



9th International Interdisciplinary Congress on Renewable Energies, Industrial Maintenance, Mechatronics and Informatics

Booklets



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - Google Scholar DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID - V|LEX

Title: Graphic interface design as support for decision-making in the salt production process

Authors: Vega-Telles, Ernesto Alonso, Bueno-Solano, Alfredo, Acosta-Quintana, María Paz Guadalupe and Suastegui-Ramos, Francisco

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2024-01
BCIERMMI Classification (2024): 241024-0001
RNA: 03-2010-032610115700-14
Pages: 16

Instituto Tecnológico de Sonora LBH-6651-2024 0000-0002-8260-3002 1179288
 Instituto Tecnológico de Sonora KVV-4884-2024 0000-0001-5539-1924 293248
 Instituto Tecnológico de Sonora GLR-5880-2022 0000-0001-7115-9076 249127
 Instituto Tecnológico de Sonora LBI-3350-2024 0009-0001-1406-9637 1292012

CONAHCYT classification:
Area: Social Sciences
Field: Economic Sciences
Discipline: Economic activity
Subdiscipline: Production

ECORFAN-México, S.C.

Park Pedregal Business. 3580,
Anillo Perif., San Jerónimo
Aculco, Álvaro Obregón,
01900 Ciudad de México, CDMX,
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introduction

Methodology

Results

Acknowledgments

Conclusions

References

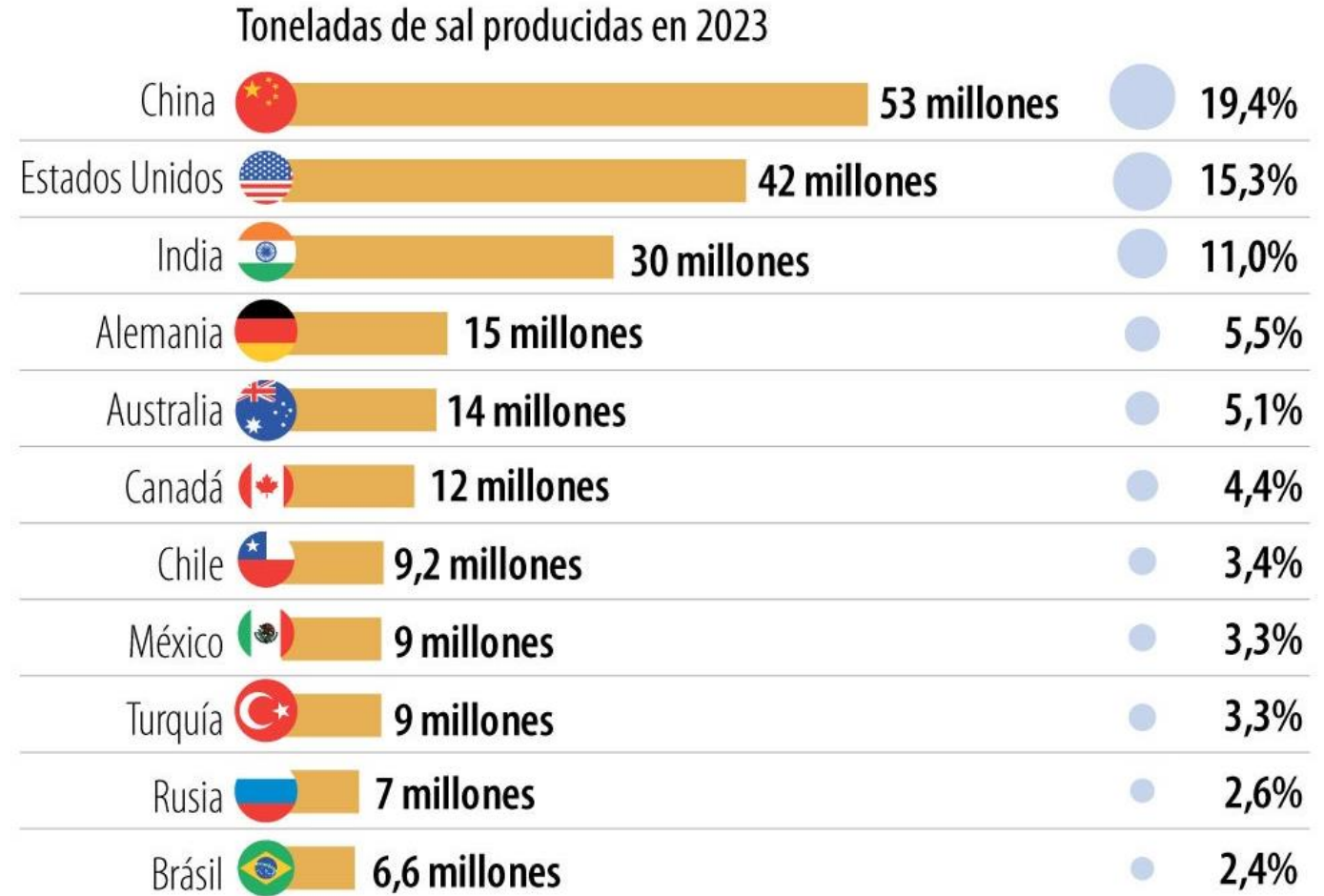
INTRODUCCIÓN

La producción y comercialización de sal desempeña un papel fundamental en la economía mundial, dado su uso generalizado en industrias clave como la alimentaria, la química y la de deshielo. Este mineral no sólo es esencial para la vida humana, sino que también constituye un insumo crucial para la fabricación de productos químicos, la conservación de alimentos y el mantenimiento de las infraestructuras en climas fríos. Los principales países productores de sal, como China y Estados Unidos, tienen una influencia significativa en los mercados mundiales, lo que repercute en los precios y la disponibilidad de la sal en todo el mundo. Además, el comercio internacional de sal refleja las interdependencias económicas entre naciones. Un ejemplo notable es México, que importa grandes volúmenes de sal industrial principalmente de Estados Unidos, lo que pone de relieve la importancia del comercio exterior para garantizar el suministro de este recurso esencial.



Durante 2023, la producción mundial de sal alcanzó aproximadamente los 273,8 millones de toneladas métricas. China consolidó su posición como principal productor con 53 millones de toneladas, lo que representa casi el 20% de la producción mundial. Junto con Estados Unidos, que produjo 42 millones de toneladas, ambos países representaron el 35% de la producción mundial. Aunque Estados Unidos fue históricamente el mayor productor, en 2019 fue superado por China, que produjo 60 millones de toneladas, frente a los 42 millones de Estados Unidos (Gaitán, 2024)

ANTECEDENTES



ANTECEDENTES

Durante el año 2023, el volumen de producción de sal en México fue de alrededor de 757,460 toneladas métricas, lo que representa un incremento de casi 23% en comparación con lo reportado durante el mismo mes del año anterior (Departamento de Investigación de Statista, 2023).

Por otra parte, en 2023, la producción de sal en Sonora, se mantuvo como parte importante de la industria salinera en México con el 2.4% de la producción nacional. A nivel nacional, el estado de Baja California Sur, en particular, continúa siendo un importante productor de sal en el país. La producción en esta región es fundamental para el abasto de sal tanto a nivel nacional como internacional. (Opportimes, R., 2023).



ANTECEDENTES

La empresa bajo estudio pertenece al giro de agroindustria, siendo esta una compañía Mexicana que procesa la sal producida por evaporación en las salinas donde opera la organización, con presencia de más de 30 años en el mercado, donde la empresa busca ser líder en la producción, procesamiento y comercialización de sal de mar. A su vez la organización procesa diversos tipos de sal según los requerimientos de los consumidores los cuales varían de acuerdo a su tipo en consumo humano, animal, industrial, entre otros. Sin embargo, **para efectos de la presente investigación, el producto en estudio se centra en el consumo humano de origen alimenticio (Sal mar de cortez).**

La organización enfrenta un desafío significativo en la **variabilidad de la demanda**, que afecta tanto la capacidad de producción y comercialización de esta, donde en periodos de alta demanda, el **inventario a menudo resulta insuficiente** para satisfacerla, **revelando cuellos de botella en el proceso de producción**. Los cuales **obstaculizan la producción y comercialización eficiente de sal**, **comprometiendo la capacidad de la planta para cumplir con las demandas del mercado.**



ANTECEDENTES

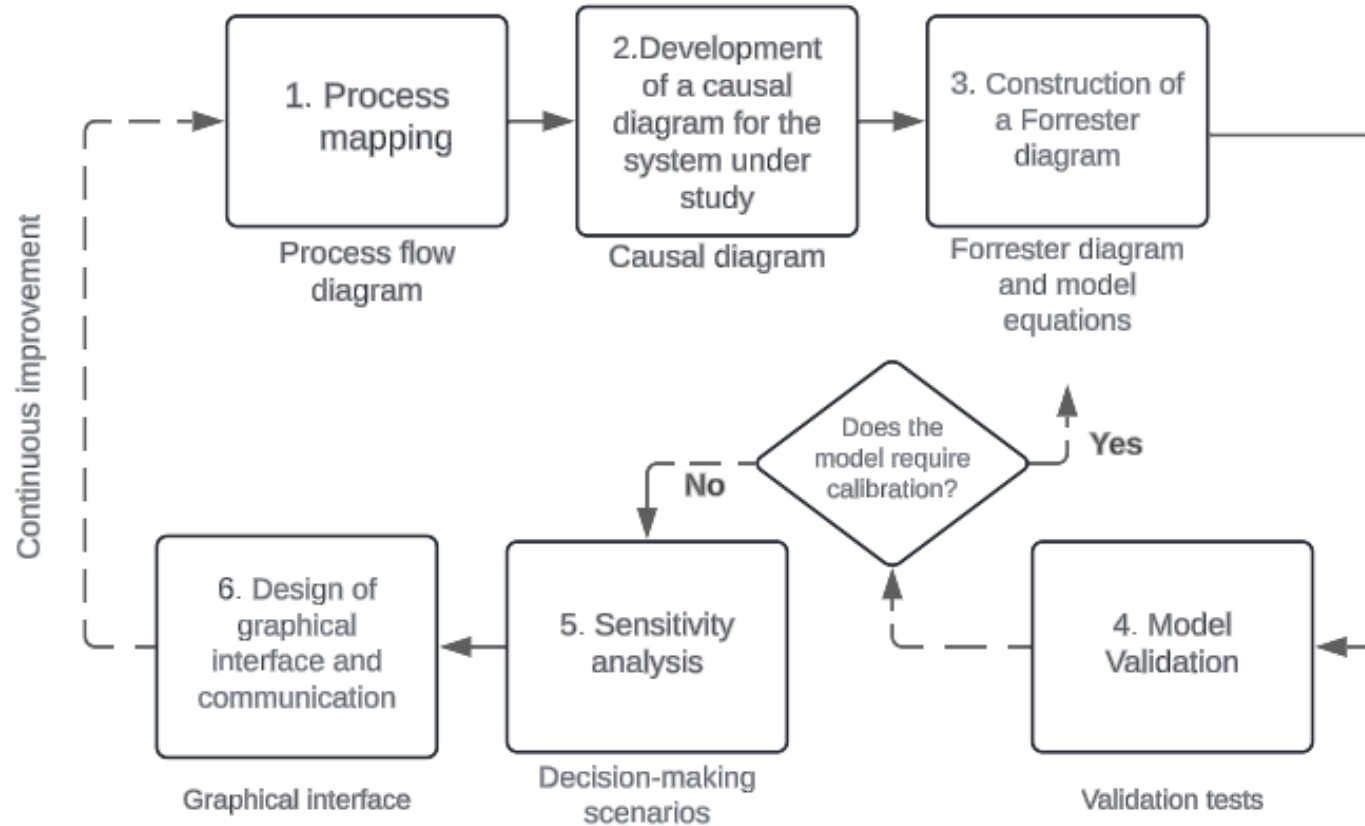
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:

¿Cómo puede una solución tecnológica basada en datos cuantitativos ayudar a identificar y visualizar cuellos de botella en el proceso de producción de la sal mar de Cortés?

OBJETIVO :

Desarrollar una solución tecnológica que permita analizar el proceso de producción de sal mar de cortés, generando datos cuantitativos como apoyo a la toma de decisiones.

METODOLOGÍA

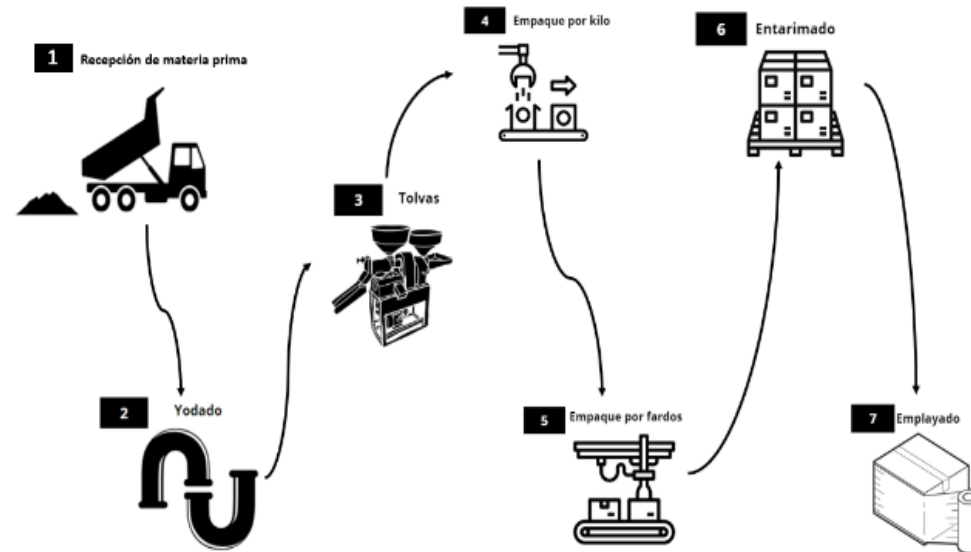
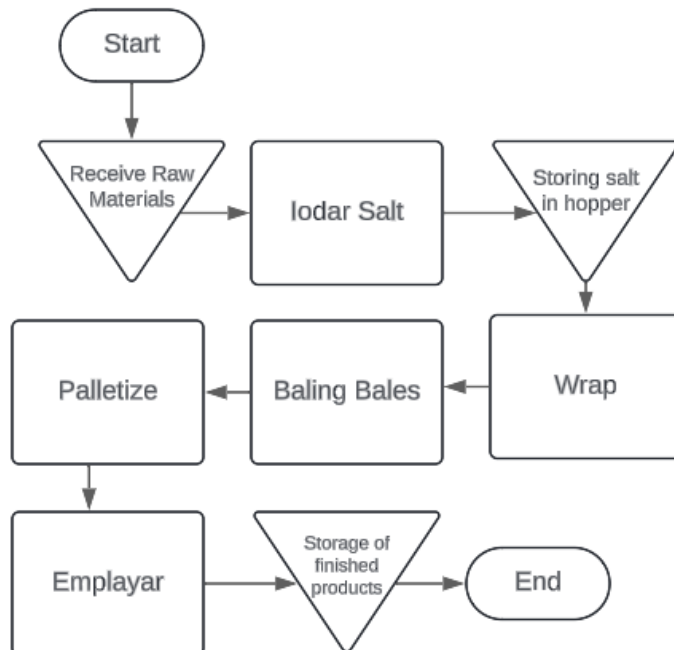


La metodología se basa en el estudio de la dinámica de los sistemas y la mejora continua, siendo este elemento lo que propicia la interacción entre cada uno de los elementos que la contempla.

RESULTADOS

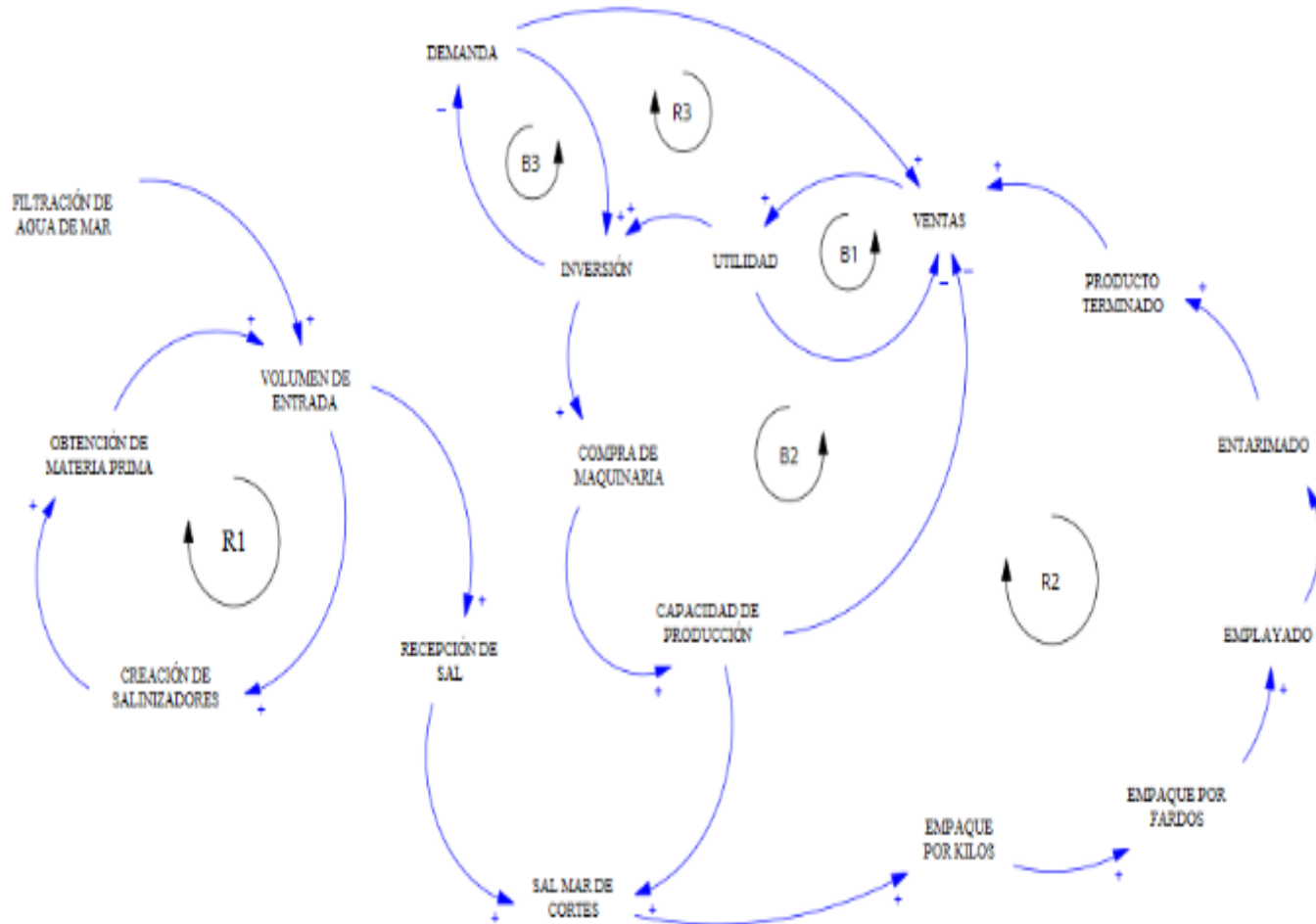
1. Mapeo del proceso en estudio

En relación al mapeo del proceso en estudio, se desarrolló un diagrama de flujo en el cual se identifican cada uno de los procesos involucrados en la fabricación de sal, desde la recepción de la materia prima (sal cruda) hasta el almacenamiento del producto terminado (pallets de sal), pasando por el proceso de yodado, envasado y paletizado.



- **Recepción de 34 toneladas por turno.**
- **Envasado en bolsas de 1 kg. a la vez.**
- **12 kg por fardo.**
- **125 fardos por pallet.**
- **Emplayado de 1 pallet a la vez.**

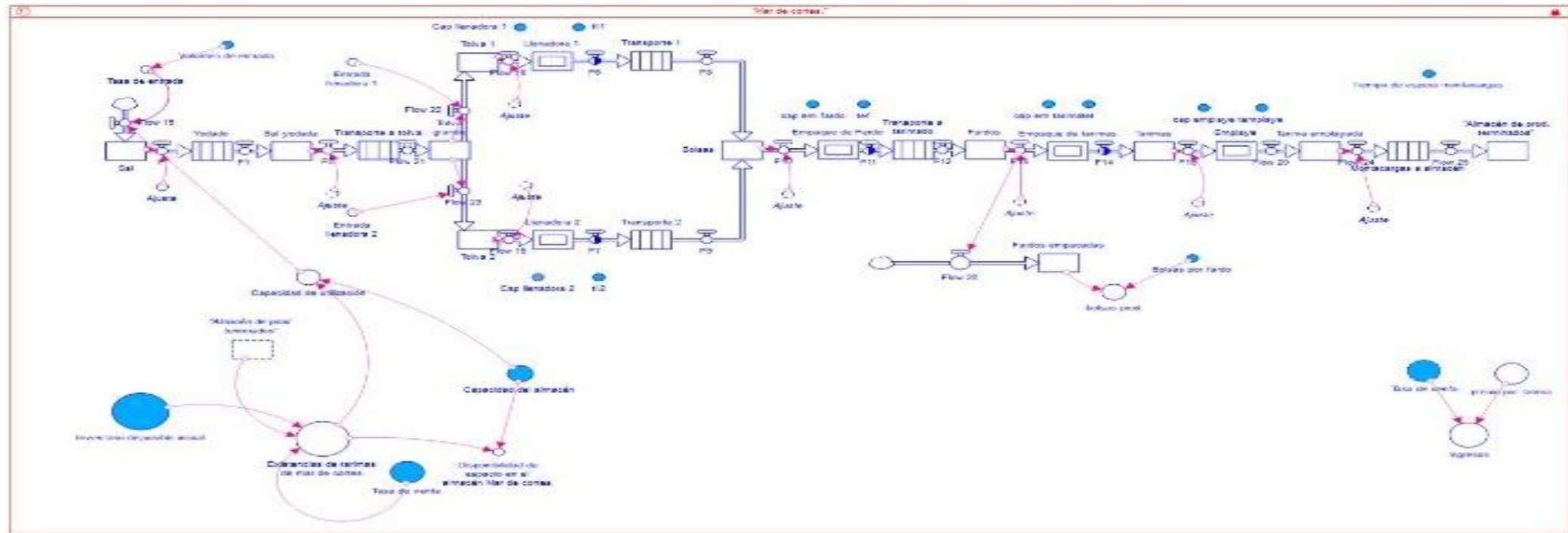
2. Desarrollo del diagrama causal en el estudio



El diagrama causal ilustra **las principales variables** que intervienen en el proceso de producción de la sal del Mar de Cortés, desde la obtención de las materias primas hasta la distribución del producto final. En este diagrama, las variables están interconectadas por flechas que indican la dirección de la causalidad, representando cómo los cambios en una variable afectan a las demás dentro del sistema.

3. Desarrollo del diagrama de Forrester

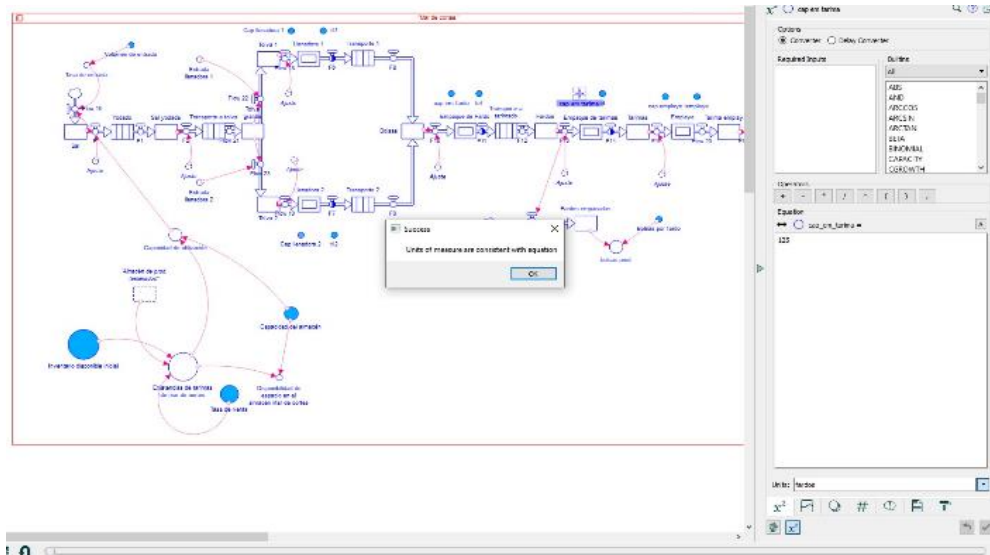
El diagrama de flujo y niveles (Forrester), convierte la conceptualización cualitativa en un modelo matemático cuantitativo para su simulación y generación de datos para la toma de decisiones, el cual se ilustra en la siguiente figura. El diagrama de Forrester se compone de varios elementos, como variables de nivel, flujos, variables y parámetros.



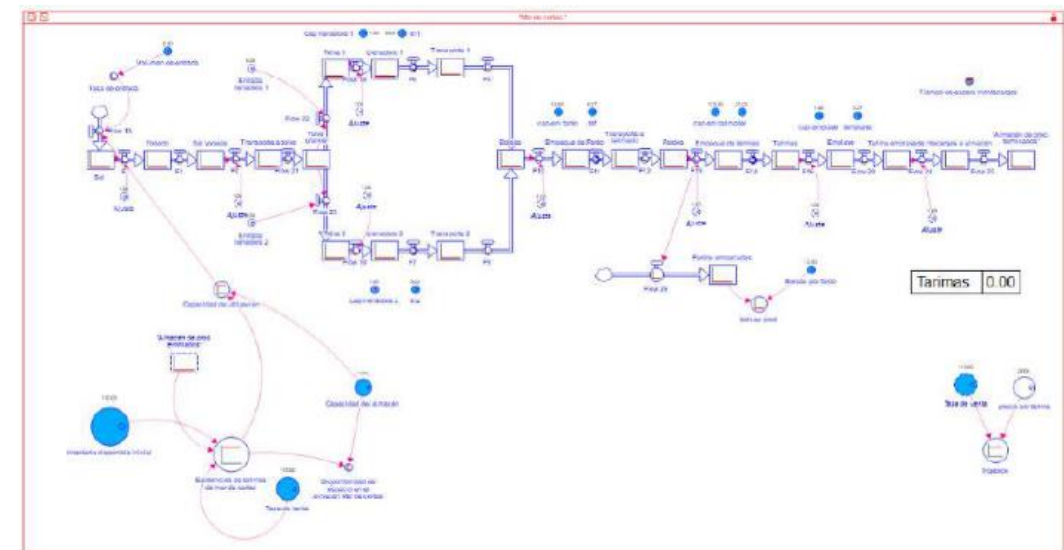
El modelo de Forrester en estudio, se encuentra conformado por un total de **21 variables de nivel** de las cuales **10 corresponden a la categoría de stock**, **6 de conveyor** y **los 5 restantes de Oven**; **23 flujos**; **7 variables**, **12 parámetro** y **55 Ecuaciones matemáticas**. Siendo las variables y parámetros valores posibles a modificar según la naturaleza del estudio en desarrollo.

4. Validación del modelo

Un elemento crucial de la metodología en desarrollo es la validación del modelo, ya que su propósito es identificar la confiabilidad de la herramienta de acuerdo a los resultados que arroja, por lo que para hacer esto posible se requiere simularlo en diferentes ocasiones. Para efectos de la investigación, se simuló bajo situaciones reales de producción considerando jornadas laborales de un día (**1,440 minutos**) ya que la organización mantiene su proceso productivo las **24 horas del día sectorizado en tres turnos de 8 horas consecutivas**. Para su validación se implementaron tres técnicas de validación: **consistencia unitaria, pruebas extremas y back testing**.



Validación por prueba de consistencia de unidades.



Validación por prueba de extremos.

5. Análisis de sensibilidad

Considerando que el modelo es válido y confiable, se procedió al desarrollo del análisis de sensibilidad, donde fue necesario identificar las variables y parámetros sensibles en el modelo, siendo estos los asociados a la capacidad de los rellenos 1 y 2, por lo que se evaluaron tres escenarios, uno de estos asociado a las condiciones óptimas del sistema, el segundo bajo condiciones normales (reales) y el tercero y último de carácter pesimista, esto siendo posible modificando las variables y parámetros sensibles de manera positiva y negativa.

Parameter	Normal scenario value	Optimistic scenario value	Pessimistic scenario value
Volume of salt input to the procesa per shift	34000 kilograms	34000 kilograms	34000 kilograms
Filler 1 capacity	1 bag at a time	2 bag at a time	0 bags at a time
Filler 2 capacity	1 bag at a time	2 bag at a time	1 bag at a time
Bale packing capacity	12 kilograms per bale	12 kilograms per bale	12 kilograms per bale
Emplaye capacity	125 bales per pallet	125 bales per pallet	125 bales per pallet
Total pallets produced	65 pallets	139.97 pallets	43.14 pallets

6. Diseño de la interfaz gráfica y comunicación

El último resultado es el desarrollo de la interfaz gráfica y su comunicación, que proporciona una forma sencilla de interactuar con el modelo en estudio, mediante bloques gráficos que representan diferentes componentes y relaciones dentro del sistema. El diseño de la interfaz representa el medio por el cual se simplifica el modelo y permite al usuario una comunicación accesible, facilitando así la comprensión y análisis de los datos para la toma de decisiones a partir de la variación (simulación) en las distintas variables y parámetros presentes en el modelo, donde para efectos del estudio la interfaz desarrollada consta de varias pantallas en las que se encuentran el menú de inicio, panel de control para la interacción y visualización de resultados tanto de producción como de almacenamiento de producto terminado, las cuales se presentan a continuación.



CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se identifica la posibilidad de inversión que permita un aumento significativo en sus capacidades de producción lo que se traduce a incluir el **aumento en la capacidad de llenado** para mejorar la eficiencia del proceso y con ello la optimización de la cadena de suministro, logrado con ello una mejor posición en ventas para satisfacer el incremento de demanda en el mercado, dichos cambios se basan en **incrementar la capacidad en las llenadoras es decir de pasar de una bolsa a la vez a dos bolsas por llenadora y reducir el tiempo de llenado**, incrementa considerablemente la producción de tarimas de sal a un total de **139.97 tarimas por día**, por lo que supera en un **115%** la producción actual, sin generar cuellos de botella en los procesos subsecuentes de entarimado y empaque.

Por lo tanto, considerando lo mencionado anteriormente los directivos de la organización deben contemplar el incrementar la capacidad de empaque por diversas acciones siendo esta, inversión en nuevos equipos de empaque.

AGRADECIMIENTOS

Los investigadores agradecen el apoyo del Instituto Tecnológico de Sonora por el financiamiento de la presente investigación por medio de Programa de Fortalecimiento para los Cuerpo Académico de Cadenas Productivas del Instituto Tecnológico de Sonora, **PROFAPI-CA- 2024**.

Así mismo, se agradece la colaboración al Ing. Eduardo Madrid por su apoyo al interior de la organización en estudio.

REFERENCIAS

- Gaitán, I. S. (2024, May 18). ¿De dónde viene la sal del mundo? China, EE. UU. e India mayores productores. Diario La República. <https://www.larepublica.co/globoeconomia/que-paises-producen-mas-sal-3863618>
- Secretaria De Economía. (2022). Perfil de mercado de la Sal. Retrieved August 16, 2024, from https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/692316/16._Perfil_Sal_2021__T_.pdf
- Statista. (2023, December 12). México: volumen de producción de sal por mes 2019-2023. <https://es.statista.com/estadisticas/598121/volumen-de-produccion-de-sal-por-mes-mexico/>
- Opportimes, R., & Opportimes, R. (2023, November 1). Exportadora de Sal (ESSA) expande su producción. Opportimes. <https://www.opportimes.com/exportadora-de-sal-essa-expande-su-produccion/>
- Diario Oficial De La Federación. (2021). PROGRAMA INSTITUCIONAL DE EXPORTADORA DE SAL, S.A. DE C.V. 2020-2024. Retrieved August 16, 2024, from https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5601530&fecha=30/09/2020#gsc.tab=0
- Lagarda Leyva, E. A. (2019). Introducción a la dinámica de sistemas . México: Pearson .
- Orlandoni Merli, G., & Ramoni Perazzi, J. (2018). Ecuaciones diferenciales de la física clásica. Interpretación y solución mediante dinámicas de sistemas. Revista UIS Ingenierías, 51-58.



ECORFAN®

© Ecorfan-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162, 163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169, 209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of Ecorfan-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)