



Booklets

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

Title: Modeling of the supply and consumption of the Huatusco Veracruz wáter network using SIMIO software

Authors: Rosas-Ramón, Alejandro, Saavedra-Trujillo, Rigoberto, Solís-Jiménez, Miguel Ángel and González-Sóbal, Martín

^a Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico Superior de Huatusco • ONJ-8085-2025 • 0009-0005-0605-7774 • 2064387

^b Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico Superior de Huatusco • ONJ-8276-2025 • 0009-0001-1621-1414

^c Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico Superior de Huatusco • N-6243-2018 • 0000-0002-8125-0989 • 94216

^d Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico Superior de Huatusco • S-7631-2018 • 0000-0003-0038-8319 • 463431

Editorial label MARVID: 607-8695

BMARVID Control Number: 2025-01

BMARVID Classification (2025): 121225-0001

RNA: 03-2010-032610115700-14

Pages: 12

SECIHTI classification:

Area: Engineering

Field: Engineering

Discipline: Industrial Technology

Subdiscipline: Systems

MARVID-México

Park Pedregal Business. 3580,
Anillo Perif., San Jerónimo
Aculco, Álvaro Obregón,
01900 Ciudad de México, CDMX,
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: MARVID-México S.C.
E-mail: contact@marvid.org
Facebook: MARVID-México S. C.
X: [@Marvid_México](https://twitter.com/Marvid_México)

www.marvid.org

Holdings

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

Agenda

- Introduction
- Methodology
- Results
- Conclusions y Recommendations
- References

Introducción

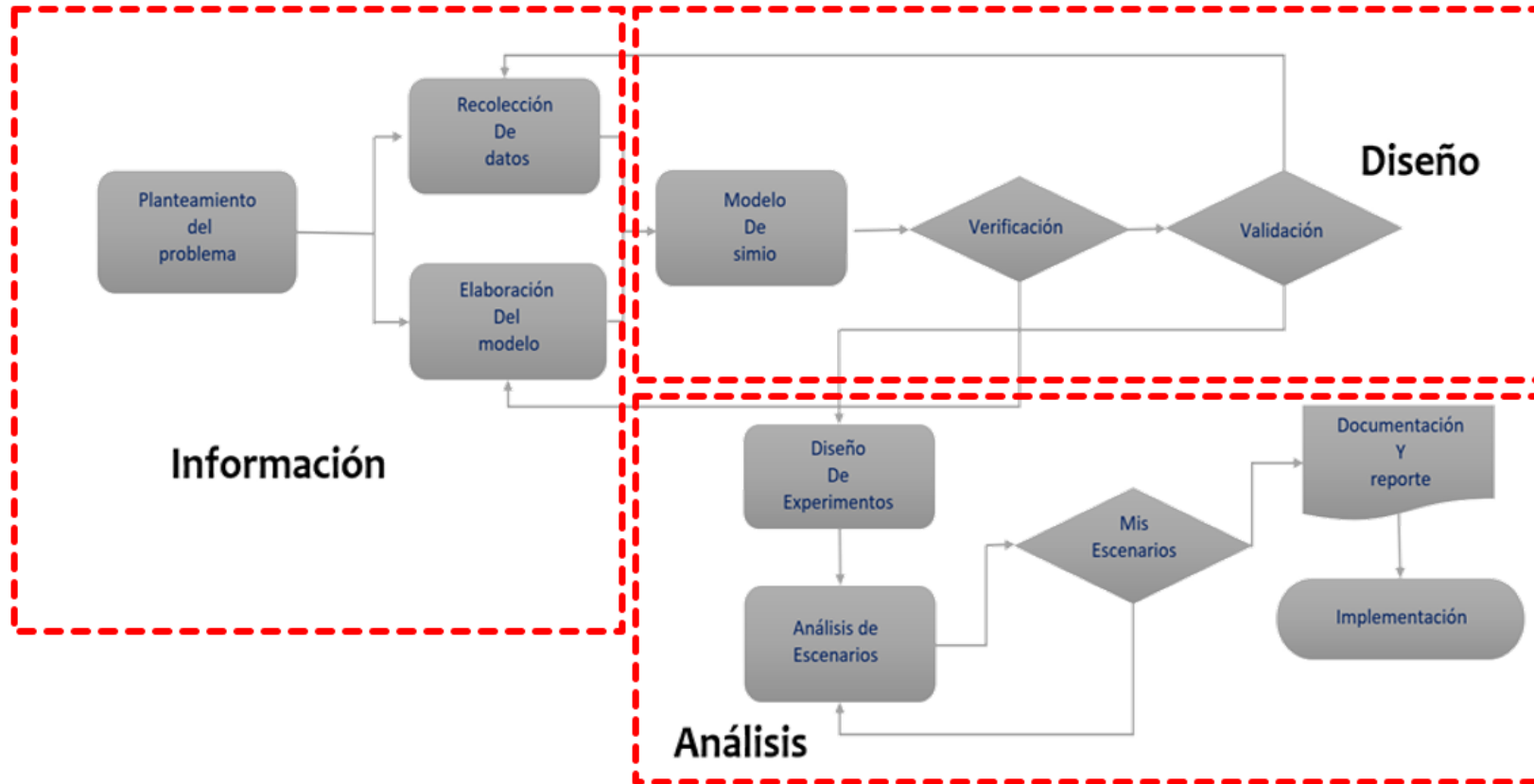
A nivel nacional, el Programa Nacional Hídrico (PNH, 2024) identifica problemas críticos como:

- ❑ Solo el 58% de la población total recibe diariamente este recurso.
- ❑ Un 60% del volumen total de este recurso resulta en pérdidas debido a sus redes de distribución.

Frente a este desafío se tiene la necesidad de analizar y caracterizar el consumo y la distribución de agua en la red hídrica de Huatusco, Veracruz.

El objetivo principal de este artículo es el desarrollo y validación de un modelo de simulación mediante el software SIMIO® de la red hídrica actual de la ciudad de Huatusco, Veracruz, para analizar su consumo y distribución de esta para sus diferentes sectores: domésticos, urbanos, comerciales, industriales, residenciales e interés social.

Metodología



Nota: Es importante aclarar que la tercera etapa, correspondiente al Análisis, que contempla el diseño de experimentos, la evaluación de escenarios y la proyección de mejoras, se deja como línea de trabajo a futuro.

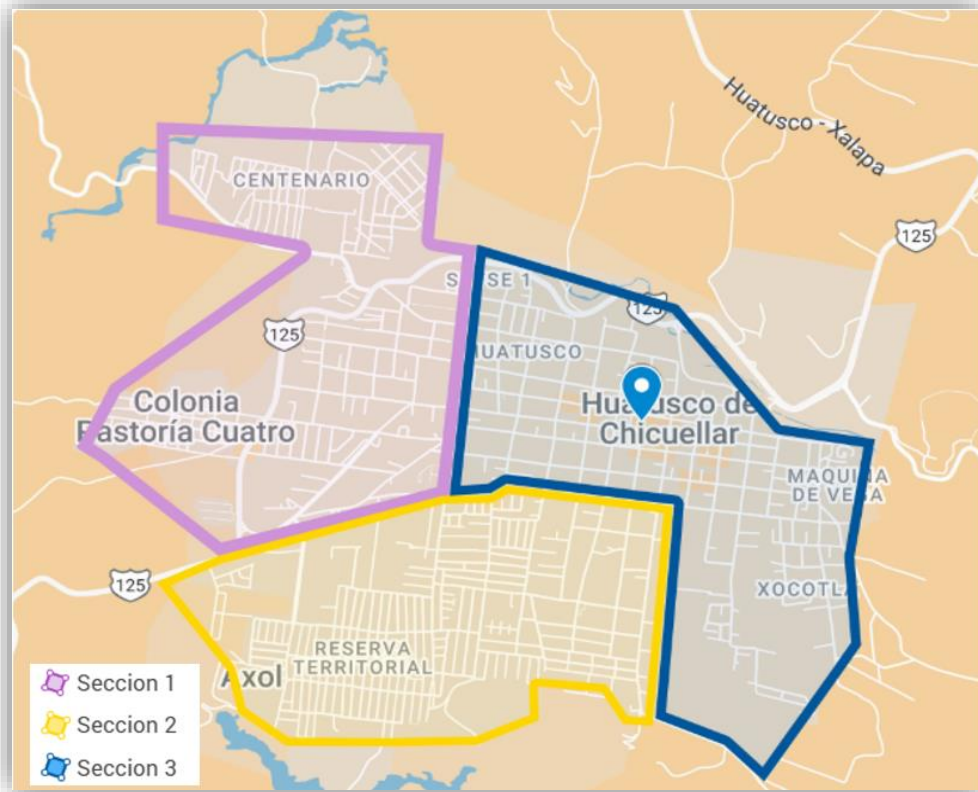
Metodología de Law y Kelton (2000)

Fuente: *Elaboración propia*

Resultados

Información

1. Planteamiento del problema



Metodología de Law y Kelton (2000)

Fuente: *Elaboración propia*

Horarios de operación de la red

Fuente: *Elaboración propia*

HORARIO					
RECIBE DE	CAJA	ABRE	CIERRA	MANDA	FRECUENCIA
Axol 1	Alameda	10:00 p.m.	07:00 p. m.	Lonas Garry	Diario
Naranja Agrio	Lonas Garry	3:00 a.m. 4:00 p.m.	8:00 a.m. 7:00 p.m.	Trejo	Cada 3 día
Lonas Garry	Trejo	8:00 a.m.	11:00 a.m.	Sección 3	Cada 3 día
Axol 3	Reserva	10:00 p.m.	7:00 p.m.	Lonas Garry	Diario
Reserva	Lonas Garry	10:00 p.m.	5:50 a.m.	Trejo	Cada 3 día
Reserva	Pastoría	5:30 a.m. 9:30 a.m.	8:30 a.m. 7:00 p.m.	Sección 3	Cada 3 día
Reserva	San Antonio	8:30 a.m.	9:00 a.m.	Sección 3	Cada 3 día
Axol 3	Reserva	-----	-----	Sección 2	Diario
Axol 1	Alameda	-----	-----	Sección 1	Diario
Naranja Agrio	Alameda	-----	-----	Sección 1	Diario

2. Recolección y análisis de los datos

ANOVA de un factor

Sector	F	p -valor	Valor crítico para F
Popular	0.7896	0.6716	1.7341
Urbano	0.8341	0.6237	1.7297
Comercial	0.0726	0.9999	1.7443
Comercial Bajo	0.5068	0.8698	1.8990
Residencial	0.0531	0.9483	3.4028
Industrial	0.1660	0.9995	1.7906
Interés Social	0.096	0.9088	3.4028

Se observa que en todos los sectores analizados, los valores de F calculado resultaron menores que el Valor crítico de F y los p -valores fueron mayores a 0.05.

Se llevaron a cabo pruebas de bondad de ajuste (Kolmogorov-Smirnov, Anderson Darling y Chi-cuadrada), empleando los softwares Stat::Fit y Minitab.

Document1: Automatic Fitting

Auto::Fit of Distributions

distribution	rank	acceptance
Exponential(15., 3.)	0.	reject
Lognormal(15., 1.99, 0.935)	0.	reject
Uniform(15., 41.)	0.	reject

Document2: Automatic Fitting

Auto::Fit of Distributions

distribution	rank	acceptance
Exponential(15., 2.06)	0.	reject
Lognormal(15., 2.27, 0.8)	0.	reject
Uniform(15., 46.)	0.	reject

Document3: Automatic Fitting

Auto::Fit of Distributions

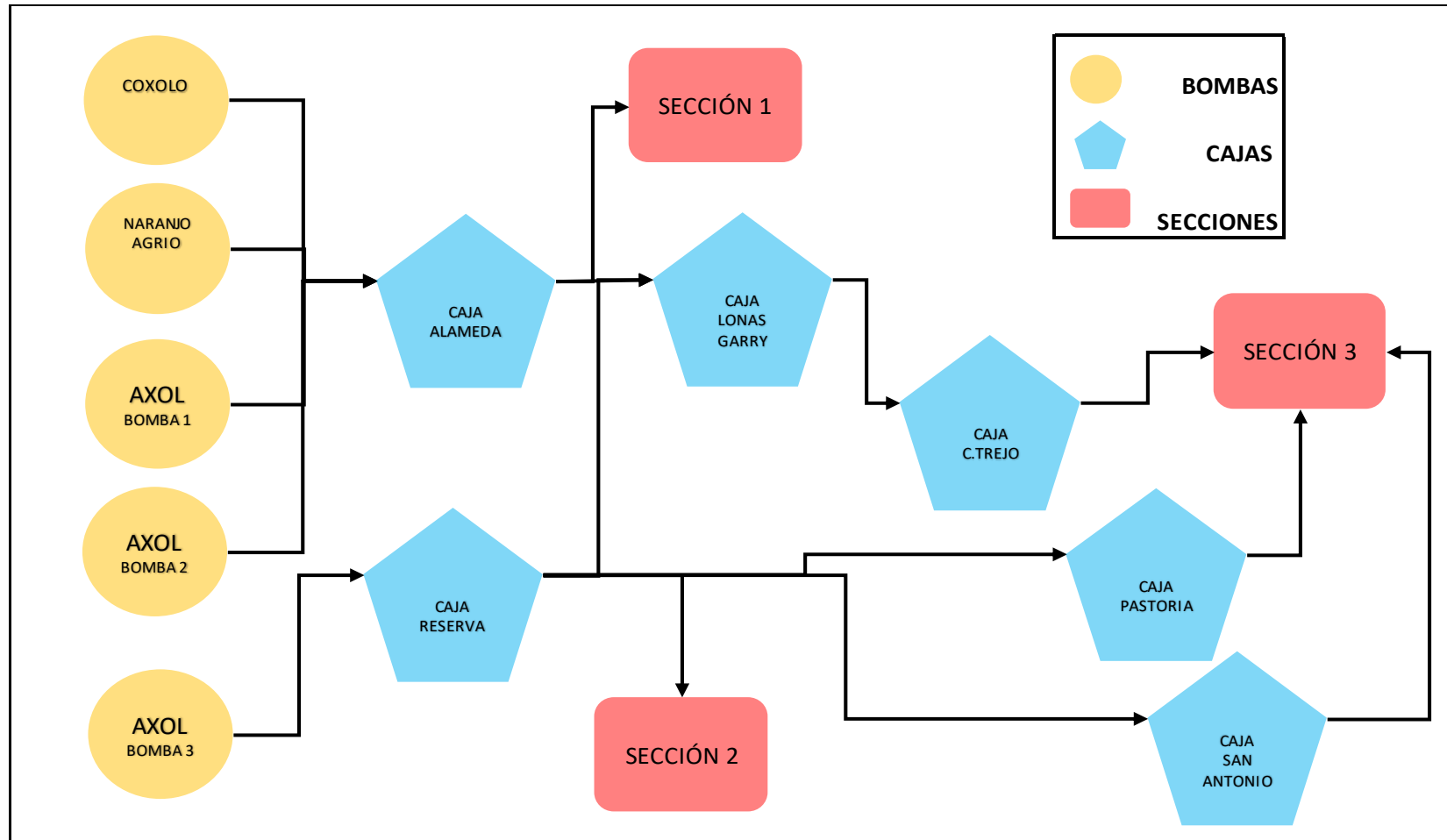
distribution	rank	acceptance
Exponential(15., 16.9)	100	reject
Lognormal(15., 2.65, 1.04)	1.41	reject
Uniform(15., 94.)	0.	reject

Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P	LRT P
Normal	25.008	<0.005	
Transformación Box-Cox	24.971	<0.005	
Lognormal	24.680	<0.005	
Lognormal de 3 parámetros	28.891	*	0.000
Exponencial	47.558	<0.003	
Exponencial de 2 parámetros	229.746	<0.010	0.000
Weibull	23.349	<0.010	
Weibull de 3 parámetros	26.140	<0.005	0.000
Valor extremo más pequeño	24.165	<0.010	
Valor extremo por máximos	28.580	<0.010	
Gamma	24.865	<0.005	
Gamma de 3 parámetros	27.951	*	0.000
Logística	24.182	<0.005	
Loglogística	24.012	<0.005	
Loglogística de 3 parámetros	27.304	*	0.000

Se optó por la construcción de distribuciones empíricas de probabilidad, apoyándose en el procedimiento que ofrece el software SIMIO®. Estas distribuciones empíricas se construyen a partir de los datos observados.

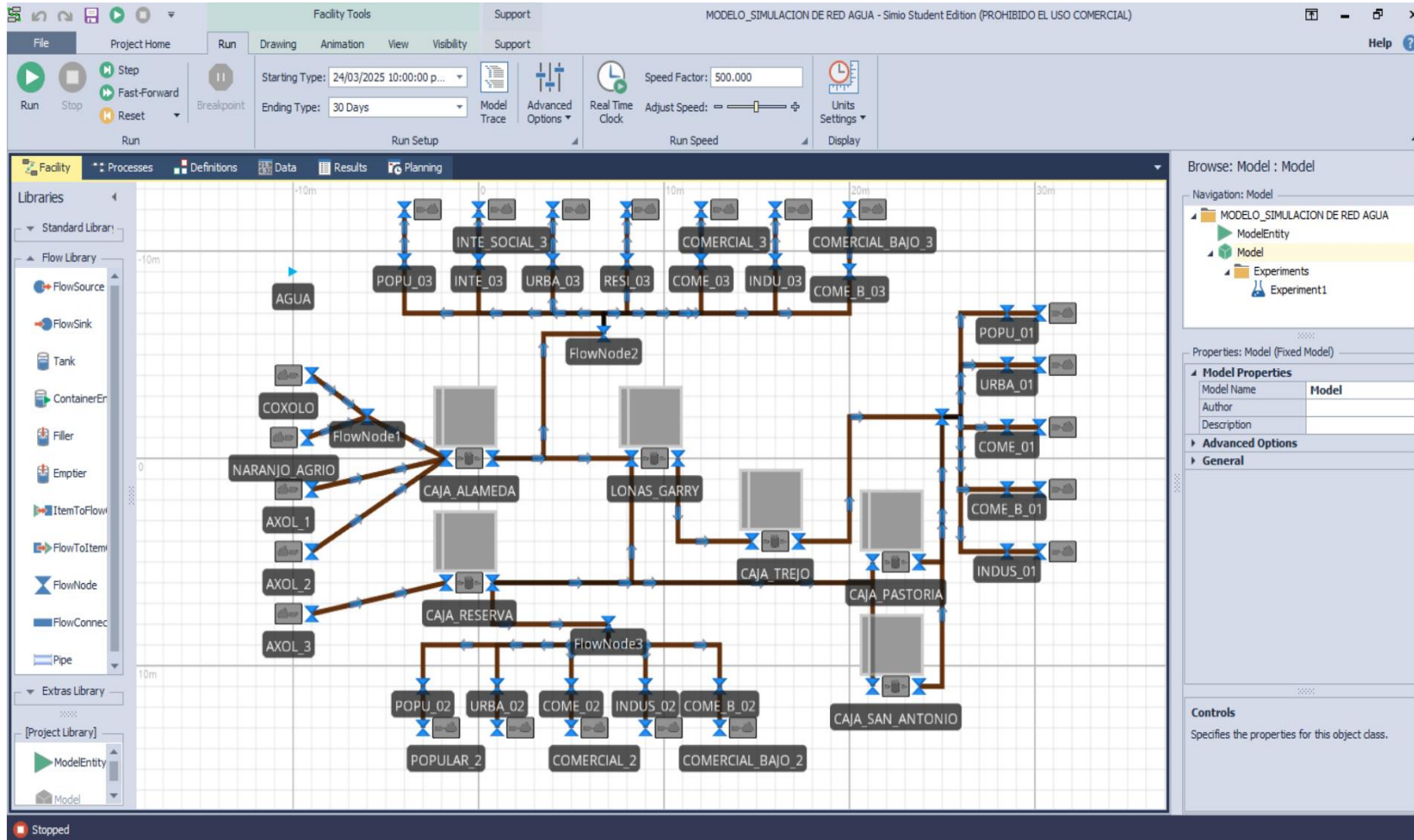
3. Elaboración del modelo



En esta fase se procedió con la construcción del modelo de simulación en el software SIMIO, en base al diagrama estructural de la red de suministro, en esta se representa las bombas, cajas y tanques de suministros, y las conexiones que hay entre ellos.

Diagrama estructural de la Red de Distribución
Fuente: Elaboración propia

4. Modelo de SIMIO



Se seleccionaron y configuraron los objetos de la Flow Library. Cada uno de estos objetos va a servir para representar algún componente del sistema de distribución de agua.

- FlowSource
- Tank
- FlowSink
- FlowNode
- FlowConnector
- ModelEntity

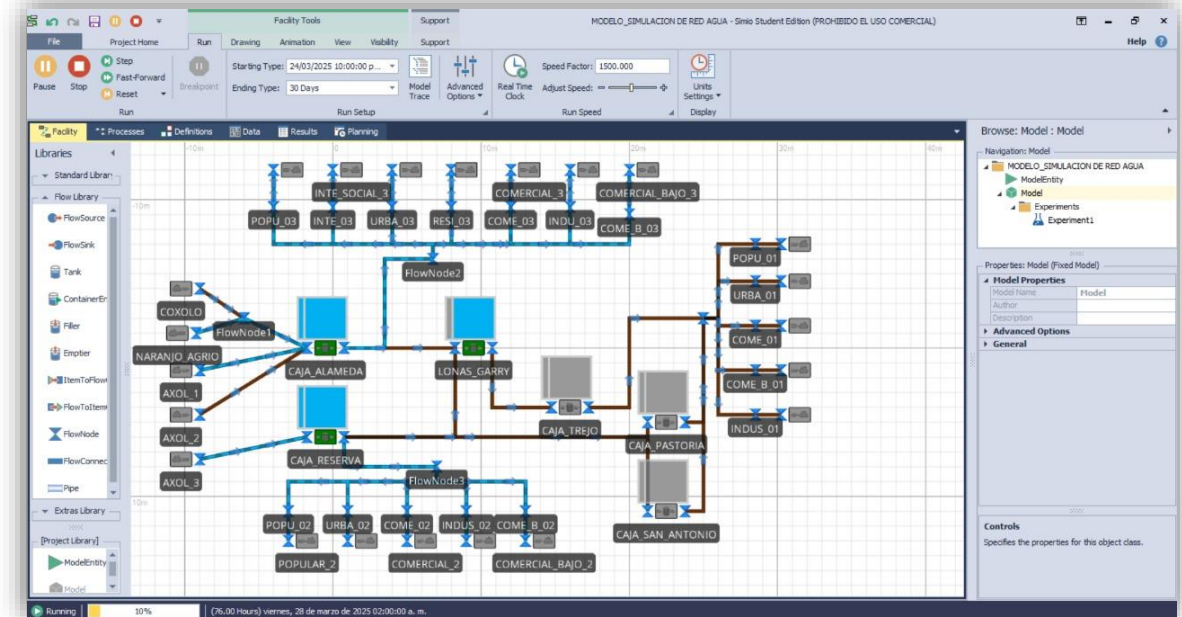
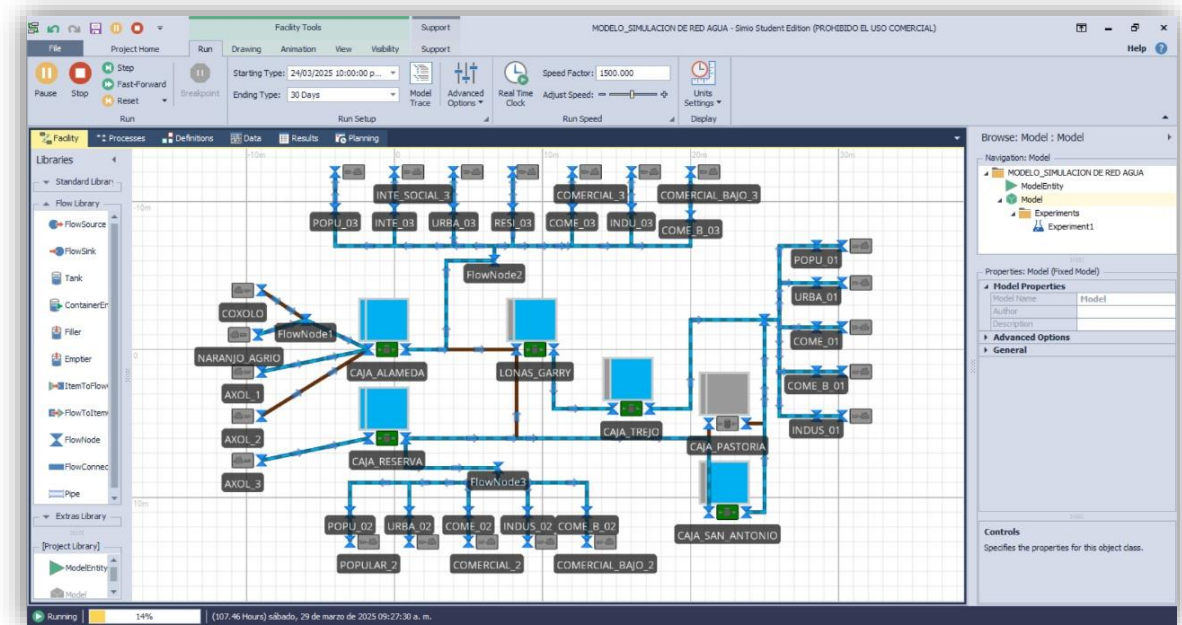
Modelo de Simulación en Software SIMIO®

Fuente: Elaboración propia

5. Verificación

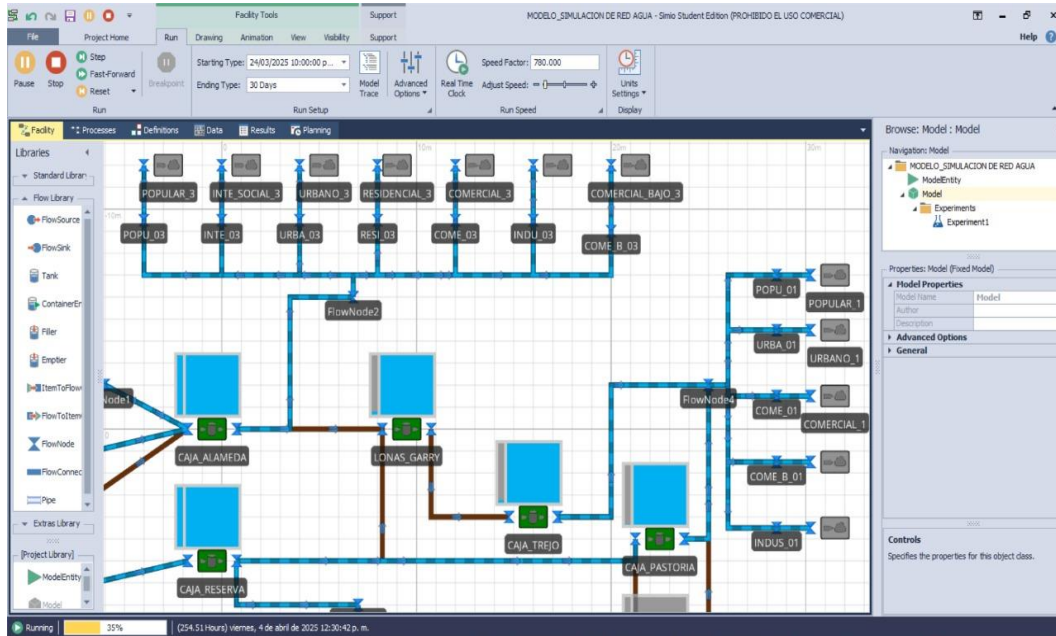
La verificación consiste en la comprobación de la lógica del modelo, en el cual se ejecutaron corridas de prueba para observar que la simulación:

- Cumpla con los horarios de operación de bombas y cajas funcionaran según la programación establecida.
- Confirmar que la lógica de rutas y procesos reprodujeran adecuadamente la operación de la red de distribución.
- Que los consumos asignados a cada sector sean representativos con los datos históricos.



6. Validación

Prueba t-pareada



DATOS				
	Simulado	Real		
Corridas	X_i	Y_j	$Z_j = X_i - Y_j$	$(Z_j - \bar{Z}_{10})^2$
1	208404.77	193248.68	15156.09	136909823.86
2	209289.86	205197.56	4092.31	405849.75
3	208013.29	190002.05	18011.23	211876757.50
4	208149.39	194822.24	13327.15	97454533.62
5	208434.33	214203.92	-5769.59	85097598.31
6	208647.08	204323.09	4324	754739.66
7	209154.03	195477.63	13676.40	104472032.09
8	208404.53	214901.86	-6497.33	99053588.21
9	209884.05	204211.52	5672.54	4916391.30
10	209011.30	210970.75	-1959.45	29318861.20
11	208924.46	225563.79	-16639.33	403791756.30
12	208751.86	210682.97	-1931.11	29102750.81
		PROMEDIO	3455.24	

Con un Nivel de confianza del 95% se determinó el intervalo de confianza, resultando ser: (-3189.44, 10099.93)

Conclusiones

- El modelo de simulación desarrollado permitió representar con un nivel de confianza del 95% el comportamiento actual de la red hídrica de la ciudad de Huatusco, Veracruz.
- La aplicación de la metodología de simulación discreta de Law y Kelton, enfocada en las dos primeras etapas, permitió construir y validar estadísticamente un modelo confiable que refleja la dinámica operativa del sistema real.
- Los resultados obtenidos establecen una base sólida para futuros análisis de escenarios, orientados a la optimización de la eficiencia y equidad hidráulica.

Recomendaciones

En trabajos futuros se recomienda avanzar hacia la etapa del análisis mediante el diseño de escenarios de mejora que consideren variaciones en la oferta y demanda del agua, así como la evaluación del impacto de estrategias de mantenimiento preventivo, control de fugas y expansión de la infraestructura.

Referencias

- Averill M. Law and W. David Kelton. (2000). Simulation Modeling and Analysis (McGraw-Hill, Ed.; 3rd ed.).
- Comisión Nacional del Agua. (n.d.-a). Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable. www.conagua.gob.mx
- Comisión Nacional del Agua. (n.d.-b). Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Distribución. www.conagua.gob.mx
- Comisión Nacional del Agua. (2020). Programa Nacional Hídrico 2020-2024.
- García Dunna, E., García Reyes, H., Cárdenas Barrón, L. (2013). Simulación y análisis de sistemas con ProModel (2a. ed.). México: Pearson Educación.
- Gutiérrez Pulido, H., Vara Salazar, R. d. l. (2004). Análisis y diseño de experimentos. México: McGraw-Hill.
- Sturrock, D. T., Kelton, W. D., Munoz, D. F. (2019). Simio y Simulación: Modelado, Análisis, Aplicaciones: Simio and Simulation: Modeling, Analysis, Applications - Spanish



MARVID®

© MARVID-Mexico

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. BMARVID is part of the media of MARVID-Mexico., E: 94-443.F: 008- (www.marvid.org/booklets)