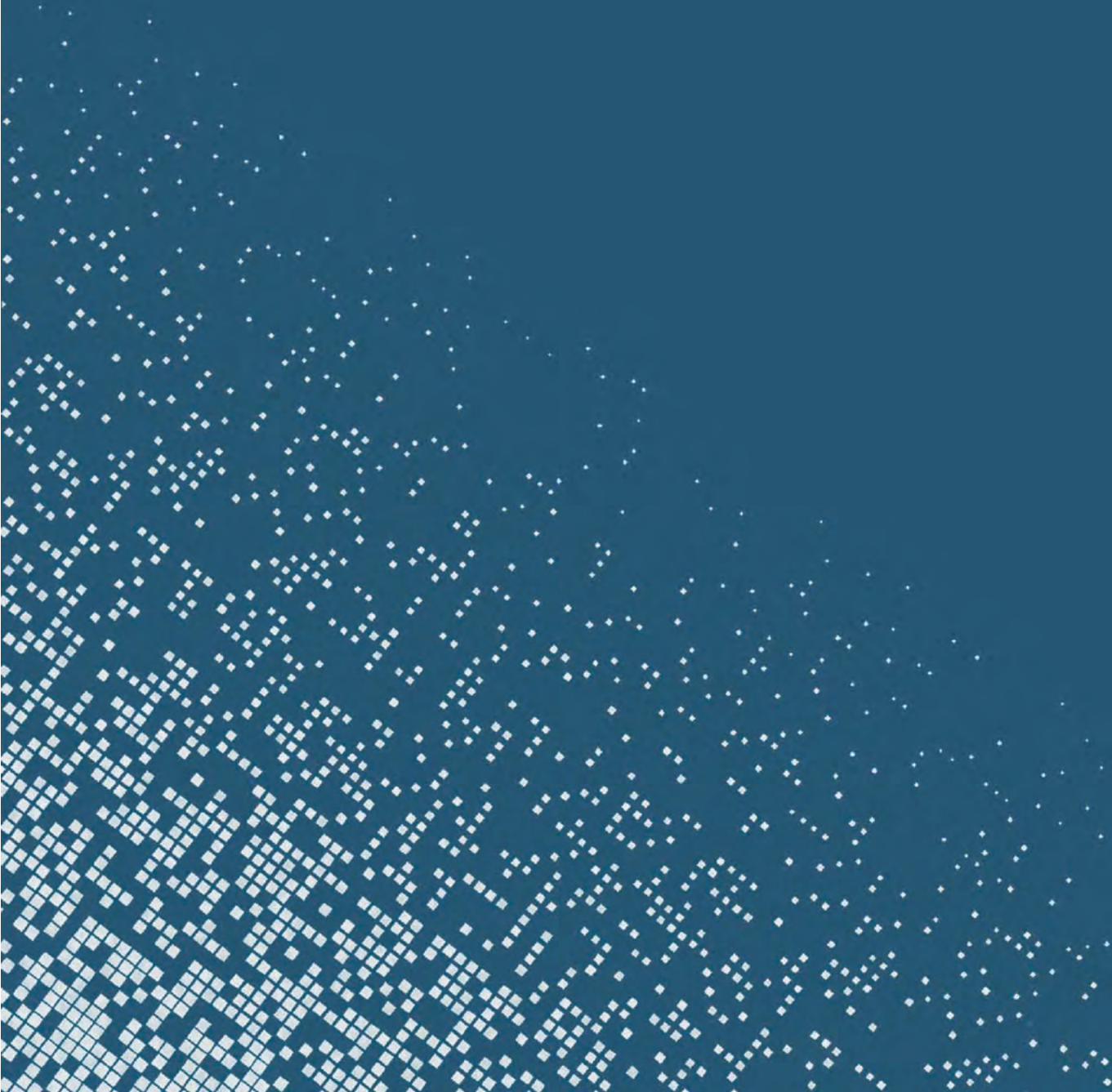
The fifth stage articulated diagnosis, references, guidelines, and scenario simulation.

This shared structure allowed the projects, beyond their thematic diversity, to function as coherent pieces within a single system of territorial analysis.



MODELADO TRIDIMENSIONAL

THREE-DIMENSIONAL MODELING



MODELADO TRIDIMENSIONAL DEL PARQUE INDUSTRIAL COMO SOPORTE COMÚN DE ANÁLISIS

THREE-DIMENSIONAL MODELING OF THE INDUSTRIAL PARK AS A SHARED ANALYTICAL FRAMEWORK

00

Autores:

Anahí Montalván Justiniano
Pedro Flores Vargas
Emily Romero Crespo

El modelado tridimensional del Parque Industrial constituye la base espacial sobre la cual se articulan los distintos ejercicios desarrollados en este libro. Su construcción permitió integrar, en un mismo entorno digital, la información territorial recopilada durante el semestre y transformarla en una representación digital unificada. Más que una simple imagen del conjunto, este modelo permitió organizar y relacionar datos espaciales, edificatorios y funcionales dentro de un marco común de trabajo.

En esta etapa, el objetivo fue alcanzar un Grado de Detalle 1 (LoD 1), de acuerdo con el estándar internacional City Geography Markup Language (CityGML). Este nivel de modelado permite visualizar la organización general del parque, identificar relaciones entre sus distintos sectores y establecer una plataforma homogénea para el análisis y la simulación de las capas estratégicas abordadas por los equipos durante el semestre (Kolbe & Donaubauer, 2021).

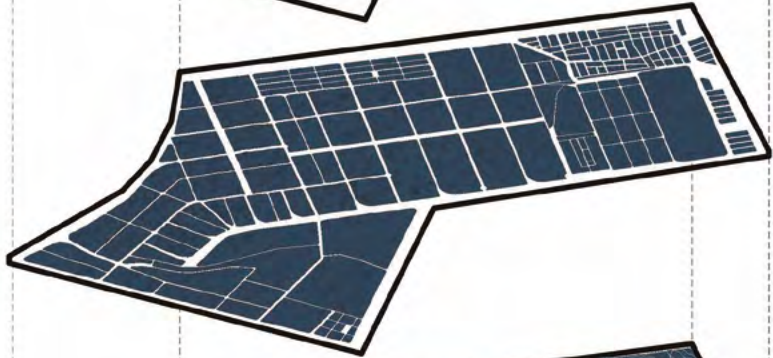
The three-dimensional modeling of the Industrial Park constitutes the spatial baseline upon which the various exercises developed in this book are articulated. Its construction allowed the integration, within a single digital environment, of the territorial information collected during the semester, transforming it into a unified digital representation. More than a simple image of the whole, this model made it possible to organize and relate spatial, architectural, and functional data within a common framework.

At this stage, the objective was to achieve a Level of Detail 1 (LoD 1), in accordance with the international City Geography Markup Language (CityGML) standard. This level of modeling allows for the visualization of the general organization of the park, the identification of relationships between its different sectors, and the establishment of a homogeneous platform for the analysis and simulation of the strategic layers addressed by the teams during the semester (Kolbe & Donaubauer, 2021).

Masas
Levantamiento
de la volumetría
edificada



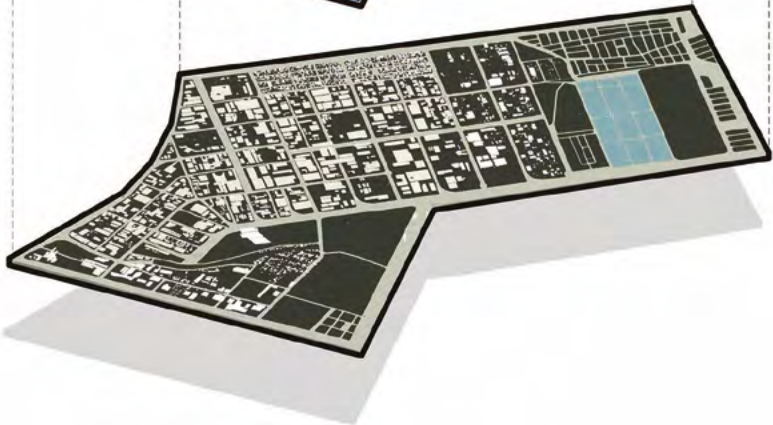
Manzanas
Delimitación
parcelaria



Topografía
Modelado digital
del terreno



Modelado 3D
Simulación
territorial





CAPA SOCIO-TERRITORIAL

SOCIO-TERRITORIAL LAYER



CULTURA, SEGURIDAD Y BIENESTAR: ESCENARIOS PROSPECTIVOS

CULTURE, SAFETY, AND WELL-BEING:
PROSPECTIVE SCENARIOS

01

Autores:

Ariane Maite Becerra García
Ángel Cabezas Orellana
Melina Cruz Guzmán

Este proyecto examina las condiciones actuales de habitabilidad y confort en el Parque Industrial. Se implementa el Gemelo Digital para analizar las variables como áreas verdes, iluminación, puntos de concentración, rutas altamente transitadas por carga pesada, y se identifican zonas con déficits en confort ambiental y percepción de seguridad. Este diagnóstico integra variables espaciales y funcionales que permiten comprender cómo la configuración física del Parque incide en la experiencia cotidiana de trabajadores y usuarios.

En respuesta a este diagnóstico, la propuesta urbana reconfigura la relación entre la industria y la ciudad mediante la inserción estratégica de corredores verdes, espacios de estancia, ciclovías y recorridos peatonales cubiertos. La simulación digital valida estas intervenciones, cuantificando su impacto microclimático. El resultado configura un entorno productivo fusionando eficiencia infraestructural con bienestar integral.

This project examines the current habitability and comfort conditions within the Industrial Park. The Digital Twin is implemented to analyze variables such as green areas, lighting, concentration points, and routes heavily trafficked by heavy cargo, identifying zones with deficits in environmental comfort and safety perception. This diagnosis integrates spatial and functional variables that make it possible to understand how the physical configuration of the Park affects the daily experience of workers and users.

In response to this diagnosis, the urban proposal reconfigures the relationship between industry and the city through the strategic insertion of green corridors, resting areas, bike lanes, and covered pedestrian pathways. The digital simulation validates these interventions, quantifying their microclimatic impact. The result shapes a productive environment fusing infrastructural efficiency with comprehensive well-being.



REFERENTE INTERNACIONAL

PARQUE ECOLÓGICO LÍNEA VERDE. AGUASCALIENTES, MÉXICO



El Parque Ecológico Línea Verde se ubica en el municipio de Aguascalientes, México, al oriente de la ciudad. Se extiende a lo largo de más de 12 kilómetros, sobre un antiguo corredor de ductos de PEMEX reconvertido en un espacio público continuo. Este parque conecta distintos barrios y ofrece áreas recreativas, deportivas y culturales, revitalizando una zona históricamente marginada y fortaleciendo la integración urbana y social del sector.



Estrategias para su consolidación y crecimiento

- Proyecto de reconversión urbana que transformó una franja degradada en un corredor verde.
- Negociación con PEMEX para aprovechar terrenos junto a poliductos.
- Participación ciudadana en el diseño y actividades del parque.
- Infraestructura verde: riego con agua tratada y luminarias solares.
- Desarrollo por etapas, abarcando más de 12 km de extensión con áreas deportivas, culturales y recreativas.

Modelo de gobernanza

- Liderazgo del gobierno municipal con apoyo estatal y federal.
- Gestión interinstitucional, coordinando dependencias y organismos públicos.
- Participación comunitaria en decisiones y mantenimiento.
- Enfoque social y ambiental con programas de convivencia, talleres y educación ecológica.

Mecanismos de financiamiento

- Inversión conjunta de los tres niveles de gobierno (municipal, estatal y federal).
- Fondos federales destinados a infraestructura deportiva y vial.
- Presupuesto municipal para construcción, iluminación y equipamientos.
- Inversión inicial superior a 350 millones de pesos en sus primeras etapas.



PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN

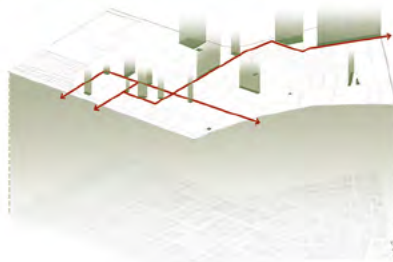
CORREDORES/PARQUES LINEALES

El proyecto plantea una red de **parques lineales** en el área **industrial** de Santa Cruz de la Sierra, con el objetivo de reconciliar la infraestructura productiva con la vida humana y el paisaje tropical.

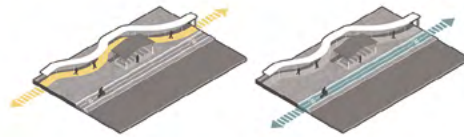
Estos **corredores verdes** integran zonas de **descanso, recreación y ciclovías**, promoviendo la **movilidad sostenible** y el **bienestar** de los trabajadores.

La propuesta busca redefinir la relación entre la industria y la ciudad, transformando los territorios productivos en espacios **habitables** y **saludables**, acordes al carácter climático y dinámico de Santa Cruz.

POTENCIALES PARQUES LINEALES



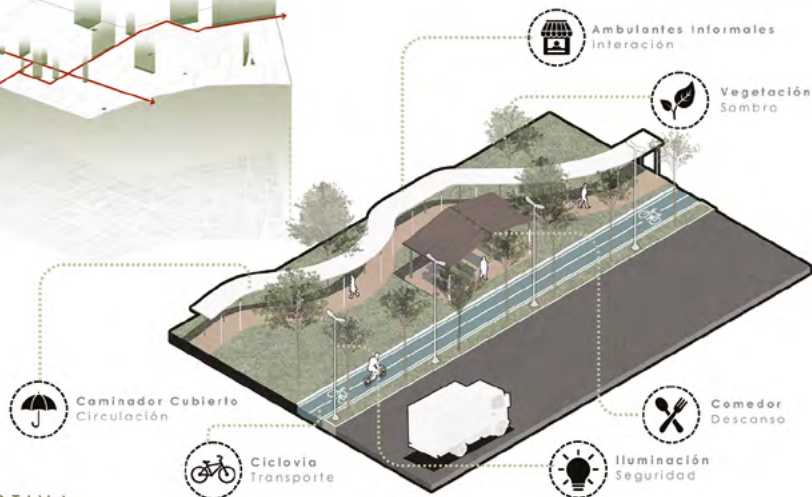
CIRCULACIÓN



Circulación Peatonal Cubierta

En Santa Cruz, el clima hace de los senderos cubiertos una necesidad; la sombra importa tanto como la iluminación.

AXONOMÉTRICA CONCEPTO



PERSPECTIVA CONCEPTO



PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN SIMULACIÓN COMPATIBLE CON EL PIRDG

La presente simulación del Gemelo Digital PIRDG evalúa el impacto de la propuesta de corredores verdes y parques lineales sobre tres variables fundamentales del área industrial: confort ambiental, iluminación segura y movilidad sostenible. Para ello se realizó una comparación entre el estado actual y el escenario proyectado, integrando los criterios observados en el diagnóstico y las estrategias exitosas del referente internacional "Parque Línea Verde" en Aguascalientes, México. El análisis inicial mostró que la zona presenta escasez de sombra, iluminación deficiente en tramos clave y ausencia de infraestructura peatonal o ciclista, condiciones que afectan tanto la seguridad como la habitabilidad del entorno. La simulación propuesta incorpora corredores peatonales cubiertos, arborización estratégica y ciclovías continuas, elementos priorizados en la propuesta de planificación. Al modelar estos elementos dentro del Gemelo Digital se observa un aumento significativo del confort térmico, pasando de un 12% a un 46% de superficie con sombra efectiva, lo cual reduce el estrés térmico característico del clima cruceño. Asimismo, la redistribución de luminarias y la incorporación de tecnología solar elevan la cobertura de iluminación segura del 27% al 72%, disminuyendo zonas vulnerables e incrementando la percepción de seguridad. La movilidad interna mejora mediante la inclusión de 1,2 km de ciclovías y 850 m de circulación peatonal cubierta, lo que facilita desplazamientos no motorizados y promueve hábitos saludables para trabajadores y usuarios. Finalmente, los resultados de esta simulación reflejan cómo la integración de infraestructura verde y movilidad sostenible puede transformar un territorio productivo en un espacio más seguro, accesible y ambientalmente resiliente, alineado con las tendencias internacionales de regeneración urbana.

SOMBRA PEATONAL

12 %
ANTES

46 %
DESPUES

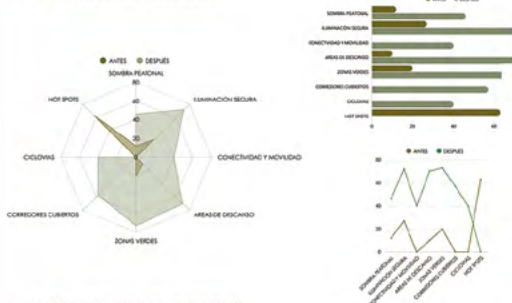
ILUMINACIÓN SEGURA

27 %
ANTES

72 %
DESPUES

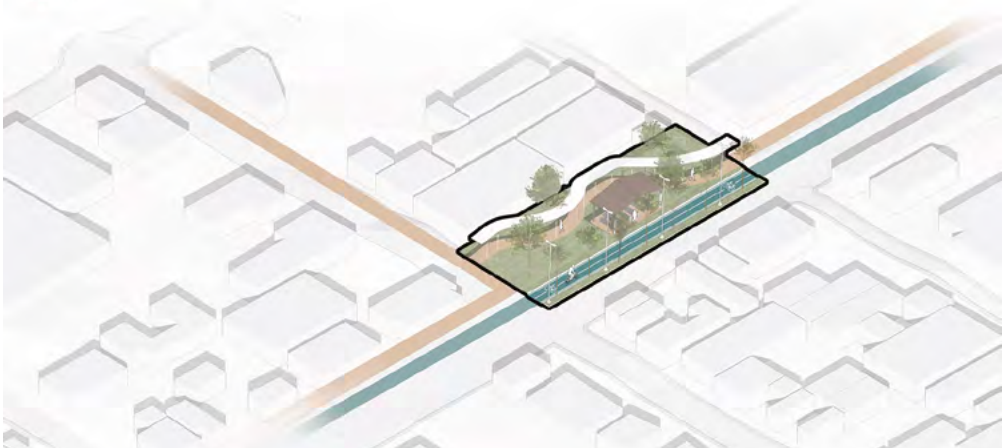


GRÁFICOS COMPARATIVOS GENERALES



INFRAESTRUCTURA DE MOVILIDAD ACTIVA (INTEGRACIÓN CON EL ENTORNO)

- PEATONAL
- CICLOVÍA



VIVIENDA INFORMAL Y PLANIFICACIÓN FUTURA

INFORMAL HOUSING AND FUTURE PLANNING

02

Autores:

Aldana Ayllón Paz

Mariana Yadira Manrique Vargas

El presente estudio aborda la expansión residencial no planificada dentro de los límites del Parque y su impacto sobre la operatividad productiva. Empleando el Gemelo Digital, se identifican patrones de ocupación, densificación y proximidad entre el tejido habitacional y la industria. El estudio evidencia conflictos de uso del suelo, déficit de equipamientos, carencias en infraestructura básica y riesgos ambientales asociados a la exposición industrial.

A partir del diagnóstico espacial y de la comparación con referentes internacionales, se establecen estrategias de consolidación y ordenamiento progresivo. La intervención propone reestructurar manzanas, insertar pasajes peatonales, ciclovías y cinturones verdes para contener la expansión, optimizar servicios básicos y establecer viviendas modulares adaptativas. Las simulaciones sugieren que esta consolidación híbrida logra estabilizar la relación habitacional-industrial, priorizando mejorar progresivamente las condiciones urbanas existentes y la calidad de vida de la población residente.

The present study addresses the unplanned residential expansion within the boundaries of the Park and its impact on productive operability. Utilizing the Digital Twin, patterns of occupation, densification, and proximity between the residential fabric and industry are identified. The study highlights land-use conflicts, facility deficits, basic infrastructure shortcomings, and environmental risks associated with industrial exposure.

Based on the spatial diagnosis and comparisons with international benchmarks, strategies for consolidation and progressive zoning are established. The intervention proposes the restructuring of city blocks, the insertion of pedestrian passages, bike lanes, and green belts to contain expansion, the optimization of basic services, and the establishment of adaptive modular housing. Simulations suggest that this hybrid consolidation strategy successfully stabilizes the residential-industrial relationship, prioritizing the progressive improvement of existing urban conditions and the quality of life of the resident population.

DIAGNÓSTICO DEL PIRDG

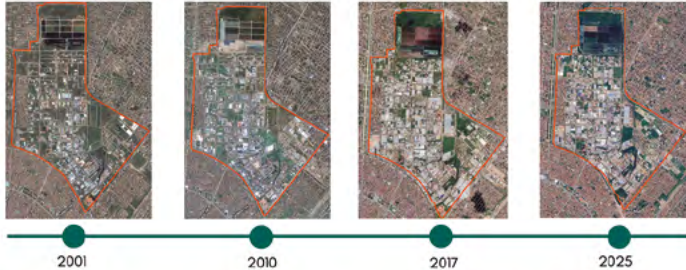
VIVIENDA ESPONTÁNEA EXISTENTE Y VIVIENDA PLANIFICADA FUTURA

L1

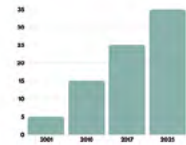
El Parque Industrial Ramón Dorio Gutiérrez (PIRDG) fue creado como zona exclusiva para actividades industriales. Sin embargo, el crecimiento urbano no planificado de Santa Cruz de la Sierra ha generado un proceso de ocupación espontánea de vivienda en los bordes del parque, principalmente hacia el sur y este.

Estas áreas residenciales informales surgieron sin planificación ni infraestructura adecuada, generando conflictos de uso del suelo y presión sobre la red de servicios.

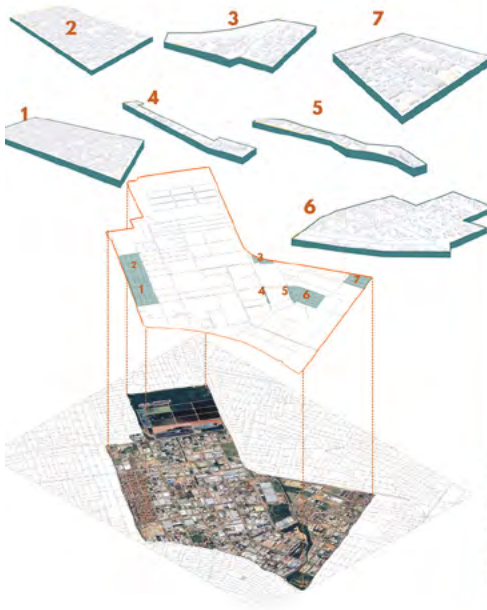
CRECIMIENTO URBANO INFORMAL EN EL ENTORNO DEL PIRDG



Se estima que entre 2001 y 2025 la superficie ocupada por asentamientos informales aumentó aproximadamente un 30 %, generando conflictos de uso del suelo y una disminución de la capacidad operativa industrial.



VIVIENDA EXISTENTE



Territoriales

- Crecimiento urbano no planificado sobre suelo industrial.
- Ocupación irregular del suelo productivo.
- Falta de límites físicos y normativos entre áreas industriales y residenciales.

Consecuencia: pérdida de la función industrial y aumento de vulnerabilidad urbana.

Habitacionales y sociales

- Alta densidad y hacinamiento.
- Lotes pequeños sin espacios públicos ni áreas verdes.
- Carencia de equipamientos básicos (escuelas, salud, transporte, comercio).

Consecuencia: deterioro de la calidad de vida y aislamiento social.

Ambientales

- Riesgos sanitarios por exposición a contaminación industrial.
- Ausencia de áreas verdes o corredores ecológicos.
- Deterioro ambiental y pérdida de calidad del entorno.

Consecuencia: afectación a la salud y condiciones insalubres.

PROBLEMÁTICA

Proximidad entre viviendas y fábricas deteriora el entorno y genera conflictos de uso de suelo



Falta de usos y lotes grandes, esto genera inseguridad y aumenta la criminalidad



No hay continuidad en la escala, varían entre máximo 2 pisos, lo que genera una baja densidad en la zona



Falta de equipamiento básico



REFERENTE INTERNACIONAL

DISTRITO 22@ BARCELONA-PUI,MEDELLIN,COLOMBIA

El referente combinado de Barcelona y Medellín propone un modelo de transformación sin expansión urbana, centrado en mejorar la calidad de vida y optimizar el uso del suelo existente. Aplicado al PIRDG, impulsa la consolidación de la vivienda espontánea con servicios y equipamientos, evitando nuevos asentamientos y fortaleciendo el parque industrial como motor urbano y económico. Este enfoque integra inclusión social, sostenibilidad y regeneración productiva, buscando equilibrio entre la ciudad habitable y la ciudad productiva.



ESTRATEGIAS DESTACADAS DEL DISTRITO 22@ BARCELONA Y PUI MEDELLÍN

El 22e se basa en reconvertir suelo industrial obsoleto en un entorno urbano mixto, compacto y habitable, donde la industria, la vivienda y los servicios coexisten sin expandir la ciudad.

Apunta a una transformación cualitativa, no de crecimiento, sino de optimización del suelo existente.

Los PUI de Medellín parten del reconocimiento de la vivienda informal existente como parte legítima de la ciudad.

El enfoque está en mejorar in situ, dotar de servicios, integrar la movilidad y fortalecer la cohesión social, sin necesidad de desplazar ni expandir el territorio urbano.

DISTRITO 22@ BARCELONA

- Recalificación del suelo industrial obsoleto hacia usos mixtos ("22e").
- Conservación de identidad productiva, incorporando actividades tecnológicas y creativas.

PUI-MEDELLÍN, COLOMBIA

- Mejora in situ de barrios existentes: servicios básicos, educación, salud y espacios públicos.
- Movilidad incluyente (Metrocable, escaleras eléctricas, transporte público).

DISTRITO 22@ BARCELONA

- Alta conectividad y diseño de espacios públicos de transición entre industria y vivienda.
- Gobernanza público-privada para gestión integral del territorio.

PUI-MEDELLÍN, COLOMBIA

- Creación de equipamientos ancla (bibliotecas, parques, centros de innovación) que reactivan el entorno urbano.
- Coordinación interinstitucional y gestión local sostenida.



DISTRITO 22@ BARCELONA

- Transformar antiguos polígonos fabriles en áreas mixtas que combinen vivienda, industria limpia y equipamientos.

PUI-MEDELLÍN, COLOMBIA

- Los PUI combinan vivienda, educación, espacio público, salud, seguridad y empleo en una sola estrategia.

DISTRITO 22@ BARCELONA

- Incorporar vivienda y servicios sin expandir los límites urbanos, promoviendo la proximidad entre trabajo y residencia.

PUI-MEDELLÍN, COLOMBIA

- Sistemas como el transporte público integran zonas periféricas con el resto de la ciudad.

ESTRATEGIAS APLICABLES AL PIRDG

DISTRITO 22@-BARCELONA

- Reconvertir parte del suelo industrial en usos mixtos controlados.
- Crear zonas de amortiguación entre industria y vivienda.
- Establecer mecanismos de planificación flexible, que permitan introducir servicios y equipamientos sin perder el carácter productivo.
- Introducir una visión estratégica de ciudad, donde el parque industrial se integre como polo de innovación, no como área aislada.



PUI-MEDELLÍN, COLOMBIA

- No desplazar asentamientos espontáneos: mejorar las condiciones urbanas existentes.
- Introducir equipamientos básicos para garantizar calidad de vida (escuelas, salud, áreas verdes).
- Crear corredores públicos y de transporte que integren vivienda con empleo industrial.
- Establecer oficinas de gestión integral, con participación vecinal, sector público y privado.



PROPUESTAS PIRDG

VIVIENDA ESPONTÁNEA EXISTENTE Y VIVIENDA PLANIFICADA FUTURA

L3

Las siguientes propuestas surgen como respuesta a las problemáticas detectadas en el entorno del Parque Industrial Ramón Darío Gutiérrez, buscando equilibrar la relación entre vivienda e industria. A partir del referente combinado Barcelona-Medellín, se plantean estrategias arquitectónicas y urbanísticas que promueven la consolidación habitacional, la contención del crecimiento informal y la mejora de la calidad de vida.

PROPUESTAS PIRDG

Mejoramiento habitacional:

Reforzar y ordenar las viviendas existentes, abriendo pasajes peatonales y dotando de servicios básicos (agua, luz, alcantarillado).

Cinturón verde:

Crear una franja vegetal y recreativa entre el parque industrial y los asentamientos para frenar la expansión y mejorar el ambiente.

Movilidad y conexión:

Trazar rutas peatonales y ciclovías que conecten la vivienda con el parque industrial y los equipamientos principales.

Equipamientos de proximidad:

Ubicar pequeños centros de salud, educación y recreación cerca de las viviendas consolidadas.

Gestión sostenible:

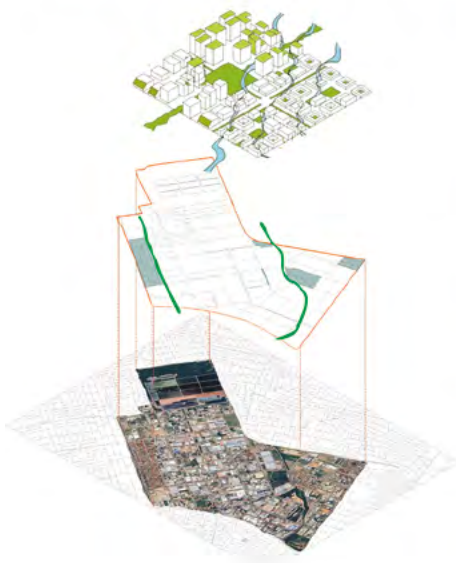
Aplicar soluciones ecológicas simples como captación de agua, vegetación en techos y mobiliario reciclado.

PROPUESTAS VIVIENDAS PIRDG

Reordenamiento urbano: ordenar manzanas informales con patios y pasajes peatonales.

Zonificación: áreas consolidadas, de mejora y reubicación, controlando densidades.

Vivienda modular: casas adaptables con patios, terrazas y sistemas sostenibles.



SIMULACIÓN DE LA PROPUESTA

SIMULACIÓN GEMELO DIGITAL DEL PIRDG

Justificación de la simulación del Gemelo Digital

La simulación aplicada al entorno del Parque Industrial Ramón Darío Gutiérrez permite visualizar los efectos urbanos derivados de la consolidación de la vivienda espontánea y la incorporación de nuevas infraestructuras sociales y ambientales. A partir del diagnóstico inicial —caracterizado por crecimiento informal, ausencia de límites entre industria y vivienda, baja provisión de equipamientos y déficit de áreas verdes— el Gemelo Digital facilita proyectar un escenario corregido que atiende las problemáticas identificadas en las láminas anteriores.

El modelo simulado integra estrategias de referencia internacional, especialmente aquellas tomadas del Distrito 22^a de Barcelona y los Proyectos Urbanos Integrales de Medellín, que priorizan la regeneración sin desplazamiento, la introducción de mixtura urbana y la creación de espacios públicos articuladores.

Con esta base, la propuesta reorganiza las manzanas informales, generando pasajes peatonales, lotes regulares y una estructura vial clara que mejora la permeabilidad del tejido urbano.

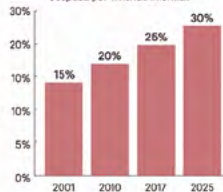
La incorporación del cinturón verde crea una transición física y ambiental entre la industria y la vivienda, reduciendo conflictos de uso de suelo y mejorando las condiciones ambientales. Simultáneamente, se integran equipamientos de proximidad —salud, educación y recreación— que elevan los índices de calidad de vida sin necesidad de expandir el territorio urbano.

El modelo de vivienda modular permite una densificación controlada y adaptable, evitando el crecimiento desordenado y consolidando las áreas ya ocupadas. Complementariamente, se introducen corredores de movilidad peatonal y ciclista que conectan viviendas, industria y equipamientos, fortaleciendo la integración del conjunto urbano.

La simulación demuestra que la consolidación habitacional combinada con infraestructura verde y equipamientos estratégicos puede transformar el PIRDG en un entorno más equilibrado, saludable y funcional. Este enfoque refuerza la idea de ciudad compacta, sostenible y socialmente cohesionada, optimizando el uso del suelo existente y evitando nuevos asentamientos irregulares.

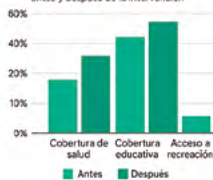
EN EL ENTORNO DEL PIRDG (2001-2025)

Estimación de expansión de superficie ocupada por vivienda informal.



ACCESO A EQUIPAMIENTOS DE PROXIMIDAD

Radio de cobertura (10 minutos a pie) antes y después de la intervención



CRECIMIENTO ACTUAL INFORMAL



CRECIMIENTO INFORMAL EN 10 AÑOS



GEMELO DIGITAL





CAPA AMBIENTAL E INFRAESTRUCTURA NATURAL

ENVIRONMENTAL AND NATURAL
INFRASTRUCTURE LAYER

DESAGÜE PLUVIAL Y ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS DE DRENAJE

STORMWATER MANAGEMENT AND ALTERNATIVE DRAINAGE STRATEGIES

03

Autores:

Emily Fernanda Montaña Chávez
Andrea Montero Menacho
Andrea Catalina Vargas Vargas

La propuesta desarrolla un sistema de gestión hídrica basado en la captación, conducción e infiltración progresiva de escorrentías superficiales. En el diagnóstico previo se estudiaron los niveles de inundación en diferentes puntos, concentraciones críticas de caudal y sobrecarga del canal de Av. Mutualista durante eventos de lluvia intensa.

A partir de esta lectura se plantean zanjas de infiltración, lagunas de recepción temporal y la reorganización del drenaje secundario, combinando la estrategia con infraestructura verde para favorecer la infiltración natural y la retención temporal del agua. El modelo simulado indica que, bajo escenarios de reducción del 30% y 50% del pico de escorrentía, disminuye significativamente el caudal máximo y el riesgo de desborde aguas abajo, permitiendo que el Parque Industrial evolucione hacia un entorno productivo más resiliente frente a precipitaciones extremas.

The proposal develops a water management system based on the progressive catchment, conveyance, and infiltration of surface runoff. In the preliminary diagnosis, flood levels at different points, critical flow concentrations, and the overloading of the Mutualista Ave. canal during intense rain events were studied.

Based on this reading, infiltration trenches, temporary retention ponds, and the reorganization of secondary drainage are proposed, combining the strategy with green infrastructure to favor natural infiltration and the temporary retention of water. The simulated model indicates that, under scenarios of a 30% and 50% reduction in peak runoff, the maximum flow and the risk of downstream flooding are significantly reduced, allowing the Industrial Park to evolve toward a more resilient productive environment in the face of extreme rainfall.

DIAGNÓSTICO DEL PIRDG

ANÁLISIS

ELEMENTOS IMPORTANTES

LAGUNAS DE OXIDACIÓN

ÁREAS DESOCUPADAS

ZONAS INUNDABLES

NIVELES DE INUNDACIÓN

DESAGÜE PLUVIAL

CANAL DE DESAGÜE AV. MUTUALISTA

TOPOGRAFÍA

CORTES

B.B

A.A

SITUACIÓN ACTUAL - VISUAL



REFERENTE INTERNACIONAL

Jurong Canal / ABC Waters Programme - Singapur

En Singapur, la agencia estatal PUB (Public Utilities Board) lanzó el programa ABC Waters en 2006 para transformar los cuerpos de agua urbanos en espacios "activos, hermosos y limpios". La red de infraestructura hídrica del país incluye aproximadamente 8 000 km de vías fluviales y 17 embalses. En el caso específico de Jurong Canal, la intervención incluyó un "treatment train" de swales vegetados + jardines de lluvia para limpiar y retardar la escorrentía antes de que se descargue al canal.

Estrategias de Consolidación y Crecimiento

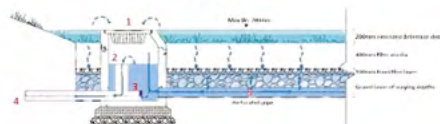
- Planificación por cuencas y visión a largo plazo: PUB identificó más de 100 proyectos en todo Singapur para transformar canales y ríos en espacios públicos sostenibles.
- Certificación ABC Waters: reconoce proyectos públicos y privados que aplican drenaje sostenible y paisajismo ecológico.
- Participación ciudadana: la comunidad se involucra en el mantenimiento y apropiación del espacio público.

Modelo de Gobernanza

- Enfoque 3P (Public-Private-People): gobierno, sector privado y comunidad trabajan juntos.
- Guías y estándares técnicos: aseguran calidad y mantenimiento de las intervenciones.

Mecanismo de Financiamiento

- Fondos públicos del gobierno de Singapur y PUB.
- Co-inversión entre agencias (PUB, NParks, HDB) según el tipo de intervención.
- Diseño eficiente y bajo mantenimiento, optimizando costos a largo plazo.



Este caso muestra la infraestructura de drenaje tradicional se puede convertir en infraestructura azul-verde que: reduce picos de escorrentía, mejora la calidad del agua, ofrece espacio público para la comunidad.



PROPUESTA

ZANJAS DE INFILTRACIÓN

DESVIACIÓN PLUVIAL

- CANAL DE DESAGUE AV MUTUALISTA
- ZANJAS DE INFILTRACIÓN

RECEPCIÓN TEMPORAL

- CANAL DE DESAGUE AV MUTUALISTA
- LAGUNAS DE

ILUSTRACIÓN

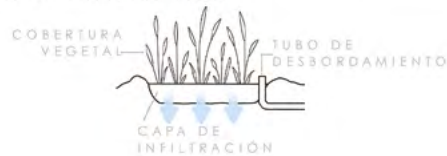


PROCESO

CAPTACION → FILTRACION → INFILTRACIÓN → DESBORDAMIENTO

COMPONENTES

1. COBERTURA VEGETAL
2. SUELO FERTIL
3. FILTRO GRUESO, ARENA, GRAVA
4. CAPA DE INFILTRACIÓN



PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN

SITUACIÓN ACTUAL

CUENCA	ÁREA	INCLINACIÓN	CAUDAL MAX
S1	87,50M2	2,5%	1,161
S2	56,60M2	0,7%	0,751
S3	41,73M2	3,1%	0,554
S4	88,11M2	0,3%	1,169
S5	105,56M2	5,9%	1,400
S6	51,63M2	0,5%	0,689
S7S	16,74M2	1,1%	0,222
S8	14,43M2	0,7%	0,186

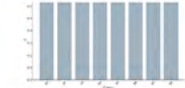
SIN PROYECTO

ESCURRIMIENTO: 0.43
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN: 41 MIN
INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN 10 AÑOS:
75.8MM/H

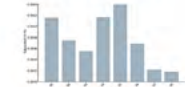


CUENCAS

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO



CAPACIDAD HIDRÁULICA



RESULTADOS

CUENCA	ÁREA	ESCENARIO -30% M3/S	ESCENARIO -50% M3/S
S1	87,50M2	0,813	0,581
S2	56,60M2	0,526	0,376
S3	41,73M2	0,388	0,277
S4	88,11M2	0,818	0,584
S5	105,56M2	0,980	0,700
S6	51,63M2	0,482	0,345
S7S	16,74M2	0,155	0,111
S8	14,43M2	0,130	0,093

Interpretación:
con la intervención se alcanza una reducción total del pico aproximadamente del 30% (conservador) hasta 50% (óptimo). Esto reduce significativamente la carga sobre el canal de Av. Mutualista y la probabilidad de desbordes aguas abajo.

CON PROYECTO



TIEMPO DE CONCENTRACIÓN



CAUDAL MÁXIMO



CORTE CALZADA- ZANJAS DE INFILTRACIÓN



CORTE LAGUNA-MEANDRO



ARBORIZACIÓN Y OPORTUNIDADES DE INFRAESTRUCTURA VERDE

TREE CANOPY AND GREEN INFRASTRUCTURE OPPORTUNITIES

04

Autores:

Carolina Gutiérrez Yáñez
Susy Fabiana Heredia Orellana
Andrea Irene Terrazas Sánchez

El proyecto revela la distribución heterogénea de la masa arbórea en el Parque Industrial, evidenciando concentraciones puntuales en bordes y sectores específicos, junto con amplias superficies centrales con baja presencia vegetal. El análisis cataloga la diversidad florística y el estado de conservación de las alamedas. La lectura térmica evidencia predominio de superficies impermeables, asociadas a mayores temperaturas superficiales y acumulación de calor.

La propuesta plantea una expansión sistemática de la infraestructura verde mediante reforestación selectiva con especies endémicas y resilientes. La propuesta articula redes de parques lineales vinculados a los ejes viales y canales hídricos. Se utiliza el Gemelo Digital para simular un incremento aproximado del 35 % en cobertura arbórea, con reducción estimada de la temperatura superficial promedio cercana a 2–3 °C en sectores críticos, optimizando el confort bioclimático integral, fortaleciendo la identidad paisajística y contribuyendo al bienestar de los trabajadores y usuarios.

The project reveals the heterogeneous distribution of tree cover within the Industrial Park, evidencing specific concentrations along edges and particular sectors, alongside vast central areas with low vegetation presence. The analysis catalogs the floristic diversity and the conservation status of tree-lined avenues. The thermal reading reveals a predominance of impermeable surfaces, associated with higher surface temperatures and heat accumulation.

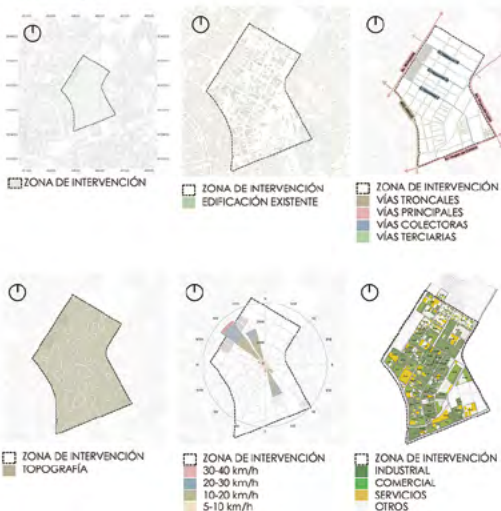
The proposal outlines a systematic expansion of green infrastructure through selective reforestation with endemic and resilient species. The proposal articulates networks of linear parks linked to road axes and water canals. The Digital Twin is used to simulate an approximate 35% increase in tree cover, with an estimated reduction in average surface temperature of approximately 2–3 °C in critical sectors, thereby optimizing comprehensive bioclimatic comfort, strengthening landscape identity, and contributing to the well-being of workers and users.

L1 | PLANIFICACIÓN URBANA

DIAGNÓSTICO DEL PIRDG

ARBORIZACIÓN EXISTENTE Y OPORTUNIDADES DE
INFRAESTRUCTURA VERDE FUTURA

ANÁLISIS



COBERTURA ARBÓREA



El Parque Industrial se localiza al noreste de Santa Cruz de la Sierra, dentro de un tejido predominantemente productivo. Se observa una distribución irregular de la masa arbórea, con mayor concentración de vegetación en los bordes y sectores puntuales del interior, mientras amplias áreas centrales muestran escasa cobertura verde. Esta lectura inicial permite identificar zonas críticas y potenciales de arborización dentro del polígono.

VEGETACIÓN EXISTENTE



ALAMEDAS



Las alamedas del Parque Industrial presentan deficiencias en mantenimiento y manejo vegetal, con césped ausente, árboles sin podar y vegetación que invade las camineras, impidiendo su uso peatonal. Esta situación refleja un deterioro paisajístico que el proyecto de revitalización busca corregir mediante reordenamiento y cuidado permanente de las áreas verdes.

Además, se observa una falta de homogeneidad en las especies plantadas y una ausencia de criterios de arborización planificada, lo que genera desbalance visual y ambiental.

L2 | PLANIFICACIÓN URBANA

REFERENTE INTERNACIONAL

JURONG ISLAND



La Isla Jurong está ubicada en la región suroeste de Singapur (unión de 7 islas)

DESCRIPCION

Jurong Island es el mayor polo industrial petroquímico de Singapur y uno de los hubs energéticos más avanzados del mundo.

- Consolidar la industria química y energética
- Fomentar la simbiosis industrial y la eficiencia de recursos
- Las empresas comparten infraestructura común
- Reduce costos, mejora la sostenibilidad y promueve una economía circular
- Fortalecer la seguridad energética y la autosuficiencia del país



Las empresas Singapore Refining Company (SRC), Linde Gas, ExxonMobil Refinery, ExxonMobil Chemicals, Caratino y Akzo Nobel son las compañías con mayor capital e influencia. Lideran la transformación sostenible del parque industrial, invirtiendo en proyectos de reforestación, eficiencia energética y reducción de emisiones; reflejando el compromiso del sector privado.



GREENING JURONG ISLAND ONE MILLION TREES

La iniciativa "Greening Jurong Island", liderada por JTC, NParks y ASPRI, busca convertir la isla en un entorno industrial más sostenible y atractivo mediante la plantación masiva de árboles y la creación de zonas verdes que mejoren el bienestar de los trabajadores. Empresas como ExxonMobil y los miembros de ASPRI han recaudado más de 740.000 dólares para apoyar este esfuerzo, destacando su compromiso con la sostenibilidad y la mejora del entorno laboral. Los expertos seleccionaron especies resistentes y tolerantes a la sequía, y aplicaron técnicas de plantación en niveles, simulando la estructura de un bosque para aumentar la diversidad, vitalidad y color del paisaje, garantizando así un crecimiento duradero y un impacto ambiental positivo en Jurong Island.



ALIANZA VERDE

Se plantarán 34.000 árboles nuevos en la isla de Jurong antes de 2022.

INDUSTRIA BAJA EN CARBONO

El objetivo es cuadruplicar la producción de productos sostenibles de 2019 y reducir más de seis millones de toneladas de carbono al año para 2050, mediante soluciones de bajas emisiones y captura de carbono.



NUEVO EJE FINANCIERO Y SOSTENIBLE

Jurong se proyecta como el segundo distrito financiero de Singapur, combinando desarrollo económico, conectividad e infraestructura verde. El Jurong Lake District (JLD) será el centro de esta transformación, con más de 20.000 nuevas viviendas, 100.000 empleos y espacios comerciales y turísticos que imputarán la descentralización urbana. La construcción de la Línea Regional de Jurong (JRL) y el Tren de Alta Velocidad (HSR) fortalecerán su conexión con el resto del país y con Malasia, mientras que la reubicación de terminales portuarias en Tuas consolidará su papel como núcleo industrial y sostenible, modelo de ciudad moderna para el futuro de Singapur.

L3 | PLANIFICACIÓN URBANA

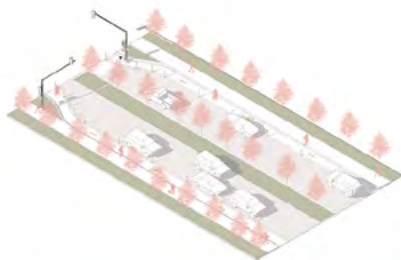
PROPUESTA DE PLANIFICACION

ARBORIZACION EXISTENTE Y OPORTUNIDADES DE
INFRAESTRUCTURA VERDE FUTURA

IMPLEMENTACION
DEL PARQUE LINEAL

OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

- **Reforzar la infraestructura verde existente**, aprovechando el alto volumen de árboles en determinados sectores para consolidar corredores ecológicos y espacios de sombra.



- **Integrar áreas industriales y naturales**, promoviendo un equilibrio entre la productividad y el bienestar ambiental.
- **Incrementar la cobertura vegetal total** mediante estrategias de reforestación planificada con especies nativas y resistentes a las condiciones locales.



RESTAURACION DE ALAMEDAS



- **Contribuir al bienestar de los trabajadores y usuarios**, creando espacios de descanso y recorrido con calidad ambiental y confort térmico.
- **Incorporar criterios de sostenibilidad y resiliencia climática**, tomando como base las experiencias internacionales exitosas como "Greening Jurong Island".



LINEAMIENTOS DE ACCIÓN

- **Identificación y conservación de árboles maduros** y especies autóctonas que aportan al microclima del parque.
- **Reforestación selectiva en áreas de baja densidad** vegetal con especies resistentes a sequía y contaminación.
- **Diseño de alamedas y parques lineales** conectando áreas verdes dispersas, fortaleciendo la conectividad ecológica.
- **Implementación de infraestructura verde funcional** (zanjas de infiltración, jardines de lluvia, bioretención) para mejorar la gestión del agua y reducir el calor urbano.
- **Establecimiento de un plan de mantenimiento y monitoreo** de la vegetación con participación pública y empresarial.



JUSTIFICACIÓN

La propuesta parte del diagnóstico inicial que evidenció un alto valor ambiental en ciertos sectores del Parque Industrial, junto con amplias áreas carentes de planificación verde.

El referente "Greening Jurong Island" demostró la eficacia de las intervenciones de arborización en entornos industriales densos, no sólo para mejorar la calidad ambiental, sino también el bienestar laboral y la imagen urbana.

Tomando estos principios, la planificación propuesta busca replicar el modelo de infraestructura verde adaptado al contexto local, priorizando especies nativas y un diseño ecológico coherente con el uso industrial del área.

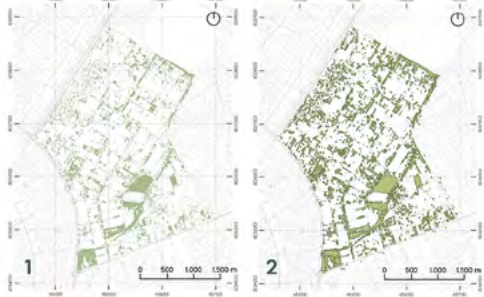
L4 | PLANIFICACIÓN URBANA

PROPUESTA DE PLANIFICACION

ARBORIZACION EXISTENTE Y OPORTUNIDADES DE INFRAESTRUCTURA VERDE FUTURA



PROYECCIÓN DE COBERTURA ARBÓREA ≈ +35%



DATOS DE BASE

Área actual de vegetación (PLANO 1): 1,139,265.58 m² (≈ 114 hectáreas de superficie verde actual en el Parque Industrial)

La simulación de expansión arbórea proyecta una cobertura total de 1,550,589 m² de superficie verde en el Parque Industrial, obtenida mediante la aplicación de un buffer de 2 m sobre la masa arbórea existente. Este incremento representa un aumento significativo en la cobertura vegetal urbana, lo que permite estimar una reducción promedio de -2.8 °C en la temperatura superficial, de acuerdo con estudios de correlación entre arborización y mitigación térmica. Disminuye un 25-30 % las áreas sin sombra. Aumenta un 15 % la evapotranspiración local, mejorando el confort térmico y la calidad del aire.

MAPA TÉRMICO SUPERFICIAL DE PROYECCIÓN (+35%)

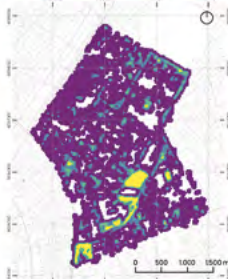
● 28-29 °C Zonas frescas
● 29-30.5 °C Confort térmico medio
● 30.5-31.5 °C Zona cálida
● 31.5-33.0 °C Zonas críticas de calor



La simulación proyectada reduce la temperatura superficial promedio a 31 °C, mejora el confort térmico en 2.5-3 °C y disminuye las zonas sin sombra en un 23 %. Reducción media estimada de -2.6 °C tras la arborización. 33.8 °C → 31 °C promedio superficial proyectado.

MAPA DE COMFORT TÉRMICO (+35%)

● 36 °C Zonas críticas de calor
● 29.0-30.5 °C Confort térmico
● 34 °C Zonas cálidas
● 28-29 °C Zonas frescas



Las zonas amarillas representan condiciones de mayor confort térmico, mientras que las áreas lilas mantienen altos niveles de temperatura superficial. Se observa una disminución promedio estimada de -2.8 °C respecto al escenario actual.

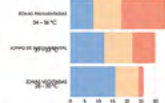
DATOS DE BASE

Composición de superficie según tipo de vía o cobertura

Tipo de superficie	Porcentaje estimado	Clasificación térmica	Interpretación ambiental
Tierra	53%	Media	Alta permeabilidad
Pavimento	41%	Alta	Acumulación de calor
Loseta u otros	19%	Media-baja	Cierta absorción térmica

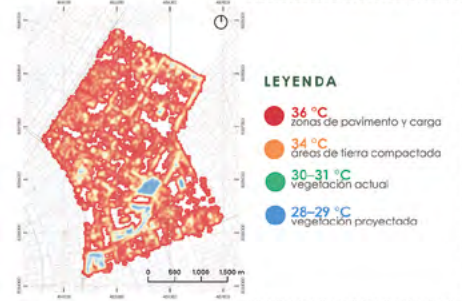
Estimación de temperatura superficial promedio (basada en Landsat 8, 2024)

Según datos térmicos recientes para Santa Cruz de la Sierra - zona sudeste industrial, las temperaturas superficiales promedio son:



Esto nos da una temperatura media ponderada del parque de ~33.8 °C antes de la intervención.

MAPA TÉRMICO SUPERFICIAL ACTUAL (Celsius)



OBJETIVO

Objetivo: evidenciar cómo las superficies (pavimento, tierra, vegetación) afectan la temperatura del entorno industrial.

En el escenario actual, el 60 % de la superficie corresponde a materiales impermeables, generando temperaturas promedio de 33.8 °C con picos de 36 °C en sectores logísticos.

REPRESENTACION DE LA PROPUESTA GENERADAS CON IA

La Intervención transforma un tramo deteriorado en un boulevard moderno, incorporando una plaza con senderos, vegetación y áreas de descanso, además de ampliar aceras, mejorar el pavimento, añadir señalización e iluminación urbana, creando un entorno más seguro, funcional y estéticamente armonioso.



GESTIÓN DE RESIDUOS Y ECONOMÍA CIRCULAR

WASTE MANAGEMENT AND CIRCULAR ECONOMY

05

Autores:

Alana Constanza Campos Seoane
María Fernanda Paz Roca

El diagnóstico evidencia una baja tasa de recuperación de residuos industriales, estimada por debajo del 10 %, con predominio de gestión lineal y escasa trazabilidad. Si bien existen actores locales, cooperativas y empresas con capacidad técnica, la infraestructura de acopio y valorización se encuentra fragmentada y sin articulación operativa consolidada.

Se formula un sistema integral basado en separación en origen, creación de ecopuntos estratégicos y establecimiento de macrocentros especializados para residuos no peligrosos, peligrosos, orgánicos y voluminosos. Se define un recorrido logístico optimizado que reduce distancias y costos de transporte, incorporando registro digital y control de flujos. A mediano plazo se proyecta la implementación de una planta de valorización interna y acuerdos de simbiosis industrial entre empresas del parque. El modelo busca incrementar la tasa de recuperación, disminuir la disposición final en relleno sanitario y posicionar al Parque Industrial como referente regional en transición hacia economía circular industrial.

The diagnosis evidences a low recovery rate of industrial waste, estimated below 10%, with a predominance of linear management and poor traceability. Although there are local actors, cooperatives, and companies with technical capacity, the collection and recovery infrastructure is fragmented and lacks consolidated operational articulation.

A comprehensive system is formulated based on source separation, the creation of strategic eco-points, and the establishment of specialized macro-centers for non-hazardous, hazardous, organic, and bulky waste. An optimized logistical route is defined that reduces transport distances and costs, incorporating digital registration and flow control. In the medium term, the implementation of an internal recovery plant and industrial symbiosis agreements among companies in the park is projected. The model seeks to increase the recovery rate, decrease final disposal in sanitary landfills, and position the Industrial Park as a regional benchmark in the transition toward an industrial circular economy.



% SUPERFICIE TOTAL: -56 HECTÁREAS

IMPRESAS INSTALADAS: -411 INDUSTRIAS

GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS EN LA CIUDAD: -1.942 TONELADAS/DÍA
PORCENTAJE ATRIBUIBLE A ACTIVIDADES INDUSTRIALES: -30-35 % → -590-680 TONELADAS

RECICLADORES URBANOS Y COOPERATIVAS: ALREDEDOR DE 35 000 PERSONAS EN LA REGIÓN. DEPENDE DE LA RECUPERACIÓN DE RESIDUOS RECICLABLES.

emacruz

fundares

%

LOGÍSTICA INEFICIENTE. LOS CAMIONES REALIZAN RECOLECCIÓN MIXTA SIN OPTIMIZACIÓN DE RUTAS.

AUSENCIA DE ECOPUNTOS Y CENTROS DE ACOPIO COMUNES.

PÉRDIDA DE VALOR MATERIAL: PLÁSTICOS, CARTONES Y METALES SE CONTAMINAN POR MEZCLA CON ORGÁNICOS.

ESCALA ARTICULACIÓN ENTRE EMPRESAS Y RECICLADORES.

SIN INCENTIVOS REGULATORIOS NI BENEFICIOS ECONÓMICOS POR SEPARACIÓN.

FORTALEZAS

- EMPRESAS CON CAPACIDADES DE RECICLAJE INSTALADAS INDUSTRIAS DE PACKAGING Y PLANTAS CON LÍNEAS DE RECUPERACIÓN DE PET Y OTRAS FRACCIONES OPERAN EN SANTA CRUZ Y EN INSTALACIONES DEL PARQUE, CREANDO ASÍ NODOS PRIVADOS QUE YA PRÁCTICAN PROCESOS CIRCULARES.
- ACTORES ESPECIALIZADOS EN GESTIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES—EXISTEN EMPRESAS PRIVADAS QUE OFRECEN TRATAMIENTO DE ACEITES, RAEE Y RESIDUOS ESPECIALES UBICADAS EN EL PARQUE O SUS INMEDIACIONES
- APOYO INSTITUCIONAL Y PROYECTOS LOCALES, ORGANIZACIONES (FUNDARE/CAINCO, ONGS, COOPERACIÓN) Y PROGRAMAS MUNICIPALES/UNDP ESTÁN IMPULSANDO INCLUSIÓN DE RECICLADORES Y MEJORAS EN LOGÍSTICA DE RECOLECCIÓN. ESTO FACILITA LA GOBERNANZA Y LA INCLUSIÓN SOCIAL EN PROCESOS CIRCULARES.

DEBILIDADES

- FALTA DE INFRAESTRUCTURA DE SERVICIO COMPARTIDO: HAY POCAS INFRAESTRUCTURAS COMUNALES (CENTROS DE ACOPIO INDUSTRIALES, PLANTAS DE VALORIZACIÓN COMUNES, LOGÍSTICA CONSOLIDADA) QUE PERMITAN LA SIMBIOSIS INDUSTRIAL A ESCALA DEL PARQUE. (EFECTO: EMPRESAS PEQUEÑAS QUEDAN FUERA DE LA CADENA CIRCULAR). FRAGMENTACIÓN DE INICIATIVAS: LA CIRCULARIDAD ES MAYORITARIAMENTE INICIATIVA PRIVADA AISLADA (EMPRESAS GRANDES), SIN ESTÁNDARES COMUNES NI CIRCUITOS INTEGRADOS ENTRE EMPRESAS DEL PARQUE.
- MARCO REGULATORIO E INCENTIVOS DÉBILES: FALTA DE NORMAS LOCALES CLARAS Y DE INCENTIVOS FISCALES/OPERATIVOS QUE FOMENTEN LA ECONOMÍA CIRCULAR ENTRE PYMES DENTRO DEL PARQUE. ESTUDIOS Y PROYECTOS INDICAN QUE GOBERNANZA ES UN ÁREA A FORTALECER.

OPORTUNIDADES

- CREAR INFRAESTRUCTURA COMPARTIDA (PLANTA DE VALORIZACIÓN, CENTRO DE ACOPIO, LOGÍSTICA COMPARTIDA); LA EXISTENCIA DE EMPRESAS RECICLADORAS Y GESTORES PRIVADOS DEMUESTRA DEMANDA Y VIABILIDAD TÉCNICA PARA UN CENTRO COMÚN.
- INICIATIVAS PÚBLICO-PRIVADAS Y PROYECTOS MUNICIPALES: EL MUNICIPIO HA ANUNCIADO TERRENOS E INICIATIVAS Y HAY COOPERACIÓN INTERNACIONAL; SON PUERTA DE FINANCIAMIENTO Y PILOTAJE DE MODELOS.
- SIMBIOSIS INDUSTRIAL: IMPULSAR ENCADENAMIENTOS (RESIDUOS DE UNA EMPRESA COMO MATERIA PRIMA DE OTRA) PODRÍA REDUCIR COSTOS Y DEPENDENCIA DE MATERIAS PRIMAS IMPORTADAS; EL TAMAÑO DEL PLAT Y OTRAS ZONAS FACILITA ECONOMÍAS DE AGLOMERACIÓN.

AMENAZAS

- CRECIENTE PRESIÓN AMBIENTAL POR EXPANSIÓN AGROINDUSTRIAL: MODELOS DE DESARROLLO QUE PRIORIZAN EXPANSIÓN AGRÍCOLA/INDUSTRIAL SIN GESTIÓN CIRCULAR AUMENTAN RESIDUOS Y DEGRADACIÓN, COMPLICANDO LA TRANSICIÓN.
- DEPENDENCIA DE INICIATIVAS AISLADAS: SI EMPRESAS LÍDERES RETROCEDEN, LA INFRAESTRUCTURA CIRCULAR LOCALES PUEDE COLAPSAR SIN ALTERNATIVAS MUNICIPALES O COOPERATIVAS FUERTES.

1 LA GESTIÓN MUNICIPAL DE RESIDUOS EN LA CIUDAD ES LA CENTRALIZADA EN PARQUE, QUE TIENE MANEJO Y PROGRAMAS DE GESTIÓN INTEGRAL (RECOLECCIÓN, RECICLAJE, COMPOSTAJE, GESTIÓN DE PLAS/ELECTRÓNICOS Y BLENDO SANITARIO NORMANDO). ESTO CONDICIONA LA OPERATIVA DEL PARQUE INDUSTRIAL.

2 SANTA CRUZ CONCENTRA UNA PARTE ALTA DE LA GENERACIÓN NACIONAL Y LAS ESTIMACIONES LOCALES SUGIEREN LA TASA DE RECUPERACIÓN POR RECICLAR EN RANGOS BAJOS (ORDEN DEL 10-15% A NIVEL PARQUE) EN REPORTES RECIENTES, POR LO QUE AÚN HAY GRAN POTENCIAL DE RESIDUOS EN CAPTURA Y VALORIZACIÓN.

3 EXISTEN EMPRESAS LOCALES Y LÍNEAS DE RECICLAJE (B. SUPLENIENTES COMO EMBAJAS Y RECICLADORES LOCALES) Y OPERADORAS PRIVADAS RELEVANTES DENTRO DEL PARQUE INDUSTRIAL, LO QUE CREA CAPACIDAD INSTALADA PARA CERTAS FRACCIONES (PET, CARTÓN, METALES) SIN EMBARGO, LA COBERTURA NO ES COMPLETA PARA TODAS LAS FRACCIONES (ORGÁNICO, PELIGROSOS, COR).

4 EMACRUZ IMPULSA PROGRAMAS DE RECOLECCIÓN DIFERENCIADA Y TIENE MANUALES GUÍA, PERO LA SEPARACIÓN EN ORIGEN EN ÁREAS INDUSTRIALES DEPENDE MUCHO DE INICIATIVAS INTERNAS DE EMPRESAS Y DEL REGISTRO/CONTABILIZACIÓN DE OPERADORES PRIVADOS. ESTO GENERA INTELIGENCIA EN CALIDAD Y EN LA TRAZABILIDAD DEL MATERIAL RECICLABLE.



- OPERA AÚN BAJO UN MODELO LINEAL DE GESTIÓN DE RESIDUOS
- SU TASA DE RECUPERACIÓN NO SUPERA EL 10 %
- FALTA UN SISTEMA INTERNO DE RECOLECCIÓN DIFERENCIADA, ECOPUNTOS, TRAZABILIDAD Y PLANTA DE PRETRATAMIENTO.



ESTRATEGIAS IMPLEMENTADAS

1. RECUPERACIÓN Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS: EN EL PRIMER SEMESTRE DE 2024 SE RECUPERARON CASI 24.000 TONELADAS DE MATERIALES REUTILIZABLES O RECICLABLES QUE DE OTRO MODO SE ENTERRARÍAN.
2. PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE RESIDUOS (CDR): SE INSTALÓ LA EMPRESA CONTRIN EN EL PARQUE DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA TRITURAR INFI Y PRODUCIR CDR QUE ALIMENTAN HORNOS CEMENTEROS, REEMPLAZANDO COMBUSTIBLES FÓSILES.
3. DESARROLLO DE PLANTAS ESPECIALIZADAS / MINERÍA URBANA: PLANTAS PARA TRATAMIENTO DE PILAS, BATERÍAS, APARATOS ELÉCTRICOS ELECTRÓNICOS QUE SE INTEGRAN AL PARQUE. ESTO REDUCE MATERIALES PELIGROSOS Y RECUPERA METALES VALIOSOS.
4. GESTIÓN PARTICIPATIVA Y EDUCATIVA: COOPERATIVAS, VECINOS, EMPRESAS PRIVADAS, ACADEMIA ESTÁN INVOLUCRADOS: SEPARACIÓN EN ORIGEN, CENTROS VERDES, CENTROS DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS, PROGRAMAS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y PROMOCIÓN DE EMPRENDIMIENTOS CIRCULARES.
5. MEDICIÓN Y CONTROL AMBIENTAL
6. INFRAESTRUCTURA ADAPTADA

MODELO DE GOBERNANZA

CORMECOR (CORPORACIÓN INTERCOMUNAL PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE CÓRDOBA) ES LA ENTIDAD RESPONSABLE. AGLUTINA LA MUNICIPALIDAD DE CÓRDOBA Y MÚLTIPLES MUNICIPIOS DEL GRAN CÓRDOBA. TOMA DECISIONES ADMINISTRATIVAS, DE GESTIÓN, DE INFRAESTRUCTURA, ETC.

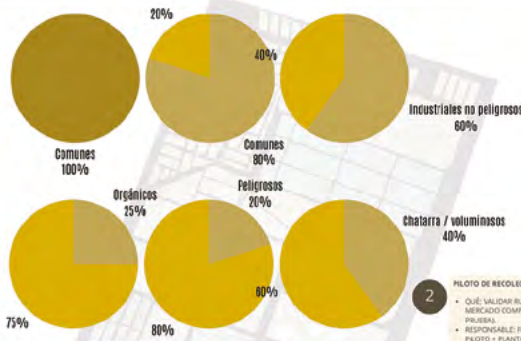
MECANISMOS DE FUNCIONAMIENTO

1. INVERSIÓN MUNICIPAL / PÚBLICA: LA MUNICIPALIDAD DE CÓRDOBA FINANCIA INFRAESTRUCTURA MUNICIPAL, ORDENANZAS, GESTIÓN DE RESIDUOS, CONSTRUCCIÓN DE CELLOS, PLANTAS DE SEPARACIÓN, ETC.
2. INVERSIÓN PRIVADA: EMPRESAS COMO CONTRIN HICIERON LA INVERSIÓN PARA SU PLANTA DE NEUMÁTICOS EN EL PARQUE. HOLCIM / GEOCYCLE INVIERTEN EN LÍNEAS DE SEPARACIÓN, TRATAMIENTO DENTRO DEL FRECIO.
3. CONVENIOS / ASOCIACIONES COMO EMPRESAS PRIVADAS PARA RECICLAJE/REUTILIZACIÓN: ACUERDOS COMO CON BLANGINO PARA VIDRIO, CON SOLAR PARA TRATAMIENTO DE PILAS, ETC.
4. INGRESOS PROPIOS / VENTA DE MATERIALES: LOS MATERIALES RECUPERADOS SE VENDEN; POR EJEMPLO LO QUE RECUPERAN SE ENTREGA A EMPRENDEDORES O ES COMERCIALIZABLE COMO MATERIA PRIMA.
5. SUBVENCIONES / CRÉDITOS EXTERNOS O DONACIONES: INICIATIVAS REGIONALES CON ENTIDADES COMO LA CAF PARA PROYECTOS DE ENERGÍA RENOVABLE LIGADOS AL ENTONO DE CORMECOR.





PROPUESTA DE INTERVENCIÓN



1. INICIO E INSTALACIÓN DE ECOPUNTOS ESTRATÉGICOS

- QUE: CONTENEDORES PARA 3-5 FRACCIONES (CARTÓN, PLÁSTICOS, METALES, ORGANOCORRIENTES, AEROLÍDAS)
- COMPACTADOR PORTÁTIL PARA FRACCIONES VOLUMINOSAS DONDE CONVENGA
- RESPONSABLE: ADMINISTRACIÓN DEL PARQUE + MANEJO + PROVEEDOR DE CONTENEDORES
- IMPACTO: AUMENTA CALIDAD Y VOLUMEN (REDUCE KILOMETROS POR TONELADA)
- COSTE ESTIMADO: USD 40-80K (CONTENEDORES + SERIALIZACIÓN + OBRA CIVIL MENOR)

2. PILOTO DE RECOLECCIÓN DIFERENCIADA

- QUE: VALUAR RUTAS, COMPACTACIÓN Y MERCADO COMPRADOR (CONTRATO DE PUERBA)
- RESPONSABLE: FUNDACIÓN + EMPRESA PILOTO + PLANTA RECEPTORA
- MEDIR: TON RECUPERADAS, KM RECORRIDO, PRECIO POR TONELADA
- COSTE ESTIMADO: USD 5-10K (OPERATIVO 3 MESES)

Tipo de centro	Cantidad	Ubicación recomendada
Acopio reciclables	1	Zona media
Peligrosos	1	Extremo del parque, cerca de
Chatarra / voluminosos	1	Periferia, área más amplia
Orgánicos	1	Cerca de comedores/emp

ENTRADA DEL RECORRIDO

SALIDA DEL RECORRIDO

PROPUESTA

3. LAGUNAS DE OXIDACIÓN

- CENTRO DE DESHIDRATACIÓN / HATAMIENTO DE LODOS: IMPLANTAR CERCA PISO SEPARADO (50-150 M) DE LAS LAGUNAS, CON ACCESO PROPIO Y PARAMENTO
- PLANTA DE COMPOSTAJE (SE SE MEZCLA CON RESTOS VERDE) SOLO SI LOS LODOS CUMPLEN CRITERIOS DE CALIDAD UBICAR A 300M DE ÁREAS ADMINISTRATIVAS Y PUNTOS DE RECOLECCIÓN PARA EVITAR MOLESTIAS
- PLANTA DE BIÓGAS / DIGESTOR ANAERÓBICO: SI SE EVALUA COMO ALTERNATIVA, DEBE DISEÑARSE INDEPENDIENTE DE LAS LAGUNAS Y CON MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA CAPTURA Y MANEJO DE BIÓGAS

LEYENDA

- CENTRO DE ACOPIO DE RECICLABLES INDUSTRIALES: MADERA, PALLETS, CARTÓN PRENSADO, PLÁSTICOS GRANDES, METALES LIVIANOS.**
 - CENTRO
 - CON QUIEN GESTIONE RECIKLADOR(ES) O EMPRESA ESPECIALIZADA.
- CENTRO DE RESIDUOS PELIGROSOS**
 - ACEITES USADOS
 - TRAPOS CONTAMINADOS
 - FILTROS
 - DISOLVENTES EN BAJA ESCALA
- PATIO DE CHATARRA Y VOLUMINOSOS**
 - HIERROS, MAQUINARIA VIEJA, MUEBLES INDUSTRIALES.
 - ACCESO DIRECTO PARA CAMIONES GRANDES.
- ÁREA DE ORGÁNICOS**
 - EMPRESAS ALIMENTARIAS
- PARADAS DE RECOLECCIÓN**

SE PROPONE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS PARA EL PARQUE INDUSTRIAL DE SANTA CRUZ DE LA SIERRA, CON EL OBJETIVO DE INTEGRAR EFICIENCIA OPERATIVA Y ECONOMÍA CIRCULAR EN SUS HECTÁREAS.

SE PROPONE ORGANIZAR 44 PUNTOS DE RECOLECCIÓN DISTRIBUIDOS CADA 150-200 METROS, INCLUYENDO ESTACIONES ESTÁNDAR POR MANZANA PARA RESIDUOS COMUNES Y RECICLABLES, Y MACROCENTROS ESTRATÉGICOS PARA RESIDUOS INDUSTRIALES NO PELIGROSOS, PELIGROSOS, ORGÁNICOS Y VOLUMINOSOS. CADA ESTACIÓN ESTÁNDAR DEBERÁ CONTAR CON CONTENEDORES PARA RESIDUOS COMUNES Y RECICLABLES SECOS, MIENTRAS QUE LOS MACROCENTROS CONCENTRAN GRANDES VOLUMENES DE MATERIALES VALORIZABLES, REDUCIENDO EL NÚMERO DE PARADAS Y OPTIMIZANDO EL TRANSPORTE HACIA PLANTAS EXTERNAS O GESTORES ESPECIALIZADOS.

EL RECORRIDO INICIARÁ EN EL EXTREMO MÁS ALEJADO DE LA ENTRADA PRINCIPAL, Y AVANZARÁ EN UN PATRÓN DE ZIGZAG HACIA LA SALIDA POR LA AVENIDA PARAGUÁ, ASEGURANDO UN TIEMPO DE RECORRIDO TOTAL DE APROXIMADAMENTE TRES HORAS, CONSIDERANDO 3 MINUTOS POR PARADA Y UNA VELOCIDAD MEDIA DE 12 KM/H. SE MANTENDRÁ LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN A UNA DISTANCIA MÍNIMA DE 100-300 METROS DE LOS PUNTOS DE RECOLECCIÓN, CON ACCESOS INDEPENDIENTES PARA CAMIONES DE LODOS, PERMITIENDO LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA TRATADA Y LA VALORIZACIÓN DE LODOS DESHIDRATADOS EN COMPOST O BIÓGAS.

LA ECONOMÍA CIRCULAR FUNCIONARÁ MEDIANTE LA CLASIFICACIÓN EN ORIGEN, EL ACOPIO EN MACROCENTROS, LA VALORIZACIÓN INTERNA O EXTERNA DE RESIDUOS Y LA LOGÍSTICA INVERSA DE ENVASES, PALLETS Y ACEITES USADOS. IMPLEMENTANDO INDICADORES DE EFICIENCIA, TRAZABILIDAD DE FLUJOS Y CONTROL DE SEGURIDAD, SE GARANTIZARÁ QUE LOS MATERIALES Y SUBPRODUCTOS REGRESAN AL SISTEMA PRODUCTIVO, REDUCIENDO LA DISPOSICIÓN FINAL EN RELLENOS Y GENERANDO BENEFICIOS AMBIENTALES, ECONÓMICOS Y SOCIALES.

CAPA PRODUCTIVA Y TECNOLÓGICA

PRODUCTIVE AND
TECHNOLOGICAL LAYER

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALES: TIPOLOGÍAS Y TECNOLOGÍAS

INDUSTRIAL CONSTRUCTION SYSTEMS: TYPOLOGIES AND TECHNOLOGIES

06

Autores:

Alexander Antelo Medina
Daniel Valdivia Choque

Se desarrolló un análisis de los sistemas constructivos del entorno, identificando edificaciones con sistemas mixtos, estructuras de hormigón armado y estructuras metálicas, siendo esta la que predomina por su rápida ejecución de cubiertas livianas. Las mediciones de temperatura superficial muestran una elevada acumulación de calor en galpones metálicos, lo que intensifica las islas térmicas internas y afecta las condiciones laborales y la eficiencia energética.

A partir de este diagnóstico, el ejercicio sugiere la incorporación progresiva de sistemas industrializados con paneles prefabricados tipo sándwich, con núcleo de lana de roca mineral, aplicados en muros y cubiertas. Las simulaciones térmicas indican una reducción significativa de las temperaturas interiores, lo que permite estabilizar los rangos operativos y disminuir la demanda energética. En este sentido, el modelo constructivo propuesto se orienta hacia una transición tecnológica compatible con estándares industriales contemporáneos y criterios de sostenibilidad climática.

An analysis of the surrounding construction systems was conducted, identifying buildings with mixed systems, reinforced concrete structures, and steel structures, with the latter predominating due to the rapid execution of lightweight roofs. Surface temperature measurements reveal high heat accumulation in metal-roofed industrial buildings, which intensifies internal heat islands and negatively impacts working conditions and energy efficiency.

Based on this diagnosis, the exercise suggests the progressive incorporation of industrialized systems utilizing prefabricated sandwich panels with a mineral rock wool core, applied to walls and roofs. Thermal simulations indicate a significant reduction in indoor temperatures, allowing for the stabilization of operational ranges and a decrease in energy demand. In this sense, the proposed construction model is oriented toward a technological transition compatible with contemporary industrial standards and climate sustainability criteria.

ANALISIS DE PARQUE INDUSTRIAL SCZ

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DEL PARQUE INDUSTRIAL DE SCZ



ANALISIS DE PARQUE INDUSTRIAL

ECO-PARQUE INDUSTRIAL TORRENT ESTADELLA BARCELONA

El Eco-Parque Industrial Torrent Estadella en Barcelona es una propuesta de regeneración urbana que busca transformar antiguas áreas fabriles en un espacio productivo sostenible. Aunque aún no está construido, plantea el uso de sistemas constructivos industrializados y flexibles, promoviendo la economía circular y la simbiosis industrial para optimizar recursos. Su modelo de gobernanza sería público-privado, con el Ayuntamiento y asociaciones empresariales liderando la gestión, mientras que el financiamiento combinaría fondos europeos, inversión municipal y capital privado, generando un referente internacional que puede inspirar la modernización del Parque Industrial de Santa Cruz de la Sierra.



Parque Lineal de la Sagrera



ANTES



DESPUES



PROPUESTA DE SISTEMA CONSTRUCTIVO

PARQUE INDUSTRIAL DE SANTA CRUZ DE LA SIERRA

Objetivos Estratégicos

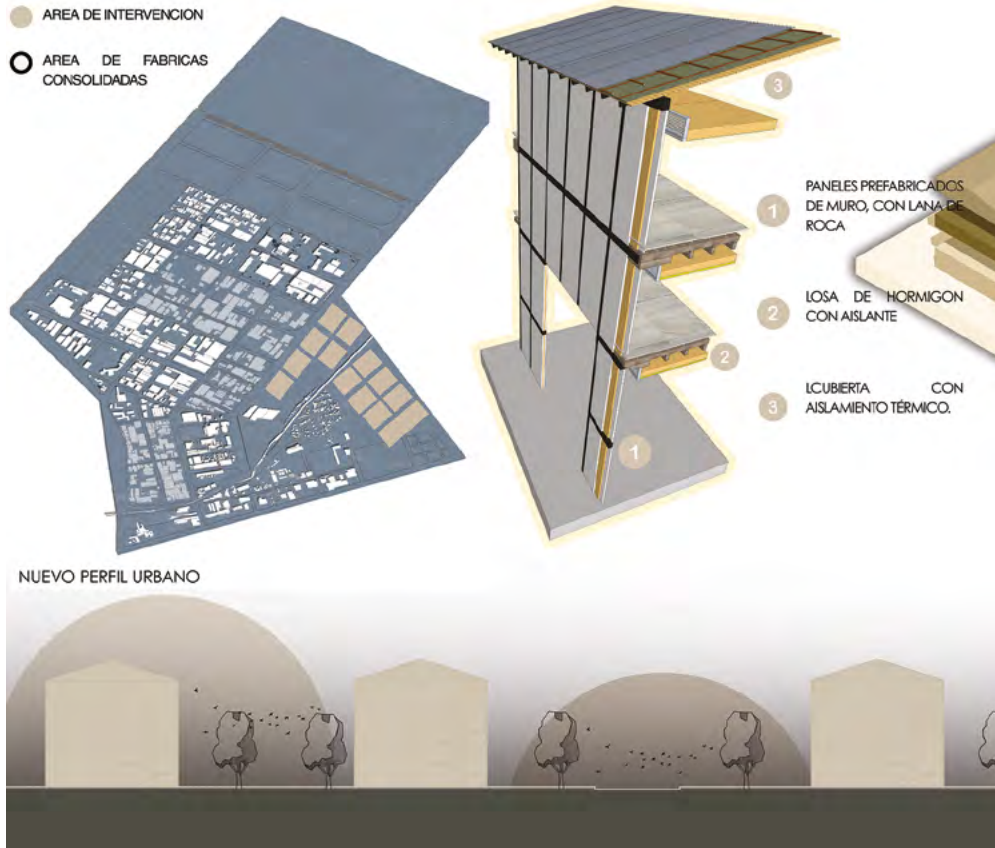
Implementar un sistema constructivo innovador en el Parque Industrial de Santa Cruz de la Sierra mediante paneles sándwich prefabricados con núcleo de lana de roca mineral, mejorando la seguridad, eficiencia térmica y acústica, y reduciendo los tiempos de construcción.

Justificación

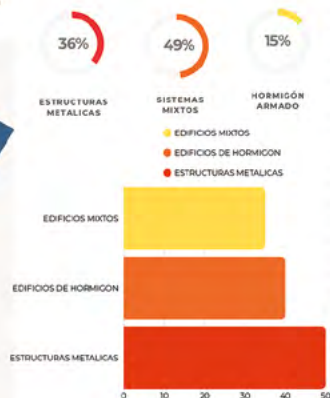
Tras analizar la problemática de incendios en entornos industriales, se determinó que la lana de roca es ideal por su alta resistencia al calor y al fuego, ofreciendo mayor seguridad y durabilidad frente a la mampostería tradicional.

Lineamiento de Acción

Aplicar paneles prefabricados en muros y lana de roca mineral en cubiertas, organizando el edificio con áreas de producción y almacén en planta baja, manufactura en el segundo nivel y oficinas en el último piso, promoviendo un modelo constructivo seguro y eficiente para todo el parque industrial.



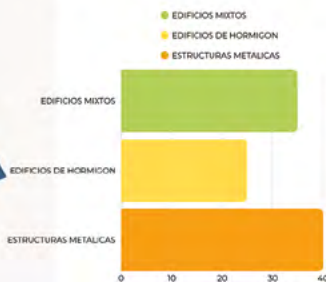
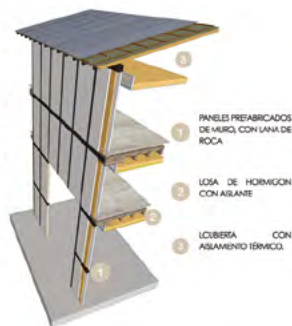
ISLAS DE CALOR ACTUAL INTERNA DE FABRICAS



Los distintos sistemas constructivos presentes en un parque industrial generan temperaturas y sensaciones térmicas muy diferentes debido a sus materiales, capacidades de absorción solar. Las estructuras metálicas son las que más calor acumulan, alcanzando temperaturas superficiales de 55 a 80 °C, lo que eleva la sensación térmica interior hasta 40–50 °C y las convierte en el principal foco de islas de calor. Los sistemas mixtos, que combinan metal y concreto, presentan un comportamiento intermedio, con superficies que llegan a 45–65 °C y temperaturas interiores entre 32–40 °C. En contraste, el hormigón armado muestra un mejor desempeño térmico, con superficies de 35–45 °C y ambientes internos más estables entre 28–33 °C. Finalmente, los paneles prefabricados con núcleo de lana de roca ofrecen el mejor aislamiento, manteniendo interiores de 26–34 °C incluso cuando el exterior supera los 40 °C, contribuyendo así a reducir significativamente las islas de calor.



La propuesta incorpora paneles prefabricados con núcleo de lana de roca para optimizar el rendimiento térmico de las fábricas en el Parque Industrial. Mediante el Gemelo Digital del PIRGD se simula la reducción de temperatura interior obtenida con este sistema, mostrando ambientes productivos entre 26 y 34 °C, ideales para el funcionamiento eficiente de maquinaria y la protección de equipos sensibles al sobrecalentamiento. Esta mejora térmica incrementa el confort de los trabajadores, disminuye la fatiga y eleva la productividad. La simulación permite visualizar, comparar y justificar cómo este sistema constructivo reduce las islas de calor y mejora el desempeño operativo general.



Criterio	Norma General de Accesibilidad a la Información Módulo 7: Accesibilidad	Propuesta de Norma de Accesibilidad a la Información Módulo 7: Accesibilidad
Temperatura interior	18-24 °C (Data anualizada de clima)	24-26 °C (Indicador térmico de 8-13 °C)
Índice de Calidad Ambiental (ICA)	Índice de calidad ambiental: largo tiempo superior a 70	70-75 (Indicador térmico de confort)
Acústica de ocupación	NIJG 67 (subsección 6.1.1.1) y valor de 35 dB	Conformante
Acústica de ocupación	NIJG 67 (subsección 6.1.1.1) y valor de 35 dB	Conformante
Índice de Inconfort	Aja en estructuras metálicas expuestas	Muy Baja, Baja de más con clasificación B
Indicador de calidad	Aja-módulo	Aja a máxima 30-40 dB
Indicador de construcción	Aja (para vivienda)	Aja manteniendo 30-40 dB más rápido
Contribución a la luz solar	Aja en estructura metálica	Aja por control térmico a menor emisión
Eficiencia energética	Baja-módulo	Aja menor uso de iluminación y ventilación forzada
Disponibilidad	Media según exposición	Aja, estabilidad térmica y no degradada

PAVIMENTACIÓN ACTUAL Y ESTRATEGIAS DE PAVIMENTACIÓN FUTURA

PAVEMENT CONDITIONS AND FUTURE PAVEMENT STRATEGIES

07

Autores:

Keyla Rivero Solano

Bruno Pedraza Soruco

La evaluación vial del Parque Industrial evidencia una red heterogénea con tramos sin tratamiento adecuado, afectados por tránsito pesado superior a 30 toneladas, deficiencias de drenaje y mantenimiento insuficiente. Estas condiciones aceleran el deterioro estructural y la pérdida de capacidad portante, impactando directamente la operatividad industrial. La ausencia de jerarquización funcional y gestión integral del pavimento incrementa costos de reparación y reduce la vida útil de la infraestructura vial.

El modelo propone una intervención diferenciada según nivel de carga y flujo: concreto H35–H40 en ejes de alto tonelaje, pavimentos permeables en áreas secundarias y mejoras convencionales en vías de bajo tránsito. Mediante el Gemelo Digital se simula la reducción de fallas estructurales, mejora de capacidad de carga y optimización del drenaje. Esta estrategia incrementa la durabilidad, reduce costos de mantenimiento y fortalece la resiliencia del parque frente a exigencias operativas y climáticas.

The road assessment of the Industrial Park reveals a heterogeneous network with sections lacking adequate treatment, severely affected by vehicles carrying loads above 30 tonnes, drainage deficiencies, and insufficient maintenance. These conditions accelerate structural deterioration and the loss of bearing capacity, directly impacting industrial operability. The absence of a functional hierarchy and comprehensive pavement management increases repair costs and reduces the useful life of the road infrastructure.

The model proposes a differentiated intervention according to load and flow levels: the implementation of H35–H40 concrete on high-tonnage axes, permeable pavements in secondary areas, and conventional improvements on low-traffic roads. Through the Digital Twin, a reduction in structural failures, an improvement in bearing capacity, and the optimization of drainage are simulated. This strategy increases durability, reduces maintenance costs, and strengthens the park's resilience against demanding operational and climatic conditions.

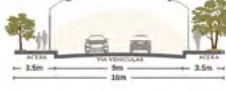
PLANIFICACIÓN URBANA

ANÁLISIS PARQUE INDUSTRIAL



En el Parque Industrial de Santa Cruz de la Sierra la mayoría de las vías no tienen nombre ni una categorización oficial porque el área fue planificada principalmente con un enfoque funcional y productivo, más que urbano. Su trazado responde a la lógica de uso industrial y logístico, priorizando el acceso a galpones, depósitos y fábricas antes que la denominación o jerarquía vial establecida para zonas residenciales o comerciales. Además, muchas vías se abrieron progresivamente sin un plan maestro actualizado, lo que genera una red vial en constante modificación, donde las categorías (truncal, colectora o local) se definen más por el ancho y el tipo de tránsito que soportan que por una clasificación formal del municipio.

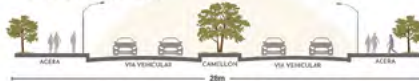
VÍA SECUNDARIA



VÍA Terciaria

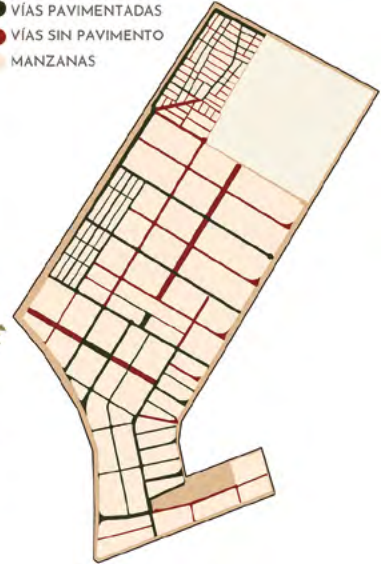


VÍA PRIMARIA - STO ANILLO



ANÁLISIS DE VÍAS

- VÍAS PAVIMENTADAS
- VÍAS SIN PAVIMENTO
- MANZANAS



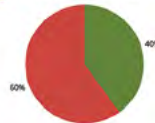
PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS

VÍAS DE ESTADO CRÍTICO DEL PIRDG

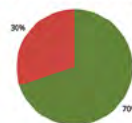


- Desgaste prematuro del asfalto por tráfico pesado (camiones > 30 ton).
- Deficiente drenaje pluvial, lo que genera baches y erosión en bordes.
- Falta de mantenimiento periódico y ausencia de gestión integral del pavimento.
- Carencia de señalización horizontal y vertical actualizada.
- Altos niveles de polvo y material particulado en calles de tierra → afecta salud y maquinaria industrial.

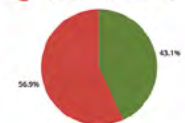
- VÍAS EN BUEN ESTADO
- VÍAS EN MAL ESTADO



- CON PROBLEMA DE DRENAJE
- SIN PROBLEMA DE DRENAJE



- VÍAS PAVIMENTADAS
- VÍAS SIN PAVIMENTO



IMÁGENES DE LA ZONA



L2 PLANIFICACIÓN URBANA

REFERENTE INTERNACIONAL

JURONG INNOVATION DISTRICT - SINGAPUR



Nombre: Jurong Innovation District (JID)
Ubicación: Jurong West, Singapur
Superficie: +600 hectáreas
Inicio de desarrollo: 2016 (en expansión continua)
Entidad gestora: JTC Corporation (agencia estatal de planificación industrial)
Modelo de gestión: Pública con alianzas privadas (PPP - Public Private Partnership)
Objetivo principal: Crear un distrito industrial y tecnológico con infraestructura sostenible y digitalizada.
Usuarios principales: Empresas de manufactura avanzada, universidades y centros de investigación.

ESTRATEGIAS DE PAVIMENTACIÓN

- Pavimentos rígidos de hormigón reforzado en vías principales (soporte de tránsito pesado).
- Asfalto polimérico en calles secundarias, flexible y de fácil mantenimiento.
- Pavimentos permeables y adoquines ecológicos en ciclovías y zonas peatonales.
- Drenaje pluvial subterráneo con sistemas de control y mantenimiento automatizado.
- Sensores IoT y monitoreo con IA para detectar grietas, humedad y deformaciones.
- Uso de materiales reciclados (RAP) y prácticas de mantenimiento predictivo.
- Enfoque integral: combinar eficiencia estructural + sostenibilidad + gestión inteligente.



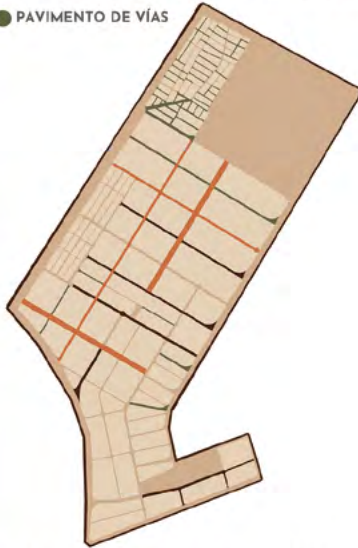
ESTRATEGIAS DE PAVIMENTACIONES APLICABLES AL PIRDG – PAVIMENTACIÓN ACTUAL Y FUTURA

Aspecto	Referente Internacional	Aplicación posible en PIRDG
Tipo de pavimento	Asfalto modificado y concreto en zonas de carga	Sustituir asfalto convencional por concreto rígido en ejes principales
Tecnología aplicada	Sensores IoT y mezcla reciclada	Monitoreo con GIS municipal + mezcla con RAP local
Sostenibilidad	Pavimentos permeables + gestión de aguas	Integrar drenaje superficial con cunetas vegetadas
Financiamiento	Bonos verdes y APP	Convenios con CAINCO y Gobernación para mantenimiento conjunto
Gestión	Agencia especializada (JTC)	Creación de una Unidad de Mantenimiento Vial del PIRDG

L3 PLANIFICACIÓN URBANA

PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN

- PAVIMENTO DE CONCRETO EN VÍAS DE ALTO TRAFICO
- IMPLEMENTACIÓN DE PAVIMENTO PERMEABLE
- PAVIMENTO DE VÍAS
- PAVIMENTO DE VÍAS



● CONCRETO EN VÍAS DE ALTO TONELAJE



● IMPLEMENTACIÓN DE PAVIMENTO PERMEABLE



● DETALLE PAVIMENTO PERMEABLE



● LINEAMIENTOS DE ACCIÓN

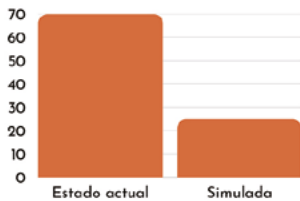
Estrategia	Lineamiento de acción	Resultado esperado
Refuerzo de pavimento de concreto	Aplicar concreto H35-H40 en vías principales y de carga pesada.	Mayor durabilidad y menor mantenimiento.
Pavimento permeable	Usar adoquines drenantes en zonas peatonales y estacionamientos.	Mejor drenaje y reducción de inundaciones.
Pavimento Convencional	En vías con Poco flujo implementar el pavimento convencional	Conectividad en vías no asfaltadas

L4 PLANIFICACIÓN URBANA

SIMULACIÓN DEL IMPACTO DE LA PROPUESTA

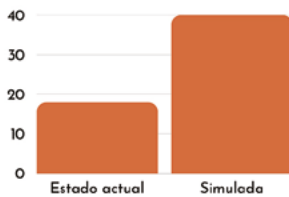


REDUCCIÓN DE FALLAS VIALES



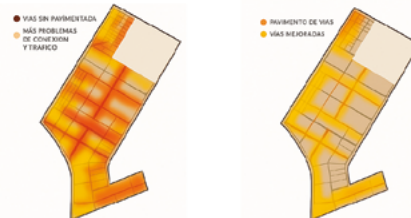
*Resultado de vías luego de implementar la simulación

CAPACIDAD DE CARGA VIAL



*Toneladas promedio soportadas sin daño

MAPA DE CALOR EN VÍAS CRÍTICAS



JUSTIFICACIÓN

La presente simulación, desarrollada mediante el gemelo digital del PIRDG, permite evaluar de forma predictiva el comportamiento del sistema vial frente a la propuesta de mejoramiento planteada en las Láminas 1, 2 y 3. A partir del diagnóstico inicial, donde se identificaron altas tasas de deterioro por tráfico pesado, deficiencias en el drenaje pluvial y una baja capacidad estructural del pavimento, se modelaron tres escenarios: situación actual, implementación parcial y propuesta integral.

El modelo incorpora la clasificación de vías según jerarquía funcional, integrando materiales diferenciados: concreto rígido H35-H40 en ejes de alto tonelaje, losetas prefabricadas en vías secundarias internas y pavimento rígido en vías de menos flujo. Estas estrategias fueron contrastadas con el referente internacional Jurong Innovation District de Singapur, que destaca por su infraestructura inteligente y resiliente.

El gemelo digital permitió simular variables clave como: capacidad de carga, escorrentía superficial, tiempos de desplazamiento y fallas esperadas. Los resultados muestran una reducción del 70% al 25% en fallas estructurales, una mejora del 55% en el drenaje y un incremento en la vida útil del pavimento de 8 a 18 años en vías primarias.

La simulación evidencia que la propuesta no solo mejora la operatividad del parque industrial, sino que optimiza costos de mantenimiento a largo plazo y reduce impactos ambientales asociados al polvo, erosión y material particulado. Con ello, se plantea una transición hacia un distrito industrial más eficiente, resiliente y sostenible, alineado con las tendencias internacionales de infraestructura inteligente.

MATRIZ ENERGÉTICA Y TRANSICIÓN RENOVABLE

ENERGY MIX AND RENEWABLE TRANSITION

08

Autores:

Sofía Cavero Wintruff
Guadalupe Rosales Gay

El proyecto realiza un diagnóstico energético del Parque Industrial que evidencia una fuerte dependencia del gas natural para generación eléctrica y procesos térmicos. Esta condición expone al parque a riesgos estructurales vinculados al agotamiento de reservas, incremento de costos y vulnerabilidad de suministro. Además, se analizan los niveles de consumo según tipología empresarial, clasificándolas de acuerdo con su principal fuente de suministro energético.

Se propone una red de simbiosis donde residuos, aguas y excedentes circulan entre empresas para optimizar recursos. Así, el Parque evolucionaría hacia un sistema híbrido con generación fotovoltaica distribuida, biodigestores y reaprovechamiento de residuos. El Gemelo Digital permitió cuantificar el área de cubiertas aptas para paneles solares y estimar el potencial de autogeneración energética, además de facilitar la planificación de nodos estratégicos y la ubicación óptima de biodigestores. Esta transición diversifica la matriz y fortalece la resiliencia operativa y competitividad industrial a largo plazo.

The project conducts an energy diagnosis of the Industrial Park, evidencing a strong dependence on natural gas for power generation and thermal processes. This condition exposes the park to structural risks linked to the depletion of reserves, increased costs, and supply vulnerability. Furthermore, consumption levels are analyzed according to company typology, classifying them based on their primary source of energy supply.

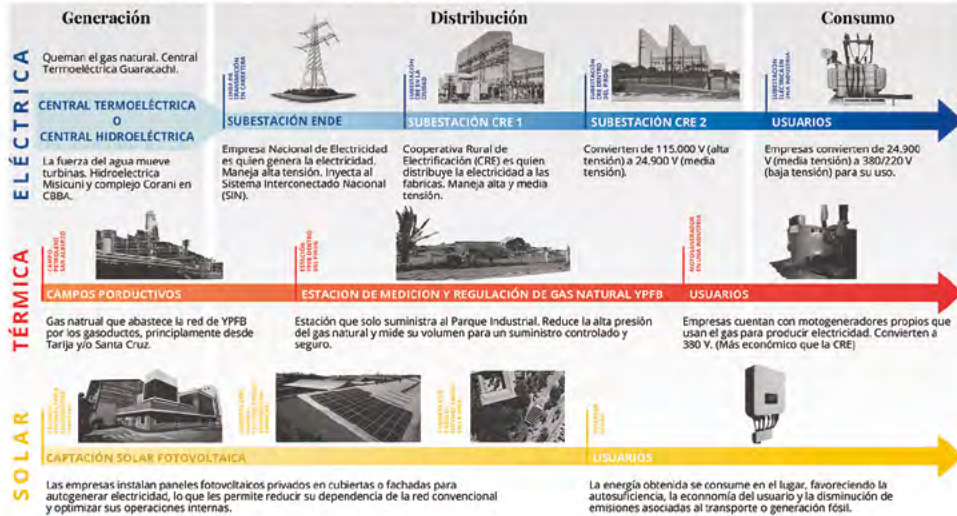
A symbiosis network is proposed wherein waste, water, and energy surpluses circulate among companies to optimize resources. Thus, the Park would evolve toward a hybrid system featuring distributed photovoltaic generation, biodigesters, and waste recovery. The Digital Twin made it possible to quantify the roof area suitable for solar panels and estimate the potential for energy self-generation, in addition to facilitating the planning of strategic nodes and the optimal location of biodigesters. This transition diversifies the energy matrix and strengthens long-term operational resilience and industrial competitiveness.

Diagnóstico del PIRDG - Santa Cruz de la Sierra

DIAGNÓSTICO DEL PIRDG
PLANIFICACIÓN URBANA
FADU - UPSA

Matriz Energética Actual

El Parque Industrial Ramón Darío Gutiérrez funciona principalmente con energía eléctrica proveniente del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y gas natural distribuido por redes industriales de YPFB. En menor escala, algunas industrias en particular usan paneles de energía solar.



Impactos y Problemáticas Actuales

El PIRDG depende de un sistema energético frágil, basado en un gas que se está agotando.

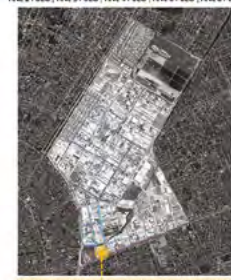
Bolivia enfrenta una disminución sostenida de sus reservas de gas y petróleo, debido a la falta de nuevas exploraciones y al agotamiento de los campos tradicionales. La producción, que ronda los 30 millones m³/día en 2023, caerá en los próximos años mientras la demanda interna alcanzará cerca de 20 millones m³/día para 2030, generando un déficit estimado de 12 millones m³/día que obligará al país a importar gas para cubrir su consumo eléctrico e industrial.

Esta escasez provocará costos energéticos cada vez más altos, afectando directamente al funcionamiento del Parque Industrial Ramón Darío Gutiérrez, cuya actividad depende casi por completo del gas natural para generar electricidad y calor en los procesos productivos. Sin abastecimiento, las industrias enfrentarán paralizaciones y pérdida de competitividad. Es importante estudiar la sustitución de la actual matriz energética por fuentes de energías limpias.

Red de Gas en el PIRDG

En el Parque Industrial están registradas una red de gas de 146 conexiones y ductos por la YPFB hasta el 2022.

Fuente: Dirección de Industria y Comercio - GAD (2010 - 2022)



Estación de Medición y Regulación de Gas Natural YPFB

Sistema de Distribución de Energía Eléctrica

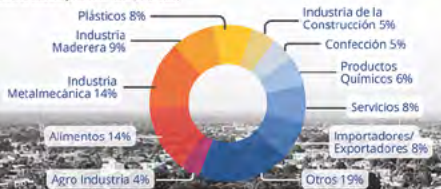
El Parque Industrial cuenta actualmente con 2 subestaciones eléctricas de propiedad de la CRE.



Subestación Subestación Villa de Luján

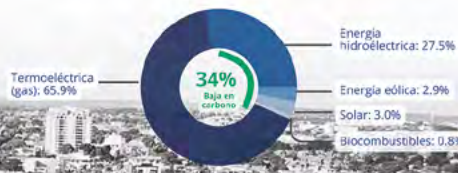
Tipos de Empresas que Integran el PIRDG y su Consumo Energético

Fuente: Disposición de empresas por sector. Dirección de Industria y Comercio - GAD (2010 - 2022)



Electricidad en Bolivia en 2024/2025

Fuente: Low Carbon Power (2025)



Alta dependencia de combustibles fósiles. Se debe continuar desarrollando energía baja en carbono para equilibrar la energía y mitigar el cambio climático.

Análisis Integral del Parque Industrial Kalundborg Symbiosis

**Economía Circular
+ Colaboración Industrial**

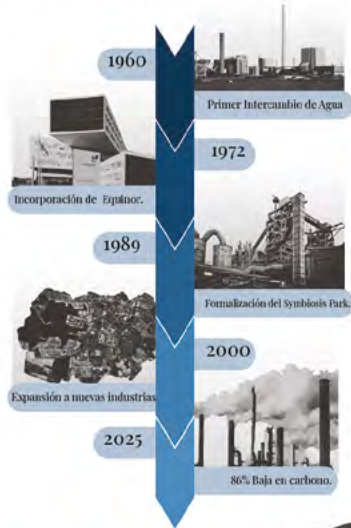
El residuo de una empresa se convierte en recurso para otra, reduciendo el uso de materias primas y energía. Un modelo colaborativo que cierra ciclos productivos y favorece la sostenibilidad.

Estructura del Modelo



El sistema simbiótico de Kalundborg gira en torno a la **planta eléctrica Asnaes**, que provee **energía, vapor y subproductos térmicos** a diversas industrias locales. Estas reutilizan los flujos como insumos, mientras la **refinería Equinor** devuelve **gas residual y subproductos químicos**. La planta de biomasa y la piscicultura aportan **residuos orgánicos** a las granjas, y el municipio **recicla agua tratada** hacia Asnaes. En conjunto, conforman una **red circular** que optimiza recursos, reduce emisiones y fortalece la sostenibilidad industrial.

Evolución del modelo simbiótico de Kalundborg

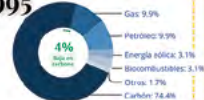


La evolución del sistema simbiótico de Kalundborg inicia en 1960 con el primer intercambio de agua, incorporando en 1972 la refinería Equinor, formalizándose en 1989 como Kalundborg Symbiosis Park, y ampliándose en 2000 y 2020 con nuevos flujos industriales. Desde 1978, el complejo reduce sus emisiones de carbono de 0% a 4% en 1995, alcanzando un 86% en 2025, consolidándose como un modelo de eficiencia y sostenibilidad industrial.

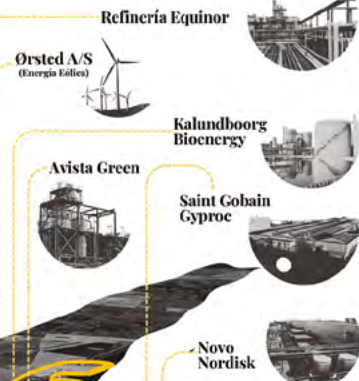
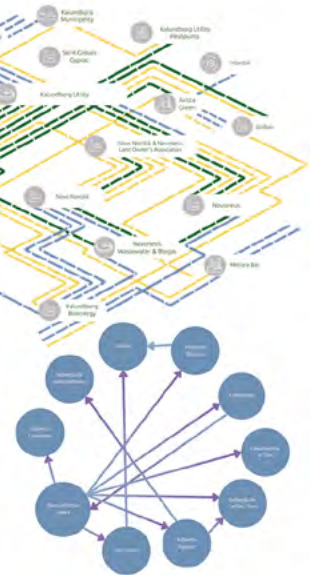
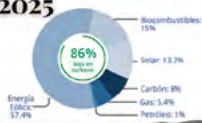
1978



1995



2025



REFERENTE INTERNACIONAL
PLANIFICACIÓN URBANA
FADU - UPSA

Propuesta de Proyecto de Gemelo Digital PIRDG

Objetivos Estratégicos

Propuesta de Transición Energética Sostenible para el Parque Industrial Ramón Darío Gutiérrez

ENERGÍA LIMPIA

Implementar un parque fotovoltaico y paneles solares en techos industriales para impulsar una matriz energética basada en fuentes renovables como la biomasa, el biogás y la energía solar.

NEUTRALIDAD AMBIENTAL

Avanzar hacia un modelo de cero residuo y cero emisión neta mediante la integración de biodigestores en lagunas anaeróbicas y la valorización de subproductos industriales.

AUTOGENERACIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Fomentar la autogeneración eléctrica dentro del parque y optimizar el consumo energético a través de sistemas inteligentes compartidos que reduzcan costos y aumenten la autonomía de cada industria.

REUTILIZACIÓN TOTAL DE LOS RECURSOS

Establecer una red colaborativa de simbiosis industrial donde los residuos, aguas y excedentes de una empresa se conviertan en materia prima para otra, promoviendo un ciclo productivo cerrado.

REDUCIR LA DEPENDENCIA DE COMBUSTIBLES FÓSILES

Disminuir el uso de combustibles fósiles en los procesos productivos del parque industrial, sustituyéndolos por sistemas de generación limpia y tecnologías más eficientes.

Bolivia enfrenta una disminución sostenida de sus reservas de gas y petróleo debido al agotamiento de los campos tradicionales y la falta de nuevas exploraciones, proyectando un déficit energético cercano a los 12 millones m³/año para 2030. Ante este escenario, la propuesta del Gemelo Digital del PIRDG se consolida como una alternativa estratégica de transición hacia energías limpias, integrando sistemas fotovoltaicos y biodigestores para generar electricidad y biogás a partir de fuentes renovables y residuos industriales, fortaleciendo la autonomía energética, reduciendo emisiones y promoviendo un modelo industrial sostenible y replicable.

Paneles Fotovoltaicos en Techos Industriales



La instalación privada de paneles solares en las cubiertas industriales del área amarilla del gemelo digital convierte

2.700.000 m² de superficies disponibles en un sistema fotovoltaico para autogeneración (cada industria produce energía para su propio consumo).

Esta acción aliviaría la carga sobre la red principal ENDE/CRE y fortalecería la independencia energética del parque.

- Superficie disponible (100%): 2.700.000 m²
- Capacidad estimada: 18 MWp por 7 m² = 385,7 MWp por 2.700.000 m²
- Energía generada: ~700 GWh/año
- Equivalente a: ~100.000 hogares o energía eléctrica consumida por 140.000 hogares

- Paneles Solares**
70.000,00 m²
- Baterías (107 MWh)**
16.050,00 m²
- Inversores / EMS**
4.000 m²
- Salas Técnicas**
5.000 m²

Parque Fotovoltaico

Este nodo energético sostenible de 7 hectáreas distribuye energía solar a viviendas, alumbrado público y áreas industriales, con autonomía de hasta cuatro días, ofreciendo una infraestructura resiliente y autosuficiente que promueve eficiencia energética y garantiza una huella de carbono del 0%.

PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN PLANIFICACIÓN URBANA FADU - UPSA

Red de Sistema Colaborativo de Biogás

Se plantea una red de sistema colaborativo, (simbiosis industrial) siendo el biogás como principal componente energético.

INYECCIÓN

Las empresas inyectan materia prima (aguas servidas, residuos agropecuarios, orgánicos industriales, madera y papel) en puntos de acopio para esto ser procesado en un biodigestor común y una central de biomasa.

1. SAGUAPAC

2. ANICOLA

3. CELULTRIT

4. INESTE

5. BASTE

6. BASTE

7. BASTE

8. BASTE

9. BASTE

10. BASTE

11. BASTE

12. BASTE

13. BASTE

14. BASTE

15. BASTE

16. BASTE

17. BASTE

18. BASTE

19. BASTE

20. BASTE

21. BASTE

22. BASTE

23. BASTE

24. BASTE

25. BASTE

26. BASTE

27. BASTE

28. BASTE

29. BASTE

30. BASTE

31. BASTE

32. BASTE

33. BASTE

34. BASTE

35. BASTE

36. BASTE

37. BASTE

38. BASTE

39. BASTE

40. BASTE

41. BASTE

42. BASTE

43. BASTE

44. BASTE

45. BASTE

46. BASTE

47. BASTE

48. BASTE

49. BASTE

50. BASTE

51. BASTE

52. BASTE

53. BASTE

54. BASTE

55. BASTE

56. BASTE

57. BASTE

58. BASTE

59. BASTE

60. BASTE

61. BASTE

62. BASTE

63. BASTE

64. BASTE

65. BASTE

66. BASTE

67. BASTE

68. BASTE

69. BASTE

70. BASTE

71. BASTE

72. BASTE

73. BASTE

74. BASTE

75. BASTE

76. BASTE

77. BASTE

78. BASTE

79. BASTE

80. BASTE

81. BASTE

82. BASTE

83. BASTE

84. BASTE

85. BASTE

RETIROS

Los residuos y desechos vuelven al parque como biogás y biomasa se distribuyen a las mismas empresas que lo proveen o a otras industrias del PIRDG que lo requieran.

El producto final de los biodigestores consiste en gas metano, gas combustible de múltiples aplicaciones como ser calderos, hornos de secado de granos, etc.

El producto final de la biomasa es utilizado como materia sólida combustible, con aplicaciones en hornos de cerámica, hornos de secado de granos, etc.

Producción de Biogás

La producción de biogás mediante biodigestores tendrá dos fuentes de suministro de materia prima: Conviértendose en una fuente alternativa de energía en sustitución a la provisión de gas natural y/o GLP de YPFB

El cubrimiento de las lagunas de oxidación de Saguapac y residuos orgánicos industriales del PIRDG



BIODIGESTOR TIPO LAGUNA

Lagunas profundas impermeabilizadas y recubiertas de forma hermética con geomembrana de diferentes plásticos.

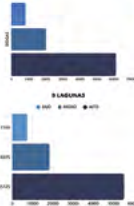
PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN
PLANIFICACIÓN URBANA
FADU - UPSA

Demanda estimada de electricidad y gas por sector industrial en el PIRG. Esta clasificación permite identificar qué industrias deben priorizar la instalación de energías renovables y proyectos de biogás para avanzar hacia una matriz energética más sostenible.

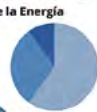


Category	Nº
100	10
200	15
300	18

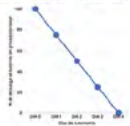
- Área por laguna = 50.000 m²
- Cargas orgánicas (BOO) por m²-día
 - Bajo: 20 g BOO/m²-día
 - Medio: 50 g BOO/m²-día
 - Alto: 150 g BOO/m²-día
- 1 laguna
 - Biogas = 817 m³/día
 - Biogas = 2.042 m³/día
 - Biogas = 6.125 m³/día
- 9 lagunas
 - Bajo: 7.350 m³/día → 2.682.750 kWh/año (= 16.096.500 kWh/año)
 - Medio: 18.375 m³/día → 6.736.875 kWh/año (= 40.241.250 kWh/año)
 - Alto: 55.125 m³/día → 20.500.625 kWh/año (= 120.723.750 kWh/año)



- Alquilados
- Público
- Viviendas
- Industrias



Capacidad de reserva de las baterías
Indica que el nodo tiene 4 días de autonomía operativa sin recibir carga solar.

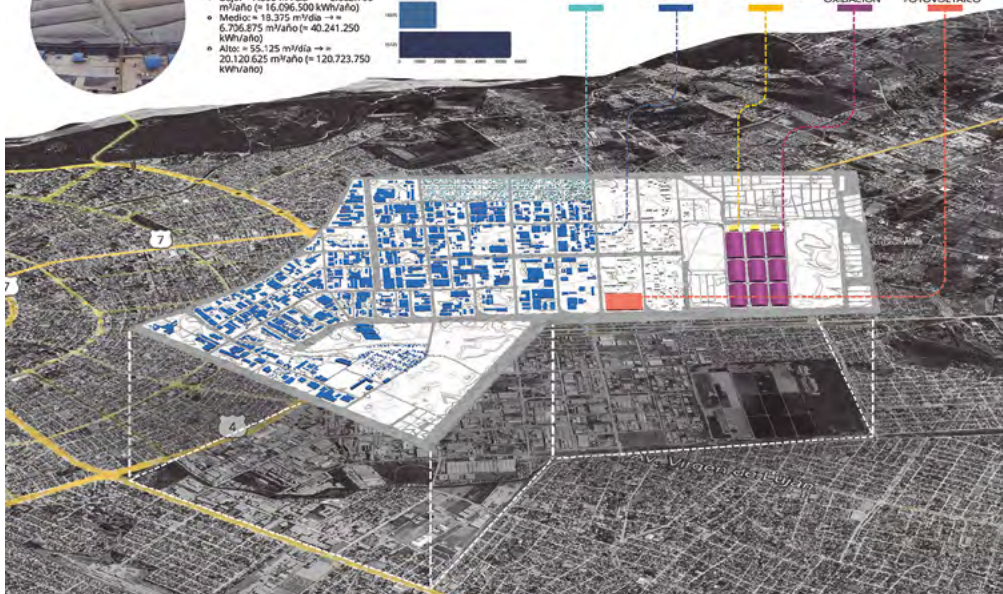


El nodo maximiza la captación solar con una cubierta fotovoltaica al 100% sobre 7 hectáreas. Su diseño aplica la orientación correcta y una estructura que evita que los paneles se hagan sombra entre sí. Esto garantiza una exposición óptima e ininterrumpida a la luz solar durante todo el día.

La propuesta contempla la utilización del 70% (1.850.000 m²) de la superficie disponible (2.700.000 m² área de superficie bruta de masas en modelo digital), considerando áreas de mantenimiento, sombras, equipos técnicos y limitaciones estructurales. La energía generada equivaldría a la producción de una central termoelectrónica de tamaño medio y al consumo eléctrico de más de 100.000 hogares.

- Superficie total: 2.700.000 m²
- Superficie utilizada (70 %): 1.890.000 m²
- Capacidad instalada: = 270 MWp
- Producción estimada: = 600 GWh/año
- Equivalencia: = 110.000 hogares
- Reducción estimada: = 240.000 t de CO₂ al año

600 GWh/año Equivalente a una central termoelectrica de 70 MW y a un ahorro cercano a 1,5 millones de m³ de gas natural por día.



CAPA MOVILIDAD Y ESTRUCTURA METROPOLITANA

MOBILITY AND METROPOLITAN
STRUCTURE LAYER

TRANSPORTE PÚBLICO Y MOVILIDAD FUTURA

PUBLIC TRANSPORTATION AND FUTURE MOBILITY

09

Autores:

Camila Cuéllar Franco
Rebeca Entrambasaguas Paz
Sebastián Fernández Barbery

El diagnóstico de transporte muestra una cobertura fragmentada y periférica en el polígono industrial, generando dependencia del transporte informal y conflictos con el tránsito pesado. A través de la implementación de un Gemelo Digital, se analizaron mapas de calor de accesibilidad peatonal, frecuencias de servicio e intensidad de flujos viales. Este modelo permitió cuantificar tiempos de desplazamiento y evaluar vulnerabilidades espaciales, identificando la ineficiencia estructural del sistema actual.

La intervención formula una red multimodal estructurada sobre la “Línea Industrial Express”, garantizando paradas formales cada 300 a 400 metros. El diseño articula corredores perimetrales con separación técnica de pavimentos entre carga pesada y pasajeros, integrando nodos intermodales y ciclovías internas. Como resultado, esta directriz optimiza la fluidez logística y peatonal, redefiniendo al Parque como un ecosistema productivo eficiente, seguro y orientado a la movilidad sostenible.

The transportation diagnosis reveals a fragmented and peripheral coverage within the industrial polygon, generating a reliance on informal transportation and conflicts with heavy traffic. Through the implementation of a Digital Twin, pedestrian accessibility heat maps, service frequencies, and traffic flow intensities were analyzed. This model enabled the quantification of commuting times and the assessment of spatial vulnerabilities, identifying the structural inefficiency of the current system.

The intervention formulates a multimodal network structured around the “Industrial Express Line,” guaranteeing formal stops every 300 to 400 meters. The design articulates perimeter corridors featuring a technical pavement separation between heavy cargo and passengers, integrating intermodal nodes and internal bike lanes. As a result, this urban strategy optimizes both logistical and pedestrian fluidity, redefining the Park as an efficient, safe productive ecosystem oriented toward sustainable mobility.

L1 DIAGNÓSTICO DEL TRANSPORTE PÚBLICO EXISTENTE DENTRO DEL PIRDG

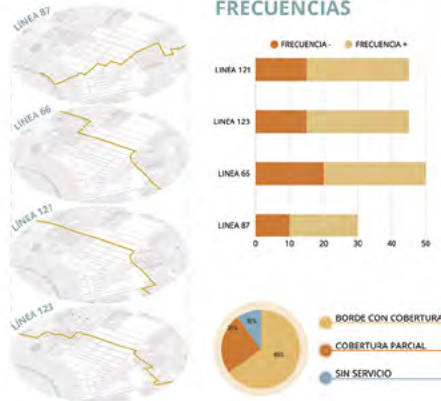
INTRODUCCIÓN

El "Plan Maestro de Transporte del Área Metropolitana de Santa Cruz" (2017) es una propuesta integral para mejorar la movilidad urbana considerando crecimiento, uso del suelo, transporte público y aspectos ambientales. Basado en estudios, encuestas y análisis de tráfico, plantea una visión urbana con objetivos claros: mejorar accesibilidad, integrar redes viales, promover transporte no motorizado y asegurar fluidez y sostenibilidad. Incluye medidas para drenaje, zonificación urbana, infraestructura vial y sistemas de transporte público proyectado como BRT y tren. El plan también evalúa impactos ambientales, alternativas y establece un plan de acción con fases, costos y responsabilidades institucionales.

ANÁLISIS

En el estado actual, el Parque Industrial Regional de Desarrollo Guayaes (PIRDG) presenta una conectividad parcial y fragmentada: si bien existen rutas de micros que ingresan o bordean el polígono, principalmente las líneas 34, 79, 80, 82 y 107 su cobertura no es continua en todo el interior y el servicio opera con frecuencias irregulares. La mayor accesibilidad se concentra en los bordes sur y este (Radial 171, Av. Virgen de Luján y el Octavo Anillo), donde los micros y trufis permiten el acceso desde nodos urbanos; sin embargo, los trabajadores que laboran en parcelas más internas deben caminar tramos largos o depender de mototaxis y trufis informales para el último tramo.

COBERTURA DE TRANSPORTE FRECUECIAS



PROBLEMÁTICAS

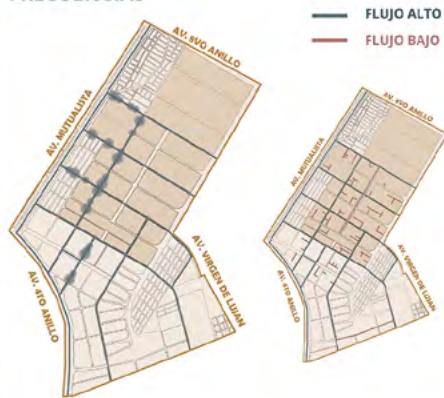
La estructura actual del parque industrial genera vulnerabilidades operativas: paradas en la vía sin refugio ni señalización, congestión puntual por mezcla de transporte público y camiones de carga, y limitaciones para que micros grandes penetren en calles no pavimentadas.



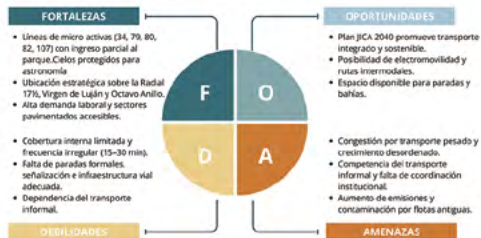
UBICACIÓN



MAPA DE INTENSIDAD FRECUENCIAS



ANÁLISIS FODA



PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN



L2 REFERENTE INTERNACIONAL

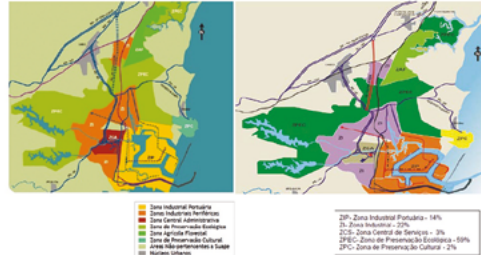
Complejo Industrial Portuario de Suape

UBICACIÓN



El Complejo Industrial Portuario de Suape está ubicado en Brasil, en el estado de Pernambuco, en los municipios de Ipojuca y Cabo de Santo Agostinho, a unos 40 km al sur de la ciudad de Recife. El complejo funciona como un ecosistema económico integrado, donde infraestructura portuaria, industria, logística y energía, ocupa más de 13.000 hectáreas organizadas por zonas de uso especializado.

ESTRATEGIAS IMPLEMENTADAS PARA SU CONSOLIDACIÓN Y CRECIMIENTO



USO DE SUELO

El Complejo cuenta con un uso de suelo bastante variado, aproximadamente el 59 % del territorio está destinado a la Zona de Preservación Ecológica (ZPEC); el 22-23% corresponde a áreas industriales propiamente dichas y un 14% a la zona industrial-portuaria integrada, completando el resto con áreas administrativas y de servicios.



El transporte público dentro del Complejo Industrial Portuario de Suape funciona como un sistema mixto que articula el acceso metropolitano con la movilidad interna del parque. Suape está conectado con Recife y los municipios cercanos a través del Grande Recife Consórcio de Transporte Metropolitano, cuyas líneas regulares llegan directamente a los accesos principales del complejo, especialmente las rutas Recife-Suape y Cabo-Suape, que operan con mayor frecuencia en horas pico. Paralelamente, las empresas instaladas utilizan buses fretados privados para el traslado diario de trabajadores desde diferentes zonas urbanas, coordinados con la administración del parque para evitar congestión. Además, el complejo está vinculado a las autopistas PE-60 y BR-101, lo que facilita la conexión logística y vehicular. En su interior, las vías jerarquizadas y los corredores exclusivos separan el flujo de carga del de pasajeros, garantizando seguridad operativa, eficiencia laboral y sostenibilidad ambiental. Este modelo demuestra cómo la planificación integrada del transporte puede fortalecer la competitividad industrial sin comprometer el equilibrio ecológico.

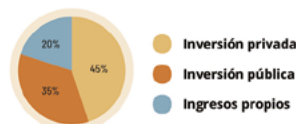
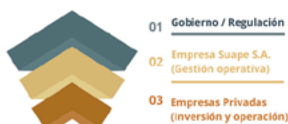


MECANISMO DE FINANCIAMIENTO

- Inversión privada**
Mediante concesiones y contratos de arrendamiento a largo plazo.
- Inversión pública**
Inversión pública inicial del Gobierno de Pernambuco y fondos federales del BNDES
- Ingresos propios**
tarifas portuarias, alquiler de lotes industriales, servicios logísticos y energía.

MODELO DE GOBERNANZA

El Complejo Industrial Portuario de Suape opera bajo un modelo **público-privado**, gestionado por la empresa estatal **Suape S.A.**, vinculada al Gobierno de Pernambuco. Esta entidad coordina la planificación, licenciamiento ambiental y promoción de inversiones, mientras el sector **privado** ejecuta la operación industrial y portuaria. La estructura de gobernanza equilibra la dirección pública con la eficiencia privada, garantizando estabilidad, control ambiental y crecimiento sostenible.



L3 PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN

La propuesta de planificación para el Parque Industrial Regional de Desarrollo Guayaos (PIRDG) surge como respuesta a las limitaciones identificadas en el diagnóstico del sistema de transporte público actual, caracterizado por una cobertura parcial, congestión perimetral y ausencia de conectividad interna eficiente. Tomando como referente el Complejo Industrial Portuario de Suape (Brasil), se plantea una estrategia de movilidad basada en la integración multimodal, sostenibilidad y gestión digital, aplicando el enfoque del gemelo digital como herramienta de simulación y planificación territorial.

PERÍMETRO



DIAGNÓSTICO Y PROBLEMÁTICAS



OBJETIVO GENERAL

Mejorar el flujo perimetral e interno del Parque Industrial de Santa Cruz de la Sierra mediante una red de transporte público eficiente, multimodal y sostenible, inspirada en el modelo de Suape (Brasil).

PROPUESTAS

• Sistema de transporte interno - "Línea Industrial Express"



La red de transporte interna propone una parada cada cinco cuadras o de 10 a 15 minutos a pie, buscando una mayor accesibilidad peatonal y una cobertura completa dentro del PIRDG.

• Corredores perimetrales de alta capacidad



Diseñar vías exclusivas diferenciadas: una para transporte de carga pesada y otra para transporte de personal. La separación de flujos logísticos y de pasajeros evita congestión y accidentes.

• Movilidad sostenible y activa



Incorporar ciclovías internas, estaciones de bicicletas compartidas y transporte eléctrico ligero para distancias cortas. Mejora la calidad ambiental, fomenta hábitos saludables y fortalece la imagen sostenible del PIRDG.

• NODOS INTERMODALES Y ESTACIÓN MULTIMODAL



Nodos estratégicos de conexión y transferencia modal entre transporte público, carga y tren metropolitano.

• SISTEMA DE PARADAS FORMALES DE TRANSPORTE PÚBLICO



Implementar paradas modulares cubiertas, con techos metálicos o de policarbonato y mobiliario urbano resistente (banacas, papeleras, señalética). Ubicar las paradas cada 300 a 400 metros a lo largo de la Línea Industrial Express y sobre las vías perimetrales.



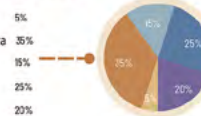
Según la intensidad de flujo dentro del parque industrial se propone Reestructurar la red vial interna y perimetral del PIRDG para garantizar la circulación fluida de transporte público, carga y peatones. Pavimentar las calles internas principales con pavimento rígido (hormigón) y las secundarias con pavimento flexible (asfalto).

Jerarquizar la red vial en tres niveles:

- **Primarias:** conexión con vías metropolitanas.
- **Secundarias:** distribución interna y transporte público.
- **Terciarias:** acceso peatonal, bicicletas y servicio.

MODELO FINANCIERO

- Ingresos Operativos
- Municipio de Santa Cruz de la Sierra
- JICA / BID / CAF
- Empresas del PIRDG
- Cooperativas de Transporte



L4 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

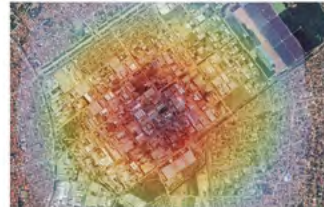
DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

La intervención propuesta para el Parque Industrial Regional de Desarrollo Guayaquil (PIRDG) nace de la urgente necesidad de revertir un escenario actual caracterizado por una conectividad parcial y fragmentada, donde la ineficiencia logística coexiste con la precarización del transporte para la fuerza laboral. El diagnóstico evidencia que, si bien los bordes del parque poseen accesibilidad, el interior sufre de una cobertura limitada que obliga a los trabajadores a realizar largas caminatas o depender de transporte informal inseguro.

Para subsanar esta desconexión estructural, la propuesta adopta un enfoque holístico inspirado en el éxito del Complejo Industrial Portuario de Suape (Brasil), replicando sus estrategias de gestión integrada y zonificación operativa. La columna vertebral del proyecto es la reestructuración y jerarquización vial. Se plantea una diferenciación técnica de pavimentos, destinando hormigón rígido para vías primarias de carga pesada y pavimento flexible para vías secundarias de distribución. Esta infraestructura permite implementar una estricta separación de flujos, eliminando los puntos de conflicto y siniestralidad entre la logística pesada y el transporte de personal, un problema crítico identificado en la situación actual.

Finalmente, la propuesta trasciende el transporte motorizado al integrar una red de ciclovías internas y movilidad activa, alineándose con las tendencias globales de sostenibilidad y reducción de huella de carbono. La viabilidad de esta transformación está respaldada por un Modelo Financiero de Responsabilidad Compartida, que distribuye la inversión de manera equitativa entre el Municipio (35%), el sector privado industrial (25%), las cooperativas de transporte (20%) y la cooperación internacional (15%). En conclusión, este plan no solo mejora la infraestructura física, sino que redefine el PIRDG como un ecosistema industrial competitivo, humano y eficiente.

ACCESIBILIDAD PEATONAL



LINEA INDUSTRIAL EXPRESS

En el ámbito del transporte público, la solución se materializa con la creación de la "Línea Industrial Express". Este sistema interno no se limita a cruzar el parque, sino que teje una red de cobertura total diseñada bajo el criterio de accesibilidad universal: garantizar una parada formal cada 300 a 400 metros, asegurando que ningún trabajador deba caminar más de 10 a 15 minutos desde su puesto laboral. Estas paradas dejarán de ser hitos precarios para convertirse en infraestructura modular cubierta y segura, dignificando la espera y protegiendo al usuario de las intemperias climáticas.



ANTES



DESPUES



CORTE DE CALZADA

PROPUESTA DE CICLOVÍAS



EQUIPAMIENTOS ESTRATÉGICOS Y DESARROLLO PRODUCTIVO

STRATEGIC FACILITIES AND PRODUCTIVE DEVELOPMENT

10

Autores:

María Fernanda Salvatierra Urquidí

Noelia Johana Vaca Barroso

Victoria Velarde Pellegrini

La propuesta integra tres infraestructuras estratégicas dentro del Parque: Centro Comercial Mayorista, Centro Empresarial y Centro de Innovación, concebidas como un sistema articulado que fortalece la dinámica económica interna del parque. El Centro Comercial permite la venta directa y distribución mayorista de productos fabricados en el parque, reduciendo intermediación y tiempos logísticos. El Centro Empresarial organiza la gestión administrativa y operativa, centralizando servicios y mejorando la coordinación interempresarial. El Centro de Innovación incorpora capacitación técnica, investigación aplicada y actualización tecnológica, vinculando academia y sector productivo.

El análisis de alcance evidencia una relación funcional complementaria entre los tres equipamientos. La mejora se distribuye en optimización administrativa, reducción de tiempos de abastecimiento, generación de nuevos contratos y actualización tecnológica continua. Esta estructura incrementaría la eficiencia interna, y consolidaría al espacio como un ecosistema industrial competitivo, tecnológicamente actualizado y con mayor capacidad de adaptación a las dinámicas del mercado.

The proposal integrates three strategic infrastructures within the Park: a Wholesale Commercial Center, a Business Center, and an Innovation Center, conceived as an articulated system that strengthens the internal economic dynamics of the park. The Commercial Center enables direct sales and wholesale distribution of products manufactured in the park, reducing intermediation and logistical times. The Business Center organizes administrative and operational management, centralizing services and improving intercompany coordination. The Innovation Center incorporates technical training, applied research, and technological modernization, linking academia with the productive sector.

The scope analysis demonstrates a complementary functional relationship among the three facilities. The improvement is distributed across administrative optimization, reduction of supply times, generation of new contracts, and continuous technological modernization. This structure would increase internal efficiency and consolidate the space as a competitive, technologically updated industrial ecosystem with a greater capacity to adapt to market dynamics.

PROPUESTA DE PROYECTO - DIAGNÓSTICO DEL PRDG 1

GEMELO DIGITAL PIRDG

MACRO-MICRO



ANÁLISIS DE UBICACION

El Parque Industrial de Santa Cruz es una de las principales zonas productivas del país. Está ubicado al noreste de la ciudad y concentra una gran variedad de empresas dedicadas a la manufactura, construcción, plásticos, alimentos y servicios logísticos. Su infraestructura facilita el desarrollo industrial gracias a su cercanía con vías principales, disponibilidad de servicios básicos y espacios planificados para el funcionamiento de plantas, almacenes y oficinas.

ANÁLISIS DE UBICACION

Comercios (ejemplos verificados)

- American Trading Company Srl.
- Farmacia Chávez
- Dismac / Showroom
- Imfar
- Makro parque
- Companex Bolivia S.A.
- MAPLECRUZ SRL
- Hipermaxi- Cambodromo
- Tortas Dolly
- Pollos El solar



DESCRIPCION

El Parque Industrial de Santa Cruz es una de las principales zonas productivas del país. Está ubicado al noreste de la ciudad y concentra una gran variedad de empresas dedicadas a la manufactura, construcción, plásticos, alimentos y servicios logísticos. Su infraestructura facilita el desarrollo industrial gracias a su cercanía con vías principales, disponibilidad de servicios básicos y espacios planificados para el funcionamiento de plantas, almacenes y oficinas.

FORTALEZAS

Ubicación estratégica, variedad de industrias, buena infraestructura básica y alta generación de empleo.

OPORTUNIDADES

Expansión hacia nuevas zonas, modernización tecnológica, fortalecimiento logístico y ambiental.

FODA

DEBILIDADES

Vías deterioradas, falta de áreas verdes, crecimiento desordenado y deficiencias en drenaje.

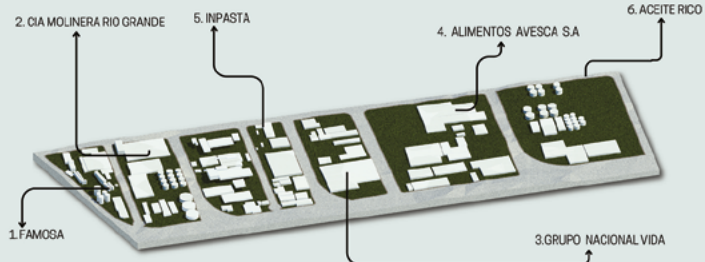
AMENAZAS

Competencia con otros parques, contaminación ambiental y congestión por transporte pesado.

ISOMETRICA DEL TERRENO

INDUSTRIAS

- 1.- FAMOSA
- 2.- CIA MOLINERA RIO GRANDE
- 3.- GRUPO NACIONAL VIDA
- 4.- ALIMENTOS AVESCA S.A
- 5.- INPASTAS
- 6.- ACEITE RICO



PROPUESTA DE PROYECTO - REFERENTE INTERNACIONAL

GEMELO DIGITAL PIRDG

ZONA FRANCA DE IQUIQUE (ZOFRI) - CHILE



MAPA ZONA FRANCA



CENTRO COMERCIAL:
MALL ZOFRI

IMPORTADORA Y EXPORTADORA:
PANKA/SHIRMA A ASIA

IMPORTADORA Y EXP. DE AUTOS:
WORLD TRADING AUTO PARTS

IMPORTADORA DE ROPA:
CASA DE ROPA LIDA

VISTA DE LA ZONA



COMERCIOS



En su área comercial, destacan rubros como la venta de productos electrónicos, automotrices, textiles, electrodomésticos, cosméticos y artículos para el hogar, concentrados principalmente en el Mall ZOFRI

DESCRIPCIÓN

La Zona Franca de Iquique (ZOFRI), ubicada en el norte de Chile, es uno de los parques industriales y comerciales más importantes de América Latina. Fue creada en 1975 con el objetivo de impulsar el desarrollo económico de la región de Tarapacá y fortalecer el comercio internacional del país. Gracias a su posición estratégica junto al Puerto de Iquique y su cercanía con países como Bolivia, Perú y Argentina, la ZOFRI se ha consolidado como un centro logístico clave para la importación, transformación y reexportación de bienes hacia distintos mercados del continente

LÍNEAS DE NEGOCIOS

Entre sus líneas de negocio se encuentran:

Servicio logístico



Servicio logístico: recepción de mercancías, gestión de documentación, transporte, inventarios y envíos.

Negocio comercial-inmobiliario



Negocio inmobiliario: venta o arrendamiento de terrenos industriales y espacio en el centro comercial. Esta línea de negocio representa el 75% de los ingresos.

IMPUESTOS Y GANANCIAS



La zona operan 1.650 empresas que comercializan bienes libres de aranceles e impuestos, con ventas anuales de US\$ 4.008 millones (2024). Los bienes se pueden almacenar, procesar, terminar o vender sin restricciones. El 50% de ese monto corresponde a exportaciones a Bolivia



ZOFRI tiene un régimen especial otorgado por el Estado chileno, que permite que las empresas que operan dentro del recinto:

- Importen productos sin pagar IVA ni aranceles aduaneros.
- Venden sin aplicar IVA dentro de la zona franca o hacia el extranjero.

6% de Aranceles
Aduaneros



19% de
Impuestos



OBJETIVO DE ZONA FRANCA: Desde el punto de vista aduanero, las mercancías que permanecen dentro del recinto de Zofri se consideran como si estuvieran en el extranjero

PROPUESTAS PARA EL PARQUE INDUSTRIAL

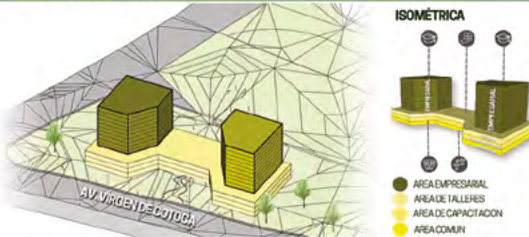
Para el Parque Industrial de Santa Cruz de la Sierra, se pueden proponer proyectos arquitectónicos inspirados en la experiencia de la Zona Franca de Iquique (ZOFRI), que integren industria, comercio, servicios e innovación, por ellos se proponen 3 proyectos para el parque industrial:

1. Centro Comercial de empresas del parque industrial sin Iva e impuestos.
2. Centro empresarial de apoyo a las industrias del parque
3. Centro de innovación con convenios con la UPSA y la UAGRAM

PROPUESTA DE PROYECTO - REFERENTE INTERNACIONAL

GEMELO DIGITAL PIRDG

EDIFICIO EMPRESARIAL



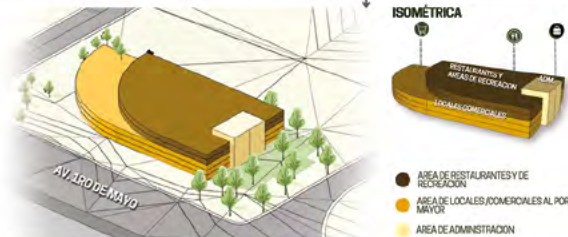
CONCEPTO

El Edificio Empresarial se proyecta como una infraestructura esencial dentro del Parque Industrial, dada la gran concentración de empresas y fábricas que demandan espacios adecuados para la gestión, la coordinación y el desarrollo de actividades administrativas y técnicas. El conjunto ofrece una torre empresarial destinada a oficinas corporativas y servicios administrativos, complementada con un basamento que integra áreas comunes, espacios de capacitación y talleres de apoyo técnico. Esta configuración permite articular en un mismo edificio las funciones de dirección, formación y producción, fomentando la colaboración entre empresas, profesionales y trabajadores. Su presencia en el Parque Industrial fortalece la organización interna, eleva la competitividad y contribuye al crecimiento sostenible del sector productivo.

MAPA PARQUE INDUSTRIAL



CENTRO COMERCIAL



CONCEPTO

El Centro Comercial Mayorista se plantea como un complejo clave dentro del Parque Industrial de Santa Cruz, orientado a fortalecer el comercio y la distribución de productos a gran escala. Su infraestructura está diseñada para concentrar actividades de venta al por mayor, ofreciendo ventajas impositivas a quienes buscan exportar o comercializar productos. El conjunto integra amplios espacios de venta, una zona administrativa, oficinas para empresas externas y un sector gastronómico con restaurantes y áreas recreativas. Esta configuración favorece la interacción entre comerciantes, empresarios y visitantes, promoviendo la eficiencia operativa, el desarrollo económico y la consolidación del parque como un polo estratégico de negocios regionales.

PROPUESTAS

La incorporación de nuevas infraestructuras como el Centro Comercial, el Centro de Innovación y el Edificio Empresarial dentro del Parque Industrial representa una estrategia integral que responde a las necesidades actuales del sector productivo y contribuye a su desarrollo sostenible. Estas propuestas buscan fortalecer la economía local, mejorar los servicios y fomentar la innovación en un entorno moderno y funcional.

La creación de un centro comercial en el Parque Industrial atenderá la alta afluencia de trabajadores y visitantes. Ofrecerá productos y servicios relacionados con la actividad industrial, además de un patio de comidas y áreas de descanso. Esto mejorará la comodidad, bienestar y calidad de vida en el entorno laboral. A su vez, dinamizará la economía y las relaciones sociales del parque.

El Centro de Innovación impulsará la capacitación técnica y el desarrollo tecnológico del personal. Mediante programas de formación e investigación aplicada, se mejorará la productividad y modernización de procesos. Favorecerá el intercambio de conocimientos entre universidades y empresas. Así, garantizará la actualización continua ante los retos del mercado.

El Edificio Empresarial permitirá centralizar la gestión de las empresas del Parque Industrial. Contará con oficinas, salas de reuniones y áreas administrativas para mejorar la coordinación. También incluirá espacios de capacitación y talleres técnicos. Con ello, se fortalecerá la comunicación y la eficiencia organizativa entre las compañías.

En conjunto, estas tres propuestas fortalecen la infraestructura del Parque Industrial, promueven la competitividad y mejoran la calidad de los servicios. Además, fomentan la colaboración, la innovación y el desarrollo sostenible. De esta manera, consolidan el parque como un polo económico, tecnológico y social clave para la región.

CENTRO DE INNOVACIÓN



CONCEPTO

El Centro de Innovación se plantea como un punto de articulación estratégica entre el ámbito académico y el tejido productivo del Parque Industrial, permitiendo que estudiantes, docentes, técnicos y empresas trabajen de manera conjunta en investigación aplicada, desarrollo tecnológico y formación especializada. Su presencia beneficia directamente al Parque Industrial al fortalecer la capacitación continua de los trabajadores, impulsar la modernización de procesos industriales, facilitar la resolución de problemas técnicos reales mediante proyectos colaborativos, y promover la creación de nuevas empresas y emprendimientos tecnológicos. De este modo, el centro contribuye a elevar la competitividad, productividad e innovación del sector industrial.

PROPUESTA DE PROYECTO

GEMELO DIGITAL PIRDG

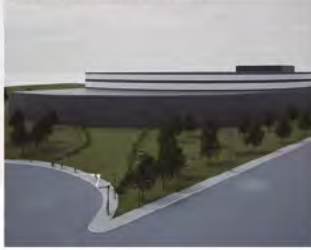
PROYECTOS

Dentro del parque industrial se proponen tres proyectos estratégicos que buscan fortalecer la competitividad, eficiencia y desarrollo económico de las empresas instaladas: el centro comercial mayorista, el edificio empresarial y el centro de innovación



CENTRO DE INNOVACIÓN

El edificio empresarial ofrecerá oficinas, servicios corporativos y espacios de coordinación, optimizando la gestión, la comunicación y la eficiencia operativa de las industrias



CENTRO COMERCIAL

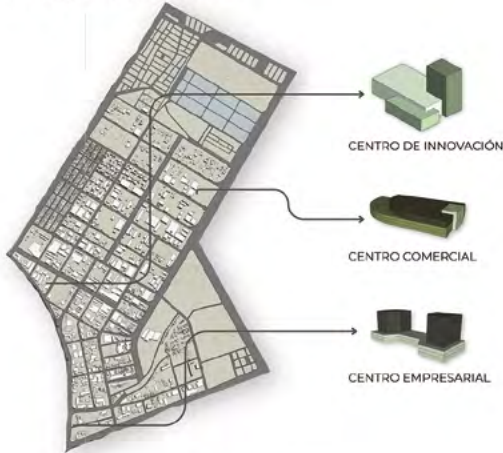
El centro comercial permitirá a las empresas vender directamente sus productos al por mayor, generando ingresos, visibilidad de marca y dinamizando la economía interna del parque



CENTRO EMPRESARIAL

El centro de innovación, en colaboración con la universidad cercana, brindará capacitación, investigación y desarrollo de nuevas soluciones, fomentando la mejora continua de productos y procesos

PARQUE INDUSTRIAL



RELACIÓN DE ALCANCE

Las tres propuestas —centro comercial mayorista, centro empresarial y el propio parque industrial— funcionan de manera integrada para potenciar la eficiencia, competitividad y desarrollo económico del conjunto.

CENTRO COMERCIAL

Funciona como el canal de venta directa al por mayor de los productos fabricados en el parque

CENTRO EMPRESARIAL

Organiza y gestiona estas operaciones, optimizando procesos y reduciendo costos.

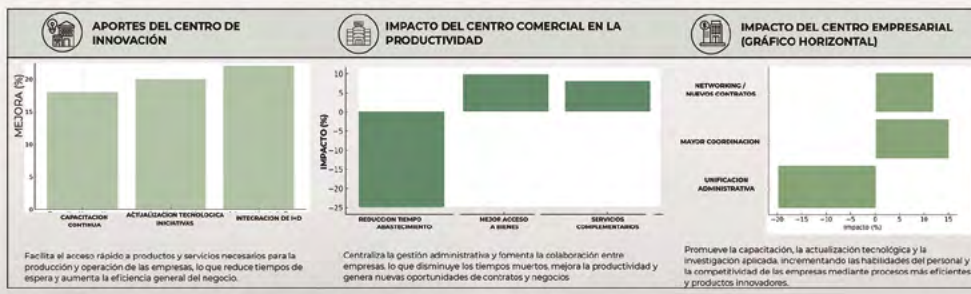
CENTRO DE INNOVACION

Capacita al personal, genera nuevas ideas y mejora productos y procesos, asegurando que las empresas puedan adaptarse y crecer continuamente.

APORTE A LA PRODUCTIVIDAD GENERAL



VALORES ESTIMADOS



UNA BASE PARA FUTURAS TRANSFORMACIONES

A FOUNDATION FOR FUTURE TRANSFORMATIONS

La transformación del Parque Industrial de Santa Cruz requiere comprenderlo como un sistema territorial integrado, donde las intervenciones en infraestructura, tecnología, ambiente, movilidad y tejido socio-territorial interactúan de manera permanente. A lo largo de este libro, las propuestas desarrolladas evidencian que este espacio productivo opera como una estructura compleja, en la que cada dimensión influye sobre las demás. La lectura mediante capas estratégicas y el análisis multiescalar permiten reconocer estas interdependencias, identificar oportunidades de mejora y proyectar un entorno productivo con mayor capacidad de adaptación, integración y visión prospectiva.

En este marco, el Gemelo Digital se plantea como una herramienta estructurante para la planificación y la evaluación territorial. Su valor excede la representación tridimensional, ya que funciona como una plataforma dinámica capaz de integrar información, simular escenarios y anticipar posibles impactos. Esta aproximación orienta la planificación hacia un proceso continuo de análisis, verificación y actualización, fortaleciendo la relación entre información territorial, propuesta proyectual y toma de decisiones. En este sentido, la convergencia entre SIG y BIM evidencia el potencial de la innovación digital como soporte para la modernización de parques industriales.

The transformation of the Santa Cruz Industrial Park requires understanding it as an integrated territorial system, in which interventions in infrastructure, technology, the environment, mobility, and the socio-territorial fabric interact continuously. Throughout this book, the projects presented demonstrate that this productive space operates as a complex structure, where each dimension influences and is influenced by the others. The strategic-layer approach and multiscale analysis make it possible to identify these interdependencies, recognize opportunities for improvement, and envision a productive environment with greater capacity for adaptation, integration, and long-term strategic development.

Within this framework, the Digital Twin is proposed as a structuring tool for planning and territorial evaluation. Its value extends beyond three-dimensional representation, as it functions as a dynamic platform capable of integrating information, simulating scenarios, and anticipating possible impacts. This approach guides planning toward a continuous process of analysis, verification, and updating, strengthening the relationship between territorial information, design proposals, and decision-making. In this sense, the convergence between GIS and BIM demonstrates the potential of digital innovation as a support for the modernization of industrial parks.

Las propuestas aquí reunidas proyectan un Parque Industrial con mayores condiciones de resiliencia frente a riesgos climáticos, mayor eficiencia en su estructura productiva, avances en sostenibilidad energética y una mejor articulación con la dinámica metropolitana. Desde la gestión hídrica y la infraestructura verde hasta la movilidad, la actualización constructiva y la incorporación de criterios de economía circular, el conjunto configura una visión integrada con horizonte al año 2050.

The proposals brought together in this book envision an Industrial Park with greater resilience to climate risks, improved efficiency in its productive structure, progress in energy sustainability, and a stronger articulation with metropolitan dynamics. From water management and green infrastructure to mobility, construction upgrading, and the incorporation of circular economy criteria, the set of proposals configures an integrated vision with a horizon toward the year 2050.

La mejora de la productividad, las condiciones laborales y la incorporación de innovación tecnológica se entienden como expresiones complementarias de un mismo proceso de transformación territorial.

Improved productivity, better working conditions, and the incorporation of technological innovation are understood as complementary expressions of the same process of territorial transformation.

De esta manera, este libro constituye una base de trabajo orientada a ampliar la reflexión sobre el futuro del Parque Industrial. Las propuestas académicas reunidas muestran que la articulación entre formación universitaria, análisis territorial y proyección estratégica puede generar insumos útiles para futuros procesos de planificación. Desde esta perspectiva, este espacio se perfila como un caso de estudio relevante para ensayar enfoques de transformación productiva, simulación territorial y planificación estratégica con potencial de proyección hacia otros contextos industriales de Bolivia y la región.

In this way, this book constitutes a working foundation aimed at expanding reflection on the future of the Industrial Park. The academic proposals brought together here show that the articulation between university education, territorial analysis, and strategic projection can generate useful inputs for future planning processes. From this perspective, this space emerges as a relevant case study for testing approaches to productive transformation, territorial simulation, and strategic planning, with replication potential across other industrial contexts in Bolivia and the region.

ARBORIZACIÓN EXISTENTE
Y OPORTUNIDADES DE
INFRAESTRUCTURA NATURAL



PAVIMENTACIÓN ACTUAL Y
TECNOLOGÍAS ESTRATÉGICAS DE
PAVIMENTACIÓN FUTURA



TRANSPORTE PÚBLICO EXISTENTE
Y PLANIFICACIÓN FUTURA



DESAGÜE PLUVIAL Y
ALTERNATIVAS DE DRENAJE



ESPACIOS COMERCIALES
EXISTENTES, RELACIONES DE
ALCANCE Y EQUIDISTANCIA
METROPOLITANA



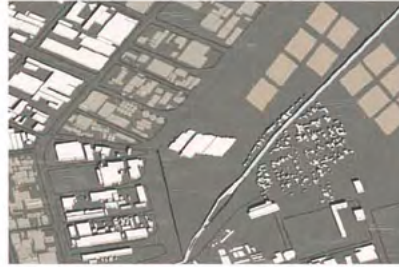
MATRIZ ENERGÉTICA ACTUAL
Y ENERGÍAS RENOVABLES
PROSPECTIVAS



GESTIÓN DE RESIDUOS Y
ECONOMÍA CIRCULAR



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS
INDUSTRIALES, TIPOLOGÍAS
Y TECNOLOGÍAS ACTUALES Y
FUTURAS



VIVIENDA ESPONTÁNEA EXISTENTE
Y VIVIENDA PLANIFICADA FUTURA



CULTURA, SEGURIDAD Y
BIENESTAR EXISTENTE Y
PROSPECTIVA FUTURA



Síntesis visual de
las propuestas

N°	PROPUESTA	PROBLEMA CLAVE	CAPA
1	CULTURA, SEGURIDAD Y BIENESTAR	Déficit de confort ambiental, iluminación, espacios de estancia y percepción de seguridad.	Socio-Territorial
2	VIVIENDA INFORMAL Y PLANIFICACIÓN FUTURA	Expansión residencial no planificada y conflictos de uso.	Socio-Territorial
3	DESAGÜE PLUVIAL Y DRENAJE	Escorrentías, puntos críticos de inundación y sobrecarga del drenaje.	Ambiental e Infraestructura Natural
4	ARBORIZACIÓN E INFRAESTRUCTURA VERDE	Baja cobertura vegetal y predominio de superficies impermeables.	Ambiental e Infraestructura Natural
5	GESTIÓN DE RESIDUOS Y ECONOMÍA CIRCULAR	Gestión fragmentada de residuos y baja recuperación de materiales.	Ambiental e Infraestructura Natural
6	SISTEMAS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALES	Cubiertas livianas con alta acumulación de calor.	Productiva y Tecnológica
7	PAVIMENTACIÓN ACTUAL Y FUTURA	Vías deterioradas, tránsito pesado y mantenimiento insuficiente.	Productiva y Tecnológica
8	MATRIZ ENERGÉTICA Y TRANSICIÓN RENOVABLE	Alta dependencia del gas natural y vulnerabilidad energética.	Productiva y Tecnológica
9	TRANSPORTE PÚBLICO Y MOVILIDAD FUTURA	Cobertura fragmentada y conflicto entre movilidad laboral y carga pesada.	Movilidad Estructura Metropolitana
10	EQUIPAMIENTOS ESTRATÉGICOS Y DESARROLLO PRODUCTIVO	Falta de centralidades internas de comercio, innovación y coordinación empresarial.	Movilidad Estructura Metropolitana

MATRIZ DE SÍNTESIS

SYNTHESIS MATRIX

VARIABLES	INTERVENCIÓN	IMPACTO ESPERADO
Áreas verdes, rutas de carga, iluminación, seguridad percibida.	Corredores verdes, estancias, ciclovías y recorridos peatonales cubiertos.	Mayor confort, seguridad espacial y bienestar cotidiano.
Ocupación, densificación, proximidad industria-vivienda, servicios básicos.	Reestructuración de manzanas, pasajes, cinturones verdes y vivienda modular.	Mejor relación habitacional-industrial y contención de la informalidad.
Inundación, caudal, desborde, capacidad de drenaje.	Zanjas de infiltración, lagunas de retención e infraestructura verde.	Menor riesgo de desborde y mayor resiliencia frente a lluvias extremas.
Cobertura arbórea, temperatura superficial, especies y continuidad vegetal.	Reforestación selectiva, parques lineales y corredores verdes.	Reducción térmica, confort bioclimático e identidad paisajística.
Volumen, tipología, puntos de generación, recuperación y reutilización.	Segregación, acopio, clasificación y nodos de economía circular.	Reducción de residuos finales y transición hacia un modelo industrial circular.
Tipologías constructivas, temperatura superficial y demanda energética.	Paneles tipo sándwich y sistemas de mejor desempeño térmico.	Menor temperatura interior, mejor confort laboral y eficiencia energética.
Capacidad portante, carga vehicular, deterioro, drenaje y jerarquía vial.	Concreto de alta resistencia, pavimentos permeables y mejoras diferenciadas.	Mayor durabilidad, mejor drenaje y reducción de costos de mantenimiento.
Consumo energético, fuente de suministro, cubiertas solares y autogeneración.	Generación fotovoltaica, biodigestores, nodos energéticos y simbiosis empresarial.	Matriz diversificada, resiliencia operativa y competitividad industrial.
Accesibilidad, frecuencia, flujos, tiempos y cobertura de paradas.	Línea Industrial Express, paradas formales, nodos intermodales y ciclovías.	Mejor accesibilidad laboral, seguridad vial y fluidez logística.
Áreas de alcance, tiempos de abastecimiento, centralidad y nuevos contratos.	Centro Comercial Mayorista, Centro Empresarial y Centro de Innovación.	Menor intermediación, mejor coordinación empresarial y actualización tecnológica.

REFERENCIAS

REFERENCES

- | Batty, M. (2018). *Inventing future cities*. MIT Press.
- | Centro de Investigaciones CIUDAD. (2026). Centro de Investigaciones CIUDAD – Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra. <https://www.ciudadupsa.org/>
- | Google. (2026). Google Earth Pro. Imágenes satelitales históricas de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- | Kolbe, T. H., & Donaubauer, A. (2021). Semantic 3D city modeling and BIM. En W. Shi, M. F. Goodchild, M. Batty, M.-P. Kwan, & A. Zhang (Eds.), *Urban informatics* (pp. 609–636). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8983-6_34
- | Limpías Ortiz, V. H. (2007). *Historia de la ingeniería cruceña: 50 años de la Sociedad de Ingenieros de Bolivia Departamental Santa Cruz*. Sociedad de Ingenieros de Bolivia Departamental Santa Cruz.
- | McFarlane, C. (2025). Crisis and the urban imagination. *Dialogues in Urban Research*, 3(3). <https://doi.org/10.1177/27541258251386395>
- | Planidro Engenheiros Consultores S.A. (1972). *Estudios de factibilidad técnico-económico-financiera para la implantación del Parque Industrial de Santa Cruz de la Sierra (Vols. I-V)*. Comité Departamental de Obras Públicas de Santa Cruz.
- | Ruiz Garvia, R. (2026). Del territorio al objeto urbano: experiencia multiescalar con herramientas SIG y BIM en Sucre, Bolivia. *Esquicio Investigación*, (5), 18–28.
- | Servicio Departamental de Industria y Comercio. (2026). *Parque Industrial Ramón Darío Gutiérrez*. Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz. <https://padi.santacruz.gob.bo/>
- | Shi, W., Goodchild, M. F., Batty, M., Kwan, M.-P., & Zhang, A. (Eds.). (2021). *Urban informatics*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-8983-6>

Ricardo Ruiz-Garvia, Ph.D.

Es arquitecto graduado de la Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra (UPSA), máster por la École Nationale Supérieure d'Architecture de Clermont-Ferrand (ENSACF) y doctor (PhD) en Arquitectura, Edificación, Urbanística y Paisaje por la Universitat Politècnica de València (UPV). Ha publicado artículos científicos y presentado ponencias en congresos internacionales, con especial interés en morfología urbana, análisis geoespacial y planificación urbana. Es presidente del Consejo de Investigaciones de la Academia Nacional de Ciencias de Bolivia - Departamental Santa Cruz y miembro del Centro de Investigaciones CIUDAD de la UPSA.

Sofía Cavero Wintruff

Es estudiante de Arquitectura de la Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra (UPSA). Ha colaborado en la edición nº 23 de la revista académica Esquicio de FADU-UPSA. Ha recibido menciones en el concurso internacional Bordes Urbanos Amazónicos (FLACSO) 2025 y obtuvo la Primera Mención de Honor en la categoría Académica Talleres de la Bienal Internacional de Arquitectura de Santa Cruz 2026. Asimismo, formó parte del grupo de estudiantes que cursó la asignatura de Planificación Urbana en 2025.



www.ciudadupsa.org

GEMELO DIGITAL + PARQUE INDUSTRIAL DE SANTA CRUZ

Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra

Centro de Investigaciones CIUDAD

Santa Cruz – Bolivia

2026

