



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

**ESCOM**

*Trabajo Terminal*

**“Sistema de Información para el apoyo a la detección de riesgos naturales en el Distrito Federal. Caso: Inundaciones”**

**2014-B093**

*Presenta:*

**César Ortiz Armenta**

*Directores:*

**Lic. Judith Margarita Tirado Lule**

**Dr. Ángel Morales González**

*Diciembre 2015*

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL





**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA**



*No. de TT2014-B093*

*Diciembre 2015*

Documento Técnico

**“Sistema de Información para el apoyo a la detección de riesgos naturales en el Distrito Federal. Caso: Inundaciones”**

*Presenta:*  
**César Ortiz Armenta**

*Directores:*

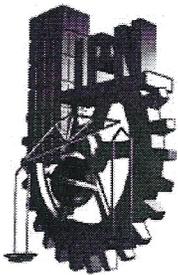
**Lic. Judith Margarita Tirado Lule**

**Dr. Ángel Morales González**

**RESUMEN**

Con la realización de este Trabajo Terminal, se propone la creación de un sistema de información, que analice datos específicos que hablen sobre el comportamiento meteorológico dentro de la Ciudad de México, con la finalidad de ofrecer un pronóstico confiable y eficaz de las posibles inundaciones en zonas de riesgo dentro del Distrito Federal. Haciendo un análisis estadístico con base en datos históricos de instancias gubernamentales como el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) o la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Esperamos que al finalizar este proyecto, se reduzcan los daños al patrimonio de la ciudadanía, así como a la población misma. También esperamos que contando con un mejor pronóstico, el erario público destinado en ayudar en este tipo de problemáticas, se redirija a resolver preocupaciones de otras índoles

**Palabras Clave:** Data Science, Estadística Descriptiva, Reconocimiento de Patrones, Riesgos Naturales



**ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA**



**DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN INTEGRAL E INSTITUCIONAL  
COMISIÓN ACADÉMICA DE TRABAJO TERMINAL**

México, D.F. a 14 de Diciembre de 2015.

**DR. FLAVIO ARTURO SÁNCHEZ GARFIAS  
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA  
DE TRABAJO TERMINAL  
PRESENTE**

Por medio del presente, se informa que los alumnos que integran el TRABAJO TERMINAL: 2014-B093, titulado “Sistema de Información para el apoyo a la detección de riesgos naturales en el Distrito Federal. Caso: Inundaciones” concluyeron satisfactoriamente su trabajo.

Los discos (DVDs) fueron revisados ampliamente por sus servidores y corregidos, cubriendo el alcance y el objetivo planteados en el protocolo original y de acuerdo a los requisitos establecidos por la Comisión que Usted preside.

**ATENTAMENTE**

**Lic. Judith Margarita Tirado Lule**

**Dr. Ángel Morales González**

---

---

## **ADVERTENCIA**

“Este documento contiene información desarrollada por la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, a partir de datos y documentos con derecho de propiedad y por lo tanto, su uso quedará restringido a las aplicaciones que explícitamente se convengan.”

La aplicación no convenida exime a la escuela su responsabilidad técnica y da lugar a las consecuencias legales que para tal efecto se determinen.

Información adicional sobre este reporte técnico podrá obtenerse en:

La Subdirección Académica de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, situada en Av. Juan de Dios Bátiz s/n Teléfono: 57296000, extensión 52000

---

---

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis directores por el apoyo incondicional y haberme soportado a lo largo de TODO este tiempo.

Gracias.

---

---

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	xii
ACRÓNIMOS .....	xvi
CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES .....	4
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.3. OBJETIVOS.....	6
1.3.1. Objetivo general .....	6
1.3.2. Objetivos específicos.....	7
CAPÍTULO 2.- MARCO CONCEPTUAL Y CONTEXTUAL .....	8
2.1. DESASTRES NATURALES.....	9
2.1.1. Tipos.....	9
2.1.2. Tendencias de Desastres Naturales de Acuerdo a su Origen.....	10
2.1.3. Impacto de los Desastres Naturales 1991-2005.....	12
2.2. INUNDACIONES CONTEXTO NACIONAL .....	13
2.2.1. Cronología del agua en el Valle de México .....	14
2.3. ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN DEL VALLE DE MÉXICO.....	18
2.3.1. La Vulnerabilidad del Valle de México ante el cambio climático .....	18
2.4. PRONÓSTICOS.....	20
2.4.1. Importancia.....	21
2.4.2. Tipos de pronósticos.....	22
2.5. SERIES DE TIEMPO.....	24
2.5.1. Elementos de las series de tiempo .....	24
2.5.2. Modelo de Winters .....	26
2.5.3. Métodos de descomposición.....	27
2.5.4. Móvil Autoregresivo Métodos De Promedio .....	28
CAPÍTULO 3.- ANÁLISIS.....	30
3.1. MARCO METODOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO TERMINAL .....	30
3.1.1. Actividades para el desarrollo de este trabajo:.....	30
3.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	31
3.2.1. Evaluación de sistemas semejantes .....	31

---

3.3.	MARCO METODOLÓGICO .....	34
3.3.1.	Principios de desarrollo .....	35
3.4.	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	36
3.4.1.	Factibilidad Técnica .....	36
3.4.2.	Hardware .....	37
3.4.3.	Software.....	37
3.5.	ANÁLISIS OPERATIVO .....	37
3.6.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	38
3.7.	ANÁLISIS DE RIESGOS .....	40
3.8.	REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA .....	42
3.8.1.	Requerimientos funcionales .....	42
3.8.2.	Requerimientos no funcionales .....	42
3.9.	MÉTODOS A UTILIZAR PARA EL PRONÓSTICO.....	43
3.9.1.	Modelo de Winters .....	43
3.9.2.	Método de Descomposición .....	46
3.9.3.	Método de regresión con indicadores estacionales.....	50
CAPÍTULO 4.- DISEÑO .....		52
4.1.	DIAGRAMA ARQUITECTURA DEL SISTEMA .....	52
4.2.	DIAGRAMAS DE CASO DE USO.....	53
4.2.1.	CU01 Abrir Archivo.....	54
4.2.2.	CU02 Iniciar Análisis.....	56
4.2.3.	CU03 Descargar datos.....	57
4.2.4.	CU04 Aplicar Método de Winters.....	58
4.2.5.	CU05 Aplicar Método de Descomposición.....	59
4.2.6.	CU06 Aplicar Método de Regresión .....	60
4.2.7.	CU07 Mostrar resultado .....	61
4.2.8.	CU08 Seleccionar opciones.....	62
4.2.9.	CU09 Descargar gráfica .....	63
4.3.	DIAGRAMA DE CLASES .....	64
4.4.	DIAGRAMA DE ACTIVIDADES.....	65
4.4.1.	Diagrama de actividades del sistema.....	65
4.4.2.	Diagrama de actividades de “Aplicar Método de Winters .....	66
4.4.3.	Diagrama de actividades de “Aplicar Método de Descomposición .....	67
4.4.4.	Diagrama de actividades de “Aplicar Método de Regresión.....	68

---

---

4.5.	DIAGRAMAS DE SECUENCIA .....	69
4.5.1.	Diagrama de Secuencia: Abrir Archivo.....	69
4.5.2.	Iniciar Análisis.....	69
4.5.3.	Descargar Datos.....	70
4.5.4.	Aplicar método de Winters.....	70
4.5.5.	Aplicar método de Descomposición.....	71
4.5.6.	Aplicar método de Regresión .....	71
4.5.7.	Mostrar Resultado .....	72
4.5.8.	Descargar gráficas .....	72
4.5.9.	Seleccionar opciones .....	73
4.6.	DEFINICIÓN DE INTERFACES DE USUARIO.....	74
4.6.1.	UI01 Pantalla de Opciones .....	74
4.6.2.	UI02 Selección de archivo.....	75
4.6.3.	UI03 Resultado por año .....	76
4.6.4.	UI04 Resultado por mes .....	77
4.6.5.	UI05 Datos relevantes .....	78
4.6.6.	UI06 Mostrar resultados .....	79
4.7.	Diagramas de flujo de datos .....	80
4.7.1.	Diagrama de flujo de datos nivel cero .....	80
4.7.2.	Diagrama de flujo de datos nivel uno.....	81
4.8.	Diagrama de la base de datos .....	82
CAPÍTULO 5.- PRUEBAS .....		83
5.1.	Primer set de datos.....	84
5.1.1.	Método de Winters .....	84
5.1.2.	Método de descomposición .....	85
5.1.3.	Método de regresión .....	86
5.2.	Segundo set de datos .....	87
5.2.1.	Método de Winters .....	87
5.2.2.	Método de descomposición .....	88
5.2.3.	Método de regresión .....	89
5.3.	Tercer set de datos .....	90
5.3.1.	Método de Winters .....	90
5.3.2.	Método de descomposición .....	91
5.3.3.	Método de regresión .....	92

---

---

---

5.4. Tabla comparativa .....	93
CONCLUSIONES .....	94
TRABAJO A FUTURO .....	96
REFERENCIAS .....	97
APÉNDICE A. CÓDIGO FUENTE.....	101
APÉNDICE B. SETS DE DATOS.....	126
APÉNDICE C. COCOMO .....	133

---

---

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. NÚMERO DE EVENTOS EN LOS QUE LA CRUZ ROJA INTERNACIONAL HA ACTUADO, AYUDANDO A LAS VÍCTIMAS, DE 1919 A 2004. ....	2
FIGURA 1.2 PRINCIPALES DESASTRES NATURALES.....	5
FIGURA 2.1 DESASTRES NATURALES Y SU CLASIFICACIÓN.....	9
FIGURA 2.2. OCURRENCIA DE DESASTRES NATURALES POR SU ORIGEN DE 1900-2005. ....	11
FIGURA 2.3 FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE DESASTRES NATURALES DE ACUERDO A SU ORIGEN DE 1991-2005. ....	12
FIGURA 2.4 TIPOS DE DESASTRES NATURALES OCURRIDOS DE 1991-2005.....	12
FIGURA 2.5 IMPACTO ECONÓMICO DE LOS DESASTRES NATURALES OCURRIDOS DE 1991-2005 .....	13
FIGURA 2.6 INUNDACIONES DE LA ÉPOCA PREHISPÁNICA .....	15
FIGURA 2.7 INUNDACIONES DE LA ÉPOCA COLONIAL.....	16
FIGURA 2.8 INUNDACIÓN EN 1950 CIUDAD DE MÉXICO.....	17
FIGURA 2.9 REGISTRO HISTÓRICO PERÍODO 1941 A 2010 .....	18
FIGURA 3.1 CICLO DE VIDA DE RUP .....	35
FIGURA 4.1 DIAGRAMA DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....	53
FIGURA 4.2 CASOS DE USO DEL SISTEMA .....	54
FIGURA 4.3 DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL SISTEMA.....	65
FIGURA 4.4 DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE APLICAR MÉTODO DE WINTERS.....	66
FIGURA 4.5 DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE APLICAR MÉTODO DE DESCOMPOSICIÓN .....	67
FIGURA 4.6 DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE APLICAR MÉTODO DE REGRESIÓN .....	68
FIGURA 4.7. DIAGRAMA DE SECUENCIA “ABRIR ARCHIVO”.....	69
FIGURA 4.8. DIAGRAMA DE SECUENCIA “INICIAR ANÁLISIS”.....	69
FIGURA 4.9. DIAGRAMA DE SECUENCIA “DESCARGAR DATOS”.....	70
FIGURA 4.10. DIAGRAMA DE SECUENCIA “APLICAR MÉTODO DE WINTERS”.....	70
FIGURA 4.11. DIAGRAMA DE SECUENCIA “APLICAR MÉTODO DE DESCOMPOSICIÓN”.....	71
FIGURA 4.12. DIAGRAMA DE SECUENCIA “APLICAR MÉTODO DE REGRESIÓN”.....	71
FIGURA 4.13. DIAGRAMA DE SECUENCIA “MOSTRAR RESULTADO”.....	72
FIGURA 4.14. DIAGRAMA DE SECUENCIA “DESCARGAR GRÁFICAS”.....	72
FIGURA 4.15. DIAGRAMA DE SECUENCIA “DESCARGAR GRÁFICAS”.....	73
FIGURA 4.16. PANTALLA DE OPCIONES .....	74
FIGURA 4.17. PANTALLA SELECCIÓN DE ACHIVO.....	75
FIGURA 4.18 PANTALLA RESULTADO POR AÑO.....	76
FIGURA 4.19 PANTALLA RESULTADO POR MES .....	77
FIGURA 4.20 PANTALLA DE DATOS RELEVANTES.....	78
FIGURA 4.21 PANTALLA DE RESULTADOS.....	79
FIGURA 4.22 DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS NIVEL CERO .....	80
FIGURA 4.23. DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS NIVEL UNO.....	81
FIGURA 4.24. DIAGRAMA DE LA BASE DE DATOS.....	82
FIGURA 5.1 RESULTADOS, MÉTODO DE WINTERS, PRIMER SET DE DATOS.....	84
FIGURA 5.2 RESULTADOS, MÉTODO DE DESCOMPOSICIÓN, PRIMER SET DE DATOS.....	85

---

---

FIGURA 5.3 RESULTADOS, MÉTODO DE REGRESIÓN, PRIMER SET DE DATOS .....	86
FIGURA 5.4 RESULTADOS, MÉTODO DE WINTERS, SEGUNDO SET DE DATOS .....	87
FIGURA 5.5 RESULTADOS, MÉTODO DE DESCOMPOSICIÓN, SEGUNDO SET DE DATOS.....	88
FIGURA 5.6 RESULTADOS, MÉTODO DE REGRESIÓN, SEGUNDO SET DE DATOS.....	89
FIGURA 5.7 RESULTADOS, MÉTODO DE WINTERS, TERCER SET DE DATOS .....	90
FIGURA 5.8 RESULTADOS, MÉTODO DE DESCOMPOSICIÓN, TERCER SET DE DATOS.....	91
FIGURA 5.9 RESULTADOS, MÉTODO DE REGRESIÓN, TERCER SET DE DATOS.....	92

---

---

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS LLUVIAS SEGÚN SU INTENSIDAD EN 24 H.....	14
TABLA 2.2 PROBLEMAS REPORTADOS POR LLUVIAS EN 2013 .....	19
TABLA 2.3 FRECUENCIA RELATIVA DE LAS INUNDACIONES Y PRECIPITACIÓN [39].....	20
TABLA 2.4 RESUMEN MÉTODOS DE PRONÓSTICO .....	23
TABLA 3.1 COSTOS GENERALES DEL DESARROLLO .....	38
TABLA 3.2 SUELDOS EN MÉXICO PARA LAS DISTINTAS ÁREAS DE TI.....	39
TABLA 3.3 VALORES DE IMPACTO .....	40
TABLA 3.4 RIESGOS EN EL PROYECTO.....	40
TABLA 4.1 ATRIBUTOS IMPORTANTES CU01.....	54
TABLA 4.2 ATRIBUTOS IMPORTANTES CU02.....	56
TABLA 4.3 ATRIBUTOS IMPORTANTES CU03.....	57
TABLA 4.4 ATRIBUTOS IMPORTANTES CU04.....	58
TABLA 4.5 ATRIBUTOS IMPORTANTES CU05.....	59
TABLA 4.6 ATRIBUTOS IMPORTANTES CU06.....	60
TABLA 4.7 ATRIBUTOS IMPORTANTES CU07.....	61
TABLA 4.8 ATRIBUTOS IMPORTANTES CU08.....	62
TABLA 4.9 ATRIBUTOS IMPORTANTES CU08.....	63
TABLA 4.10 ATRIBUTOS UI01 .....	75
TABLA 4.11 ATRIBUTOS UI02 .....	75
TABLA 4.12 ATRIBUTOS UI03 .....	76
TABLA 4.13 ATRIBUTOS UI04 .....	77
TABLA 4.14 ATRIBUTOS UI05 .....	78
TABLA 4.15 ATRIBUTOS UI06 .....	79

---

---

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Asentamiento.** Hundimiento que sufre el terreno por efecto de la acción de cargas o fuerzas que alteran el estado de equilibrio del terreno natural. [1]

**Ciclo Hidrológico.** El ciclo del agua, también conocido como ciclo hidrológico, describe el movimiento continuo y cíclico del agua en el planeta Tierra. El agua puede cambiar su estado entre líquido, vapor y hielo en varias etapas del ciclo, y los procesos pueden ocurrir en cuestión de segundos o en millones de años. Aunque el equilibrio del agua en la Tierra permanece relativamente constante con el tiempo, las moléculas de agua individuales pueden circular muy rápido [2].

**Clima.** Es el estado más frecuente de la atmósfera en un lugar determinado; conjunto de condiciones atmosféricas propias de un lugar o región, determinadas por los valores medios de los elementos del clima que son: temperatura, humedad, presión, vientos, ambos modificados por los factores del clima como son la latitud, la altitud, el relieve, las corrientes marinas [1].

**Complejidad.** El término complejo debe entenderse en los siguientes dos sentidos: Por un lado, indica la cantidad de elementos de un sistema (complejidad cuantitativa) y, por el otro, sus potenciales interacciones (conectividad) y el número de estados posibles que se producen a través de éstos (variedad, variabilidad). La complejidad sistémica está en directa proporción con su variedad y variabilidad, por lo tanto, es siempre una medida comparativa. Una versión más sofisticada de la TGS se funda en las nociones de diferencia de complejidad y variedad. Estos fenómenos han sido trabajados por la cibernética y están asociados a los postulados de R. Ashby [3], en donde se sugiere que el número de estados posibles que puede alcanzar el ambiente es prácticamente infinito.

**Conocimiento:** “Acto o efecto de conocer” “Idea, noción” “Noticia, ciencia” “Práctica de vida, experiencia” “Discernimiento, criterio, apreciación” “Consciencia de sí mismo, acuerdo” “En el sentido más amplio, atributo general que tienen los seres vivos de regir

---

---

activamente el mundo circundante, en la medida de su organización biológica y en el sentido de su supervivencia” [4].

**Hidrología.** Ciencia que estudia las aguas, sus propiedades, distribución, circulación y utilización [1].

**Higrómetro.** Instrumento para medir la humedad [1].

**Información.** Es un conjunto de datos que al relacionarse adquieren sentido o un valor de contexto o de cambio [5].

**Indicador.** Valor en peso, edad, estatura, cantidad y otras unidades de medida que permite conocer la magnitud o tamaño de algo en relación con el total o un universo dado. Se expresa en números absolutos y/o porcentajes [6].

**Infraestructura.** Se le llama así a cualquier equipo o construcción útil para prestar algún servicio o realizar determinada actividad (carretera, planta de tratamiento de aguas residuales, drenaje, energía eléctrica, aeropuerto, cines, tiendas, etcétera) [7].

**Inundaciones.** Invasión lenta o violenta de aguas de río, lagunas o lagos, debido a fuertes precipitaciones fluviales o rupturas de embalses, causando daños considerables. Se pueden presentar en forma lenta o gradual en llanuras y de forma violenta o súbita en regiones montañosas de alta pendiente [1].

**Mejora.** Incremento de la calidad de una institución, programa o actividad docente, investigadora o de gestión. Normalmente, se contrasta con criterios o estándares previamente establecidos para alcanzar niveles superiores de calidad [8].

**Modelo.** Propuesta, normalmente de carácter teórico-práctico, que tiene una serie de características que se consideran dignas de emular. Generalmente, el modelo ilustra una

---

---

situación deseable para ser analizada y puesta en práctica en un contexto educativo similar, o bien adaptarla a otras características del entorno [9].

**Operación.** Una o más actividades realizadas sobre un producto por una maquinaria o proceso [10].

**Planeación.** Es el sistema que comienza con los objetivos, desarrolla políticas, planes, procedimientos y cuenta con un método de retroalimentación de información para adaptarse a cualquier cambio de circunstancias [7].

**Presión Atmosférica.** También llamada presión del aire o barométrica, es el peso de la atmósfera sobre una unidad de la superficie de la Tierra. Los cambios de temperatura suelen ir acompañados de fluctuaciones en la presión atmosférica. [1].

**Proceso.** Una serie de operaciones individuales necesarias para diseñar un producto, completar un pedido o fabricar un producto [7].

**Producto.** Objeto o sustancia fabricado a partir de una materia prima determinada, por ejemplo: una silla, de la madera; la gasolina, del petróleo; una blusa, del algodón [11].

**La recursividad.** Se refiere a la capacidad que un sistema tiene de responder ante las perturbaciones de su entorno transmitiéndolas a través de toda su estructura. También se refiere a una característica estructural del sistema y sus partes, según la cual, estos componentes del sistema son a la vez independientes del mismo y se ubican en diferentes niveles de jerarquía de sistemas y subsistemas con estructuras y conductas idénticas al sistema de orden superior en cuál están inmersos [12].

**Seguimiento.** Proceso mediante el cual se recopilan sistemáticamente y con cierta regularidad los datos referidos al desarrollo de un programa a lo largo del tiempo [8].

---

---

**Sistema.** Es una serie de elementos interrelacionados que realizan alguna actividad, función u operación. Se puede definir también como un conjunto de componentes que interactúan para alcanzar algún objetivo [13].

**Suministro.** Provisión, por lo general regular y en cantidad importante; como la de víveres, utensilios y pertrechos a las tropas, abastecimiento [14].

**Valor.** Lo define solamente el consumidor final, lo crea el fabricante [15].

---

---

# ACRÓNIMOS

**CENAPRED:** Centro Nacional de Prevención de Desastres

**COCOMO:** Constructive Cost Model

**CONAGUA:** Comisión Nacional del Agua

**CRID:** Centro Regional de Información de Desastres

**DF:** Distrito Federal

**DOF:** Diario Oficial de la Federación

**INEGI:** Instituto Nacional de Estadística y Geografía

**IPCC:** Intergovernmental Panel on Climate Change

**PROSOFT:** Programa para el Desarrollo de la Industria del Software

**SEMARNAT:** Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

**SMN:** Servicio Meteorológico Nacional

**UNDP:** United Nations Development Program

**USMN:** Unidad del Servicio Meteorológico Nacional

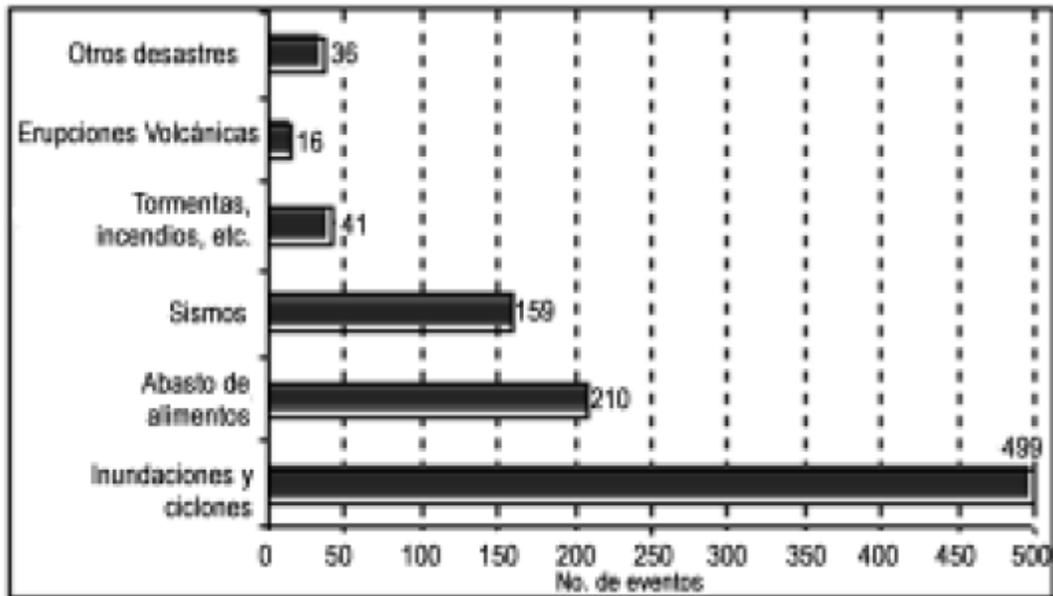
---

---

# CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales más valiosos de cualquier país debido a los beneficios sociales y económicos que se derivan de su consciente explotación; sin embargo, junto con las ventajas, existen también situaciones extremas tales como las inundaciones y las sequías.

A nivel mundial las inundaciones están aumentando más rápidamente que ningún otro desastre. De acuerdo con la Cruz Roja Internacional [16], durante el periodo 1919-2004, han colaborado con ayuda en más eventos de inundaciones que de cualquier otro tipo (Figura 1.1), en gran medida porque el acelerado desarrollo de las comunidades modifica los ecosistemas locales, incrementando el riesgo de inundación al que están expuestas muchas poblaciones.



*Figura 1.1. Número de eventos en los que la Cruz Roja Internacional ha actuado, ayudando a las víctimas, de 1919 a 2004. [16]*

México es afectado por varios tipos de fenómenos hidrometeorológicos que pueden provocar la pérdida de vidas humanas o daños materiales importantes. Principalmente está expuesto a lluvias e inundaciones, granizadas, nevadas, heladas, tormentas eléctricas y tornados. Todos los fenómenos anteriores son manifestaciones de las tormentas severas que se presentan en todo el territorio nacional.

Por lo tanto, la evaluación de un desastre puede definirse como un proceso que permite determinar el impacto que dicho evento ha tenido sobre la sociedad, las necesidades y prioridades inmediatas destinadas a salvar las vidas de los supervivientes, los recursos disponibles y las posibilidades para facilitar y acelerar la recuperación y el desarrollo a largo plazo.

A continuación, se presenta un panorama general sobre la investigación de este TT.

En primera instancia se realiza una descripción de los riesgos hidrometeorológicos, que de acuerdo al Centro Nacional de Prevención de Desastres [17], se clasifican en:

- Ciclones Tropicales (Huracanes)
- Inundaciones
- Tormentas de Granizo

- 
- Heladas y Nevadas
  - Tornados
  - Viento
  - Sequías
  - Erosión
  - Frente frío

Para este TT, el caso que nos ocupa, es de inundaciones en el Distrito Federal.

De acuerdo con el glosario internacional de hidrología [18], la definición oficial de inundación es: “aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce”. En este caso, “nivel normal” se debe entender como aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños, es decir, inundación es una elevación mayor a la habitual en el cauce, por lo que puede generar pérdidas materiales.

Por otra parte, avenida se define como: “Una elevación rápida y habitualmente breve del nivel de las aguas en un río o arroyo hasta un máximo desde el cual dicho nivel desciende a menor velocidad”. Estos incrementos y disminuciones, representan el comportamiento del escurrimiento en un río.

Con lo anterior, se entiende por inundación: aquel evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y, generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura [19, 20, 21, 22].

En la actualidad el único sistema que sirve como base para las zonas de inundaciones es el Atlas Nacional de Riesgos de la CENAPRED [17] perteneciente a la Secretaría de Gobernación, que tiene como objetivo emitir recomendaciones para la oportuna toma de decisiones y establecer medidas de prevención y mitigación en zonas de desastre.

Otro sistema gubernamental es el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), organismo encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local en nuestro país. El Servicio Meteorológico Nacional, depende de la Comisión Nacional del

---

---

Agua (CONAGUA), la cual forma parte de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Los objetivos del SMN se concentran en la vigilancia continua de la atmósfera para identificar los fenómenos meteorológicos que pueden afectar las distintas actividades económicas y sobre todo originar la pérdida de vidas humanas. El SMN también realiza el acopio de la información climatológica nacional.

## **1.1. ANTECEDENTES**

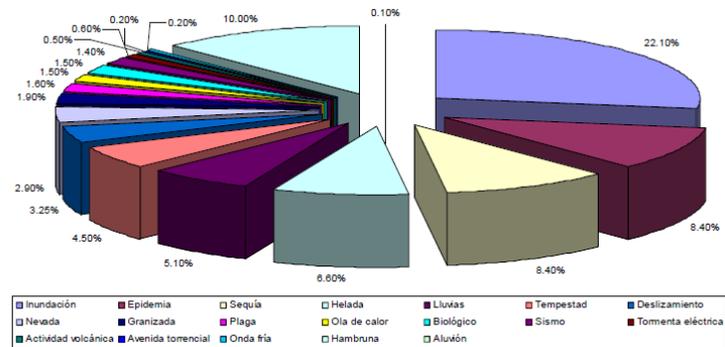
A lo largo de la historia de la humanidad, los desastres naturales han causado muerte y sufrimiento y su ocurrencia se ha incrementado de una manera alarmante en todo el mundo. Durante las últimas dos décadas han causado la muerte de millones de personas, y afectado la vida de al menos mil millones de personas [23] [24] [25] [26] [27].

El fenómeno del cambio climático que se manifiesta en un aumento en la temperatura promedio del planeta, directamente vinculada con el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, producto de actividades humanas relacionadas con la quema de combustibles fósiles (por ejemplo, petróleo, carbón) y el cambio de uso de suelo (deforestación) [28] [26] [27] [29].

Este aumento de la temperatura tiene consecuencias en la intensidad de los fenómenos del clima en todo el mundo.

Los devastadores efectos de los desastres se magnifican por una elevada vulnerabilidad de la sociedad y la economía que se deriva de un conjunto de factores. Entre otros, la inexistente planeación, prevención y mitigación a nivel de las regiones o zonas vulnerables, la falta de medidas que induzcan a una localización más segura de los asentamientos humanos, el manejo insuficiente de las cuencas hidrográficas, el deterioro ambiental, la marginación y la escasa operación de sistemas de alerta temprana. Hoy en día 87.7 millones de habitantes en el país residen en zonas de riesgo por distintos tipos de fenómenos, de los cuales cerca del

70%habitan en zonas urbanas, el 9.5% en zonas semi-urbanas y el resto (20.5%) lo hace en zonas rurales [30].



*Figura 1.2 Principales desastres naturales [25].*

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

En la Ciudad de México existe una gran actividad en cuestión de inundaciones. Cada año, el Distrito Federal sufre de estos desastres naturales en variadas zonas de ésta y solo se cuentan con protocolos de rescate y auxilio para una vez que estos ya han sucedido. Lo que se propone es que a través de un sistema de información se recabe la información necesaria sobre este problema, formular un modelo estadístico que determine la probabilidad que ocurra en algún lugar específico y así poner en marcha acciones de prevención para minimizar o anular el daño que las inundaciones puedan provocar a una zona específica o algún sector de la población.

Al finalizar la realización de este TT, con el sistema que se propone, se podrían detectar de manera temprana riesgos de inundaciones de manera más precisa, evitando pérdidas materiales en las zonas que podrían ser afectadas, así como también evitar perjudicar a la ciudadanía. Con estas acciones también se reduciría el uso del presupuesto que el gobierno de la Ciudad de México tiene previsto para combatir los problemas que las inundaciones atraen dentro de las demarcaciones políticas de esta zona.

---

---

En primera instancia, los clientes potenciales, son directamente el gobierno de la Ciudad de México, en conjunto con Protección Civil, pues les estaríamos ofreciendo una mejor forma de evitar afectaciones producidas por inundaciones. Aunque en caso de que así se requiriera, cualquier gobierno de cualquier ciudad podría hacer uso de este sistema, pues aunque los datos estadísticos que se analizarán serán exclusivamente de la ciudad de México, no es un problema intercambiar éstos, por los de alguna otra ciudad o región y así ofrecer un pronóstico.

La complejidad de este proyecto, la podemos valorar como media, pues una parte elemental en este TT, es la recaudación de los datos pertinentes para su elaboración. Y es que no siempre es fácil obtener datos fiables, recientes, actualizados o precisos, sobre todo a la escala en la que se pretende, como lo es el análisis de una ciudad entera.

Actualmente, no existe un modelo de pronóstico como tal en la ciudad de México, el Atlas Nacional de Riegos [17], solo muestra los datos de inundaciones pasadas, pero no hay una expectativa a futuro. Con la realización de este proyecto, pretendemos analizar estos datos que nos ofrecen instancias gubernamentales como el SMN o la SEMARNAT y obtener un pronóstico a futuro eficaz y preciso.

### **1.3. OBJETIVOS**

Para el logro de este proyecto, se deben establecer objetivos que son los fundamentos para el desarrollo de éste, a continuación se definen.

#### **1.3.1. Objetivo general**

Desarrollar un sistema para la detección de riesgos naturales en el Distrito Federal, Caso: Inundaciones.

---

---

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Analizar el medio ambiente general de los riesgos de inundación para obtener la situación actual.
- Conocer el estado actual de los sistemas de detección de riesgos de inundaciones basados en el Atlas Nacional de Riesgos para identificar y analizar sus características principales.
- Analizar la problemática de los sistemas de detección de riesgos, para obtener el diagnóstico.
- Diseñar y construir un sistema de información para apoyar al pronóstico de riesgos de inundación en el Distrito Federal.
- Proponer un sistema de pronósticos de riesgos de inundaciones para el sistema de información en detección de riesgos hidrológicos en el Distrito Federal.
- Comprobar la validez del sistema de información de pronóstico de inundaciones.

---

## **CAPÍTULO 2.- MARCO CONCEPTUAL Y CONTEXTUAL**

En resumen, el presente capítulo contiene una descripción de la revisión de literatura concerniente a los desastres naturales, y en específico las inundaciones, pronósticos para predecir estas, así como los sistemas de detección, asimismo se presentan los principales conceptos que integran este proyecto.

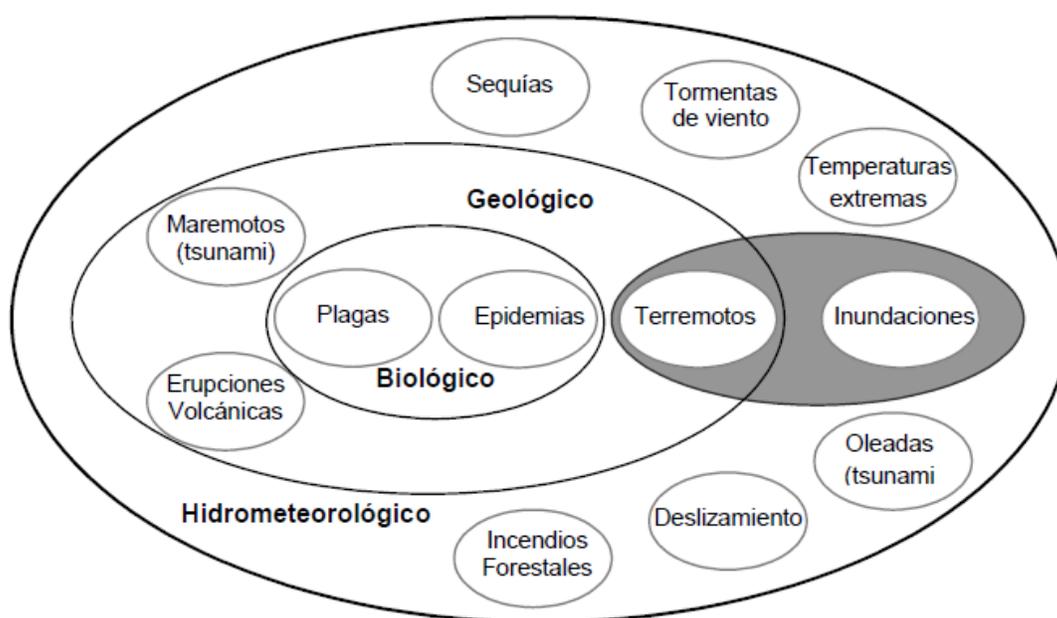
---

## 2.1. DESASTRES NATURALES

### 2.1.1. Tipos

En general, se considera como desastres aquellos eventos cuya magnitud impacta en gran medida las economías regionales o locales, con significativas pérdidas que ocasionan la movilización de ayuda humanitaria para la rehabilitación de las áreas afectadas.

También pueden ser el resultado de acciones erróneas del hombre, tales pueden ser los casos de incendios, explosiones, en todo tipo de industrias (conocidos también como desastres tecnológicos, aunque no son objeto de estudio en este trabajo).



*Figura 2.1 Desastres naturales y su clasificación. [31] .*

Existen varias clasificaciones de desastres naturales; sin embargo, por conveniencia se adopta la clasificación de la CRED [31], ésta clasifica a los desastres por su origen (Figura 2.1):

**a) Hidrometeorológicos:** son los que se dan a partir de fenómenos que se generan en la atmósfera y dentro de esta categoría se encuentran los siguientes tipos: sequías, temperaturas extremas, inundaciones, deslizamientos, incendios forestales, tormentas tropicales, entre otros.

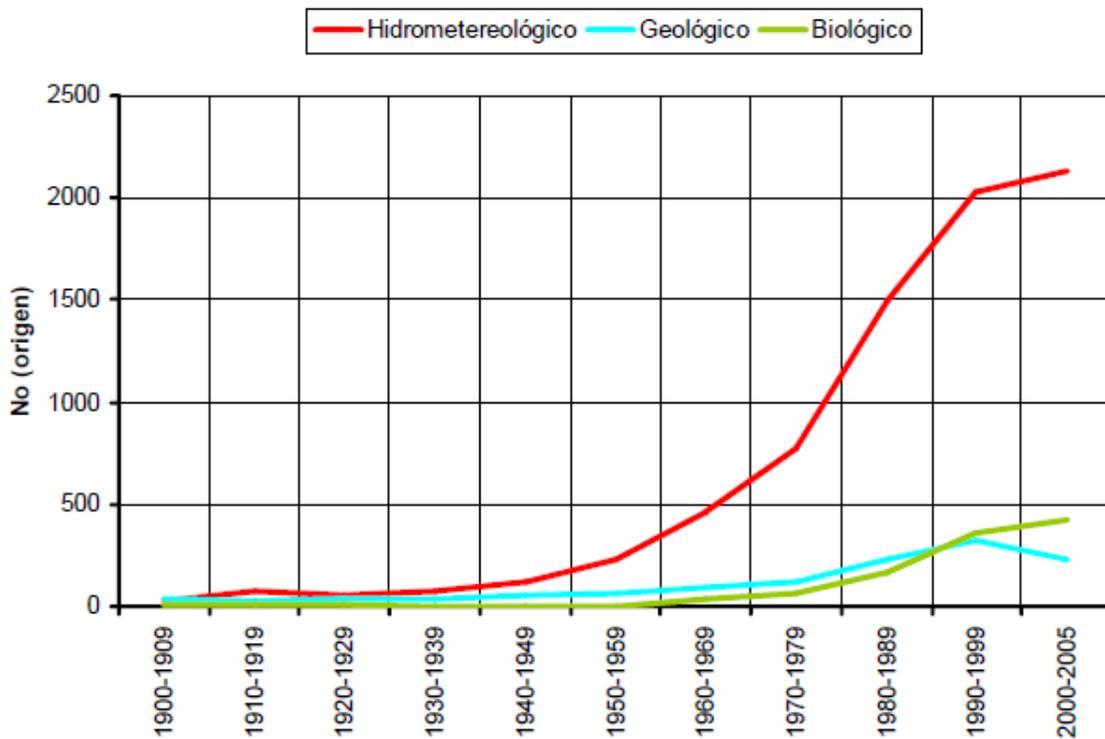
---

**b) Geológicos:** son aquellos que fundamentalmente se dan por movimientos de placas tectónicas, por vulcanismos, por ruptura de la corteza terrestre o por irregularidades en el relieve y la conformación del subsuelo. Terremotos, erupciones volcánicas, maremotos son ejemplos de esta categoría.

**c) Biológicos:** epidemias y propagación de enfermedades por insectos son ejemplos dentro de esta categoría.

### **2.1.2. Tendencias de Desastres Naturales de Acuerdo a su Origen**

La Figura 2.2 presenta las tendencias de desastres naturales de acuerdo al origen de los mismos, según los datos de la OFDA/CRED [25]. De la Figura se puede observar una tendencia a la alza de la ocurrencia de desastres naturales de origen hidrometeorológico (línea de color rojo en la Figura 2.2.). Se observa también un incremento considerable de éstos a partir de los años 80 al año 2005. Lo anterior coincide con otras investigaciones que argumentan que esto es debido al fenómeno del cambio climático [32] [28] [33] [34] [35] [26] [27].

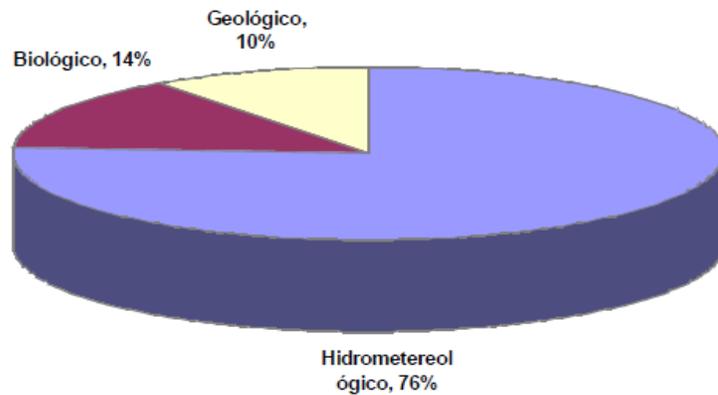


*Figura 2.2. Ocurrencia de desastres naturales por su origen de 1900-2005 [25].*

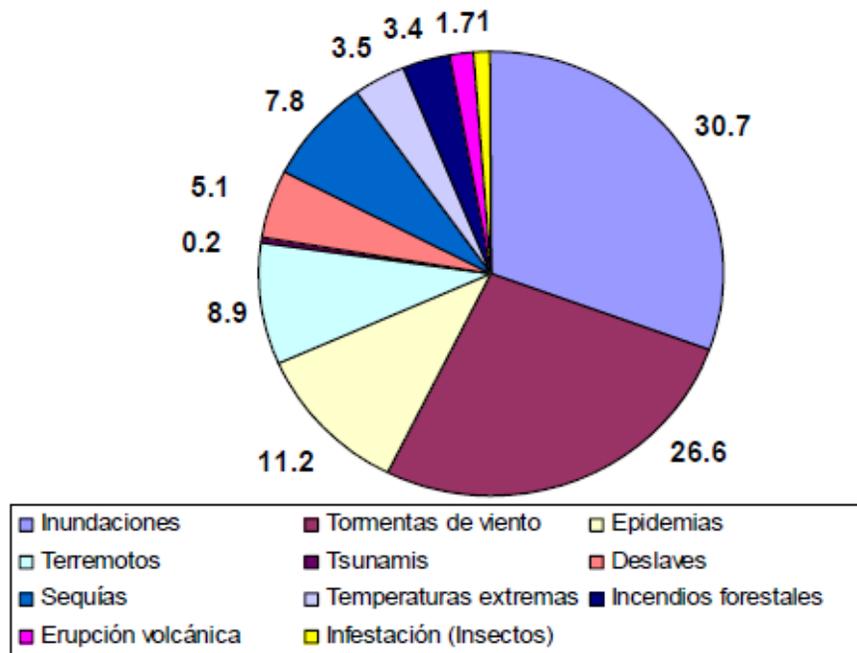
Por otro lado, de la misma Figura se observa que los desastres de origen geológico tienen una tendencia a la baja (línea de color azul) en los últimos cinco años. Finalmente, los de origen biológico (línea de color verde en la Figura) muestran una tendencia a la alza, a partir de los años 80 al 2005.

La Figura 2.3 muestra algunas estadísticas a nivel mundial de desastres naturales de acuerdo a su origen y tipo, respectivamente. De la Figura se puede observar que los desastres naturales de origen hidrometeorológico son los de mayor ocurrencia, con un 76%, seguido de los de origen biológico con el 14% y finalmente los de origen geológico con el 10%.

Por otro lado, la Figura 2.4, muestra los tipos de desastres naturales que han ocurrido en el mundo de los años 1991 al 2005. De la figura se puede observar que las inundaciones ocupan el primer lugar con un porcentaje del 30.7 %, seguida de tormentas de viento con el 26.6 % y finalmente las epidemias con el 11.2 %.



*Figura 2.3 Frecuencia de ocurrencia de desastres naturales de acuerdo a su origen de 1991-2005 [25].*



*Figura 2.4 Tipos de desastres naturales ocurridos de 1991-2005 [25].*

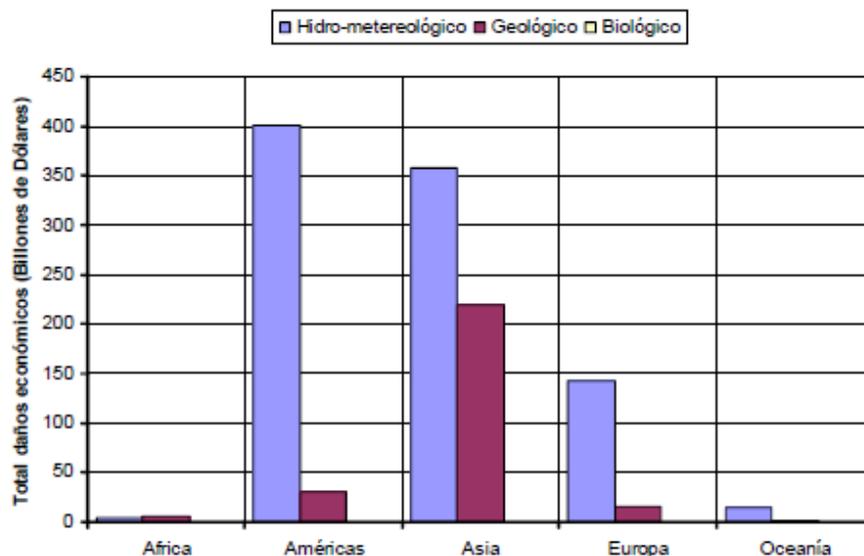
### 2.1.3. Impacto de los Desastres Naturales 1991-2005

Los desastres naturales son eventos que tienen como consecuencias graves en términos de fatalidades o defunciones, afectaciones a la población así como daños económicos.

---

### 2.1.3.1. Daño Económico del Periodo de 1991-2005

Las Figura 2.5, presenta estadísticas del daño económico de los desastres naturales. La Figura muestra que los desastres de origen hidrometeorológico son los que más daño económico representan en el continente americano, con un total de 400.82 billones de Dólares. Por otro lado, los de origen geológico son los que causan un mayor impacto económico en Asia con un total de 219.74 billones de Dólares.



*Figura 2.5 Impacto económico de los desastres naturales ocurridos de 1991-2005 [25].*

## 2.2. INUNDACIONES CONTEXTO NACIONAL

Según datos del Centro Nacional de Prevención de Desastres [36] [37] (CENAPRED), los desastres causados por fenómenos naturales en México, provocan pérdidas económicas directas e indirectas, que ascienden en promedio con cifras de carácter tentativo, a 700 millones de dólares como mínimo. Es importante destacar que el aparente incremento en la frecuencia y severidad de diferentes fenómenos naturales, se ha vinculado al llamado cambio climático, el cual, es uno de los temas recurrentes en la actualidad [32] [28] [33].

---

**Tabla 2.0.1 Clasificación de las lluvias según su intensidad en 24 h**

CLASIFICACIÓN	INTENSIDAD
Lluvias Intensas	Lluvia mayor de 70 mm
Lluvias Muy Fuertes	Lluvia entre 50 y 70 mm
Lluvias Fuertes	Lluvia entre 20 y 50 mm
Lluvias Moderadas	Lluvia entre 10 y 20 mm
Lluvias Ligeras	Lluvia entre 5 y 10 mm
Lluvias Escasas	Lluvia menor de 5 mm

## **2.2.1. Cronología del agua en el Valle de México [38]**

### *2.2.1.1. Inundaciones en la época prehispánica*

Los aztecas poseían el conocimiento de todos los elementos que conforman el ecosistema del Valle de México y las áreas frecuentemente ocupadas por las crecientes, y así respetando las leyes de la naturaleza y espacio de este, evitaron las inundaciones, así la capital del imperio azteca sufrió escasas inundaciones y las tres más grandes ocurrieron:

- 1469 Murió el 10% de su población, con veinte mil hombres construyeron el dique o albardón de Nezahualcóyotl con una longitud de 16 km.
- 1498 Aumentó el nivel de las aguas en casi 2 m., destrucción de casas amenazaba el hambre. Se reedificó la ciudad.
- 1502 Incesantes lluvias provocaron el aumento de los ríos, la ciudad se convirtió en un archipiélago y pobladores se vieron forzados a abandonarla.

Las obras hidráulicas realizadas por los mexicas mantuvieron al Valle México casi sin inundaciones, situación que cambió con la llegada de los españoles



*Figura 2.6 (a, b) Inundaciones de la época prehispánica*

#### *2.2.1.2. Inundación en la época colonial*

A la llegada de los españoles a la cuenca, no conocían el funcionamiento hidráulico y perdieron más de la mitad los lagos, tratando de desecar los vasos y así librar las terribles inundaciones.

El 20 de septiembre de 1629, impresionante tormenta. Durante treinta y seis horas ininterrumpidas el agua cayó sobre la ciudad de México, interrumpiendo la tranquila vida colonial. Quedó completamente inundada, sólo una pequeña parte de Tlatelolco y otra de la plaza mayor quedaron a salvo de las aguas.

La inundación fue la peor de que se tenga memoria en toda la historia de la ciudad de México. Cobró treinta mil víctimas entre los indios; desalojó a cerca de veinte mil familias españolas que emigraron a Puebla y la lluvia colmó el espacio urbano durante cinco años. Cuando las aguas regresaron a sus límites naturales, la capital de Nueva España sólo contaba con cuatrocientas familias. Había transcurrido poco más de un siglo desde la conquista de México y parecía que la ciudad capital estaba cerca del fin de sus días.



*Figura 2.7 Inundaciones de la época colonial.*

### 2.2.1.3. *Las inundaciones en el México independiente*

En 1856 las inundaciones eran cada vez más alarmantes: en algunas zonas hasta tres metros de altura. El Ing. Francisco de Garay, propuso construir un canal que saliera desde San Lázaro atravesar los lagos de Texcoco, San Cristóbal y Zumpango, canalizando sus aguas y las de los ríos que cruzara a su paso.

El sistema funcionó más o menos bien hasta 1925, año en el que se presentaron nuevamente inundaciones de gran magnitud.

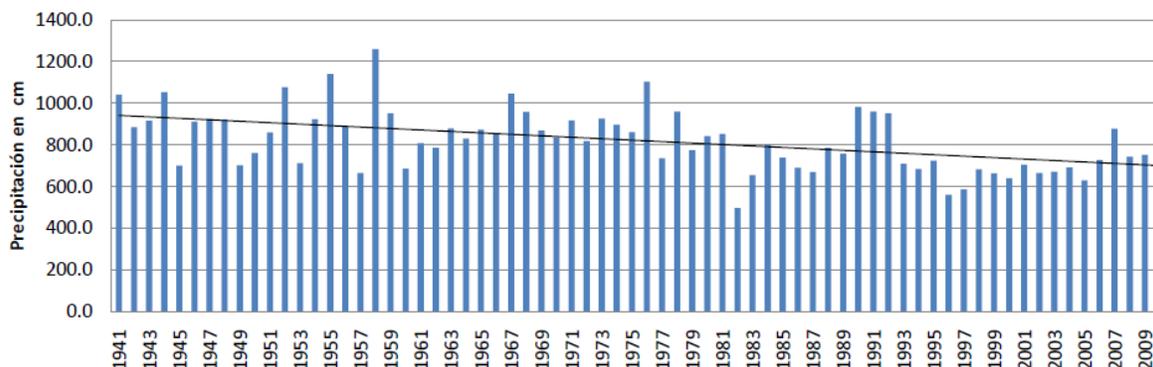
En 1950, el periódico El Universal dice que se inundaron de agua y lodo dos terceras partes de la Ciudad de México y murieron cinco personas.



*Figura 2.8 Inundación en 1950 Ciudad de México.*

---

## 2.3. ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN DEL VALLE DE MÉXICO[38]



*Figura 2.9 Registro histórico período 1941 a 2010*

### 2.3.1. La Vulnerabilidad del Valle de México ante el cambio climático

Las características fisiográficas en combinación con asentamientos humanos irregulares con vivienda precaria en zonas de riesgo, convierte a los fenómenos de tipo hidrológico en una amenaza constante. El Valle de México tiene una población de más de 24 mil personas vulnerable a eventos hidrometeorológicos extremos, distribuidas en 168 sitios de riesgo. Las inundaciones al poniente y al sur de la ciudad indican que el riesgo ante aguaceros intensos (más de 30 mm/día) puede verse incrementado por el aumento de la frecuencia de estos eventos. El 2 de agosto de 2006 se registró una precipitación de 50.4 mm en tan sólo 36 minutos, causando inundaciones severas en varias colonias del centro y el poniente del Distrito Federal.

En Iztapalapa en 2013, al menos 3,700 casas de la delegación Iztapalapa resultaron afectadas luego de la fuerte lluvia que se registró en la zona, hubo inundaciones de hasta 1.60 metros, informó el delegado de Iztapalapa.

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) informó que en el Valle de México se registraron lluvias históricas el viernes con la caída de más de 86 litros por metro cuadrado, un nuevo máximo histórico para la zona de Iztapalapa.

**Tabla 2.0.2 Problemas reportados por lluvias en 2013**

Delegación	Problemas reportados por lluvias
Iztapalapa	34
Gustavo A. Madero	22
Cuauhtémoc	18
Miguel Hidalgo	16
Coyoacán	10
Álvaro Obregón	7
Cuajimalpa	3

Las precipitaciones en el oriente de la Ciudad de México causaron inundaciones en cinco estaciones de la Línea A del Sistema de Transporte Colectivo.

De acuerdo con los registros de lluvias en la región XIII, el 68% de la precipitación media anual se concentra en cuatro meses del año (junio–septiembre). De los 506 eventos registrados en el período 1970–2008, Como se aprecia en la gráfica, en los años 1991, 1998 y 2004 se acumulan más del 25% del total de las inundaciones.

***La lucha es por el agua y también en contra del agua***

**Tabla 2.0.3 Frecuencia relativa de las inundaciones y precipitación [39].**

Frecuencia relativa de las inundaciones y precipitación				
Mes	Precipitación (mm) <sup>60</sup>	Distribución de la precipitación (%)	Número de eventos de inundación <sup>61</sup>	Frecuencia de los eventos de inundación (%)
Enero	12.3	1.92	3	0.59
Febrero	9.0	1.41	3	0.59
Marzo	14.4	2.25	1	0.20
Abril	33.8	5.29	9	1.78
Mayo	55.1	8.61	43	8.50
Junio	108.5	16.96	106	20.95
Julio	116.4	18.20	115	22.73
Agosto	109.2	17.07	83	16.40
Septiembre	101.2	15.82	97	19.17
Octubre	58.0	9.07	42	8.30
Noviembre	14.3	2.24	4	0.79
Diciembre	7.4	1.16	0	0.00
<b>Total</b>	<b>639.8</b>	<b>100.00</b>	<b>506</b>	<b>100.00</b>

<sup>60</sup> Precipitación media mensual histórica en el periodo 1980 - 2004  
<sup>61</sup> Eventos registrados en el periodo de 1970-2009  
Fuente: Sistema de Inventario de Desastres, Base de datos México 1970-2004, <http://www.desinventar.org/desinventar.html>; Periódicos Reforma, Universal y La Jornada 2005-2008; y Estudios para determinar la disponibilidad de agua en la cuenca del Valle de México y del Río Tula, 2006, Dirección Técnica.

## 2.4. PRONÓSTICOS

La toma de decisiones y los pronósticos siempre han ido de la mano. El tomar una decisión implica suponer que el futuro será de alguna manera, es decir, antes de tomar una decisión realizamos consciente o inconscientemente un pronóstico. Si conociéramos con certeza el futuro, la toma de decisiones sería un proceso sumamente sencillo, pero como esto no ocurre frecuentemente, la predicción de los factores o circunstancias que rodean una situación específica es un requerimiento fundamental en la toma de decisiones.

---

---

En la siguiente sección se presentan las diferencias entre los modelos cuantitativos y cualitativos, se analizan los componentes de las series de tiempo y los modelos más utilizados para obtener un valor predictivo [41] .

#### **2.4.1. Importancia**

Hoy en día, los pronósticos sirven de guía, son una herramienta, y pueden ayudar de forma sistemática a enfrentar la incertidumbre del futuro.

Es importante definir que los pronósticos y la planeación son actividades con objetivos diferentes. Los pronósticos tienen como objetivo hacer una predicción del futuro, mediante el análisis de los datos disponibles. Mientras que la planeación tiene como objeto establecer que debe pasar en el futuro, a través de la realización de algunas acciones.

Es decir, mediante la planeación se intenta tomar acciones que permitan modificar de manera consciente eventos futuros. Mientras que los pronósticos sólo predicen que acontecimientos podrían ocurrir. Los pronósticos sirven de datos para la planeación y toma de decisiones.

En los últimos años, los pronósticos se relacionan de forma natural con la construcción de modelos estadísticos.

El objetivo fundamental de los modelos de pronósticos, consiste en construir un modelo de la variable a pronosticar, a partir de los datos históricos disponibles, el modelo deberá reflejar los cambios dinámicos de la variable y ser capaz de predecir un valor que refleje estos cambios.

Una forma útil para identificar los patrones o cambios dinámicos históricos y su extrapolación para predecir el futuro, es descomponerlos en cuatro elementos básicos: **estacionalidad, tendencia, ciclos y aleatoriedad.**

---

## 2.4.2. Tipos de pronósticos

La mayoría de autores coinciden en clasificar los pronósticos en atención a la metodología que utilizan, pueden clasificarse en dos tipos: pronósticos cualitativos o discrecionales y pronósticos cuantitativos [41].

### 2.4.2.1. *Pronósticos cualitativos o discrecionales*

Este tipo de pronósticos se realizan mediante juicios individuales o acuerdos de un comité, normalmente basándose en la experiencia individual o en el análisis subjetivo de la información disponible.

El pronóstico depende de la experiencia de cada sujeto, la importancia que asigne a la información disponible o la importancia que asigne a ciertos factores que él supone más importantes y a los pesos relativos de cada factor que les asigne.

En los pronósticos cualitativos, los elementos de estacionalidad, tendencia, ciclos y aleatoriedad se infieren a través de la experiencia adquirida, sin embargo, debido a la forma en que el cerebro registra y procesa información no puede identificar los patrones de estos elementos.

### 2.4.2.2. *Pronósticos cuantitativos*

El principio básico de este tipo de pronósticos consiste en que los datos históricos y el patrón que siguen son predictores confiables del futuro. Este análisis se realiza principalmente mediante herramientas estadísticas. Los pronósticos cuantitativos se subdividen en dos categorías con base en el planteamiento subyacente:

**a) Modelos Causales** Estos modelos generan un pronóstico a partir de las relaciones o efectos que tienen sobre la variable dependiente, un conjunto de variables independientes. Es decir, el conocimiento sobre algunas variables y su relación con la variable a pronosticar, nos permite predecir el valor que tomará esta última.

**b) Modelos de series de tiempo.** Estos modelos buscan identificar los patrones históricos que siguen los datos, tomando como referencia el tiempo, a partir de estos patrones se extrapolan los datos para obtener un pronóstico.

Según Eppen [42], los modelos de pronósticos cuantitativos tienen dos ventajas importantes sobre los métodos cualitativos:

- Están expresados en notación matemática. Por lo tanto eliminan cualquier duda o ambigüedad sobre cómo se realiza el pronóstico. Esta característica permite una comunicación clara, resultados iguales y la oportunidad de modificar y mejorar sistemáticamente los resultados del pronóstico.
- Con el uso de una computadora puede obtenerse el pronóstico de uno o miles de artículos a partir de una cantidad enorme de datos y la combinación de varios factores.

La tabla 2.4 muestra un resumen de los principales métodos de pronóstico, en la siguiente sección se presentará una descripción de los métodos, el objetivo es mostrar los principios básicos para después poder seleccionar el método a utilizar en la solución del problema presentado. Una vez seleccionado el método a utilizar se describirá la base estadística y la metodología para realizar el pronóstico, esto se definirá en el capítulo de análisis.

**Tabla 2.0.4 Resumen métodos de pronóstico**

Métodos de Pronóstico	Cualitativos	Opinión de especialistas o ejecutivos	
		Analogía histórica	
		Delphi	
		Investigación de mercado	
	Cuantitativos	Series de Tiempo	Promedios Móviles Simples
			Promedio Móvil Ponderado
			Ponderación Exponencial
			Modelo de Holt
			Métodos de descomposición
			Modelo de Winters
			Métodos de promedio móvil autoregresivo AR, MA, ARMA
			Causales
		Correlación	
			Modelos econométricos

---

---

## 2.5. SERIES DE TIEMPO

La estimación del tiempo está relacionada con los datos históricos, es decir, con los tiempos en que hubo inundaciones en los últimos días, semanas, meses y años. Este es el principio de las series de tiempo.

El supuesto anterior, significa que el tiempo sustituye los factores que influyen en el comportamiento de la variable (que pueden ser difíciles y costosos de medir), pero que en función del tiempo varían de forma constante y sistemática. Los modelos de series de tiempo son considerados como una caja negra, no intentan descubrir los factores que afectan el comportamiento de la variable a pronosticar. El modelo no busca comprender o medir las relaciones que se supone explican su comportamiento. El interés principal es solamente predecir su comportamiento, no conocer porque se comporta de esa forma.

Conocer el por qué algún evento sucede de cierta forma y predecir qué sucederá puede tener un valor relativamente bajo, sin embargo, el conocer las causas puede implicar un costo muy alto [43].

### 2.5.1. Elementos de las series de tiempo

#### 2.5.1.1. *Tendencia*

Se puede definir a la tendencia como el cambio lento en un mismo sentido (ascendente o descendente) regularmente a largo plazo, de las variables que se desea pronosticar. La tendencia puede seguir básicamente 3 tipos de patrones:

**Lineal:** la variable aumenta o disminuye como si fuera una línea recta. El modelo tendencia lineal para cualquier tiempo  $t$  es el siguiente:

$$\hat{y}_t = \beta_0 + \beta_1 T_1 + \varepsilon_t$$

los coeficientes  $\beta_0$  y  $\beta_1$  son la ordenada al origen y la pendiente de la línea estimados por mínimos cuadrados. Como  $T$  es una variable artificialmente formada (puede tomar 1, para el primer valor observado, 2 para el segundo y así sucesivamente) conocemos su valor para el

---

---

tiempo que vamos a predecir y por último,  $\varepsilon_t$  es la variación aleatoria del patrón de datos, con promedio cero, por lo tanto para cualquier periodo futuro su valor es cero.

**Cuadrática:** las tendencias cuadráticas modelan potencialmente tendencias no lineales, de hecho la tendencia lineal es un caso especial del modelo cuadrático cuando  $\beta_2$  es cero. En estos modelos es importante utilizar ordenes polinomiales bajos para mantener suavidad.

Un polinomio alto, puede ajustarse muy bien a los datos históricos, sin embargo, eso no garantiza que el pronóstico sea correcto.

$$\hat{y}_t = \beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 T_t^2 + \varepsilon_t$$

**Exponencial:** muchas de las variables económicas siguen esta tendencia. La tendencia exponencial implica un crecimiento o descenso constante. Se caracteriza por la rapidez de los incrementos o disminuciones en el patrón de la variable.

$$\hat{y}_t = \beta_0 e^{\beta_1 T_t} + \varepsilon_t$$

#### 2.5.1.2. Estacionalidad

La estacionalidad es la repetición sistemática del comportamiento de una variable a través del tiempo. El clima, la tecnología y ciertas preferencias, son algunos de los factores que ocasionan la estacionalidad.

#### 2.5.1.3. Ciclos

Diebold [43], define los ciclos como cualquier tipo de patrón que no se pueda capturar como una tendencia o estacionalidad. Los ciclos pueden presentar un movimiento de subidas y bajadas, pero no necesariamente tiene que ser así. Lo realmente importante en los ciclos es la correlación que debe de existir entre los datos del pasado, los valores del presente y futuro.

La amplia variedad de pautas cíclicas hacen que los modelos matemáticos para describirlos sean mucho más complicados que los patrones de tendencia y estacionalidad. La auto correlación es la idea básica de los métodos que describen cualquier tipo de patrón de datos, incluyendo los ciclos.

---

---

Los modelos auto regresivos (AR), promedios móviles (MA), promedio móvil auto regresivo mixto (ARMA), así como la metodología de Box y Jenkins son los métodos más populares para predecir este elemento del patrón de la serie de tiempo[41] [43].

### 2.5.2. Modelo de Winters [41]

Este modelo es una forma de suavizamiento exponencial que toma en cuenta la estacionalidad y tendencia de los datos históricos. El modelo de Winters suaviza un factor asociado con tres de los elementos del patrón: la aleatoriedad, la tendencia y la estacionalidad. La predicción se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$\hat{y}_{t+m} = (S_t + T_t m) I_{t-L+m}$$

Donde

S = valor suavizado de la serie desestacionalizada

T = valor suavizado de la tendencia

I = valor suavizado del factor estacional

L = duración de la estacionalidad

$$S_t = \alpha \frac{y_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$I_t = \delta \frac{y_t}{S_t} + (1 - \delta)I_{t-L}$$

Los coeficientes  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\delta$  son asignados por el pronosticador y toman valores entre 0 y 1. El parámetro L toma el valor de la duración de la estacionalidad, si la estacionalidad es mensual, el valor será 12, si la serie presenta estacionalidad trimestral, el valor de L será 4.

El modelo de Winters no toma en cuenta el elemento cíclico del patrón y al igual que los métodos anteriores los valores de los coeficientes  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\delta$  son asignados con el fin de minimizar el error del pronóstico.

---

---

### 2.5.3. Métodos de descomposición [41]

Este es uno de los métodos de predicción más antiguos y pese a que desde un punto de vista puramente estadístico, tiene una serie de limitaciones teóricas, ha sido muy utilizado en todas las áreas económicas y administrativas. El objetivo principal del método de descomposición es aislar cada uno de los componentes de la serie de tiempo, una vez identificados los componentes, se facilita el proceso de predicción y la comprensión del comportamiento de la serie. La descomposición supone que los datos están conformados por un patrón más un componente aleatorio o de error. Mientras que el patrón se compone de los elementos de tendencia, ciclo y estacionalidad.

$$\text{Datos} = \text{patrón} + \text{error}$$

$$\text{Patrón} = \text{tendencia, ciclo, estacionalidad.}$$

La relación entre cada uno de los componentes del patrón puede adoptar una gran variedad de formas, las más usadas son las forma aditiva y la multiplicativa. Según Makridakis<sup>14</sup> la forma multiplicativa es la de mayor uso, todas las series de tiempo están compuestas de estacionalidad y ciclos, las cuales son proporcionales a la tendencia secular, por lo que el modelo multiplicativo es el apropiado. Matemáticamente se representa de la siguiente forma:

$$Y_t = (S_t)(T_t)(C_t)(R_t)$$

donde:

$Y_t$  = valor de la serie de tiempo (datos reales) en el periodo t

$S_t$  = componente estacional en el periodo t

$T_t$  = componente tendencia en el periodo t

$C_t$  = componente cíclico en el periodo t

$R_t$  = componente aleatorio o de error en el periodo t

---

---

#### 2.5.4. Móvil Autoregresivo Métodos De Promedio [43]

La auto correlación entre valores sucesivos de una serie de tiempo es la herramienta básica para los modelos autoregresivos. Podemos decir que la correlación es la relación mutua que existe entre dos variables y describe lo que tiende a ocurrirle a una variable cuando la otra cambia. El concepto de auto correlación es semejante, sólo que en éste, hay únicamente una variable y la relación mutua se observa entre valores sucesivos de la misma variable.

Como es lógico esperar, los datos que presentan estacionalidad o ciclo, están fuertemente auto correlacionados.

Existen tres clases o tipos generales de modelos autoregresivos: autoregresivos (AR), promedios móviles (MA), promedio móvil autoregresivo mixto (ARMA).

##### 2.5.4.1. Autoregresivos (AR)

Los modelos AR tienen la forma:

$$Y_t = \phi_1 + Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

donde:  $Y_t$  es la variable dependiente,  $Y_{t-1}$ ,  $Y_{t-2}$ , ...  $Y_{t-p}$  son variables independientes, pero en este caso, son los valores de la variable dependiente, en periodos anteriores, mientras que  $\varepsilon_i$  es el error que represente las perturbaciones aleatorias del modelo.

Si quisiéramos utilizar el modelo anterior, sólo es necesario probar que es adecuado, determinar el valor de  $p$  y estimar el valor de  $\phi$ .

##### 2.5.4.2. Promedios móviles (MA)

Estos modelos tienen la forma:

$$Y_t = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

de forma similar al modelo anterior,  $\varepsilon_i$  es el error, mientras que los  $\varepsilon_{t-1}$ ,  $\varepsilon_{t-2}$ , ...,  $\varepsilon_{t-q}$  son los errores previos, y la variable dependiente  $Y_t$  está en función de éstos errores.

---

#### 2.5.4.3. Promedio móvil auto regresivo mixto (ARMA)

Regularmente el patrón de los datos puede describirse mejor con la combinación de los modelos anteriores.

$$Y_t = \phi_1 + Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

Los modelos de auto regresión fueron desarrollados por Yule en los años 20's. Sin embargo, su aplicación y desarrollo estuvo limitada debido a la complejidad del manejo de los datos, con el desarrollo de las computadoras, estos modelos han adquirido gran auge. Uno de los procedimientos más utilizados para tales modelos es el de Box y Jenkins.

---

## **CAPÍTULO 3.- ANÁLISIS**

### **3.1. MARCO METODOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO TERMINAL**

Se presenta a continuación las actividades para desarrollar el proyecto de Trabajo Terminal, basado en una metodología para su creación [5]:

#### **3.1.1. Actividades para el desarrollo de este trabajo:**

##### **Actividad 1** Identificar tema

Recopilar documentación referente

Analizar tema

Definir propuesta

---

---

Definir marco contextual y conceptual

**Actividad 2** Identificar la situación actual del Medio Ambiente

**Actividad 3** Analizar, evaluar y diagnosticar a los sistemas actuales semejantes al propuesto en el trabajo

**Actividad 4** Definir la metodología a emplear para el desarrollo del sistema de información.

**Actividad 5** Desarrollar el sistema de información, se muestra el marco metodológico para el desarrollo.

**Actividad 6** Presentar resultados obtenidos, evaluar resultados de la aplicación

**Actividad 7** Revisar el cumplimiento de los objetivos

**Actividad 8** Definir trabajos futuros

**Actividad 9** Conclusiones

**Actividad 10** Redactar trabajo

## **3.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

En el capítulo anterior, se definieron los principales conceptos y el contexto que interviene en este trabajo; en este capítulo, se presenta un panorama de los principales sistemas de información de riesgos y pronósticos de desastres y principalmente inundaciones, se analizan sus ventajas y desventajas, y así se justifica la realización de este proyecto.

### **3.2.1. Evaluación de sistemas semejantes**

A continuación, se realiza una evaluación de los principales sistemas que existen en México orientados al seguimiento de los desastres naturales en México, en el caso, de los datos de inundaciones en el Distrito Federal:

Los programas de prevención de riesgos de desastres en México, paradójicamente, **están centrados en apoyos económicos para después de acontecida una catástrofe**. En el rubro de programas anticipados a un fenómeno natural, estos carecen de buena planeación y difusión.

---

---

Actualmente se desarrollan mecanismos tecnológicos para la detección oportuna de contingencias, pero la tecnología es solo una herramienta mas no una solución de la carencia capacitación del personal humano de las brigadas preventivas y auxiliares. En las subsecuentes secciones se presenta una descripción de las diferentes organizaciones que se han creado en torno a desastres.

*Atlas Nacional de Riesgos de Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) [44], de la Secretaría de Gobernación.*

Ventajas: Tiene los datos históricos de los desastres naturales en México, el sistema integra información sobre fenómenos perturbadores a los que está expuesta una comunidad y su entorno.

Tiene como finalidad:

- Integrar información de diferentes instituciones del Gobierno Federal, estados, municipios y del DF.
- Orientar los planes de desarrollo urbano.
- Valorar posibles escenarios de afectación por la presencia de algún fenómeno natural.
- Gestionar el uso correcto del suelo para no construir en zonas de peligro.
- Dar seguridad a las inversiones públicas y privadas ante eventos perturbadores.
- Facilitar la emisión de Declaratorias de Emergencia y Desastre.
- Mejorar los procesos de contratación de seguros de infraestructura estratégica como escuelas y hospitales

Sirve para:

- Conocer la frecuencia e intensidad de los peligros en el territorio.
- Identificar los procesos físicos y sociales que genera el riesgo.
- Visualizar proyecciones a futuro del impacto de un fenómeno.

- 
- 
- Implementar medidas preventivas en infraestructura expuesta a un riesgo
  - Estimar el costo del impacto de un fenómeno.
  - Estimar las necesidades de las áreas declaradas en emergencia o desastre.
  - Concientizar a la población sobre los riesgos a los que está expuesta.
  - Orientar políticas públicas para disminuir el riesgo y, por lo tanto, los desastres.

**Desventajas:** No cuenta con una aplicación para el pronóstico de los desastres naturales por consecuencia no predice.

**Ventajas:** información sistemática sobre la ocurrencia de desastres cotidianos de pequeño y mediano impacto. A partir de 1994 se empieza a construir un marco conceptual y metodológico común por parte de grupos de investigadores, académicos y actores institucionales, agrupados en la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), que concibieron un sistema de adquisición, consulta y despliegue de información sobre desastres de pequeños, medianos y grandes impactos, con base en datos preexistentes, fuentes hemerográficas y reportes de instituciones en nueve países de América Latina. Esta concepción, metodología y herramienta de software desarrolladas se denominan Sistema de Inventario de Desastres. DesInventar.

#### *Sistema de inventario de efectos de desastres [39]*

El desarrollo de DesInventar, con una concepción que permite ver a los desastres desde una escala espacial local (municipio o equivalente), facilita diálogos para gestión de riesgos entre actores e instituciones y sectores, y con gobiernos provinciales y nacionales.

DesInventar es una herramienta conceptual y metodológica para la construcción de bases de datos de pérdidas, daños o efectos ocasionados por emergencias o desastres. Incluye:

- Metodología (definiciones y ayudas para el manejo de datos)
- Estructura de base de datos flexible
- Software para alimentación de la base de datos

- 
- Software para consulta de los datos (no limitado a un número predefinido de consultas), con opciones de selección de los criterios de búsqueda y presentación de resultados en diversos consolidados: Mapas, Gráficos, datos.

**Desventajas:** No cuenta con un programa de pronósticos de desastres, únicamente son datos estadísticos de los sucesos ya pasados.

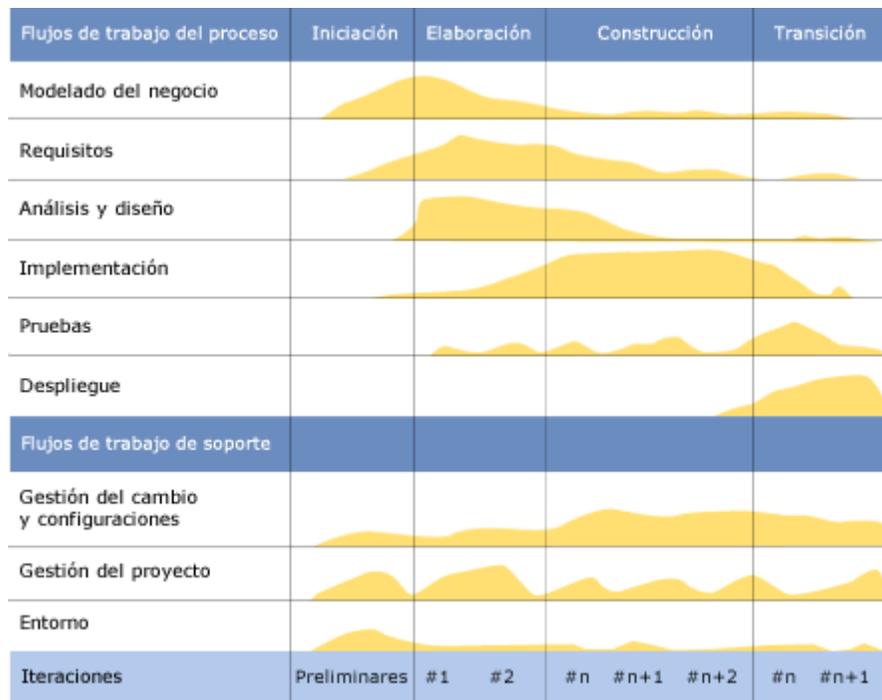
### 3.3. MARCO METODOLÓGICO

Para la realización de este Trabajo Terminal, nos apoyaremos en la metodología de desarrollo de software del Proceso Racional Unificado (Rational Unified Process en inglés, comúnmente abreviado como RUP). Junto con el Lenguaje Unificado de Modelado UML, constituye la metodología estándar más utilizada para el análisis, diseño, implementación y documentación de sistemas.

RUP es un proceso iterativo de desarrollo de software que no cuenta con una serie de pasos firmemente establecidos, sino un conjunto de metodologías adaptables al contexto y necesidades de cada organización.

El ciclo de vida RUP es una implementación del desarrollo en espiral. El ciclo de vida organiza las tareas en fases e iteraciones como se muestra en la figura 3.1.

En el modelado del negocio, se establece el entendimiento y alcance del proyecto. Se investiga el estado del arte, los proyectos que ya existen actualmente y que ofrecen una visión similar a la nuestra



*Figura 3.1 Ciclo de vida de RUP*

### 3.3.1. Principios de desarrollo

La filosofía del RUP está basada en 6 principios clave que son los siguientes:

- **Adaptar el proceso**

El proceso deberá adaptarse a las necesidades del cliente ya que es muy importante interactuar con él. Las características propias del proyecto. El tamaño del mismo, así como su tipo o las regulaciones que lo condicionen, influirán en su diseño específico. También se deberá tener en cuenta el alcance del proyecto.

- **Equilibrar prioridades**

Los requisitos de los diversos participantes pueden ser diferentes, contradictorios o disputarse recursos limitados. *Debe encontrarse un equilibrio que satisfaga los deseos de todos.* Gracias a este equilibrio se podrán corregir desacuerdos que surjan en el futuro.

---

---

- **Demostrar valor iterativamente**

Los proyectos se entregan, aunque sea de un modo interno, en etapas iteradas. En cada iteración se analiza la opinión de los inversores, la estabilidad y calidad del producto, y se refina la dirección del proyecto así como también los riesgos involucrados.

- **Colaboración entre equipos**

El desarrollo de software no lo hace una única persona sino múltiples equipos. Debe haber una comunicación fluida para coordinar requisitos, desarrollo, evaluaciones, planes, resultados, etc.

- **Enfocarse en la calidad**

El control de calidad no debe realizarse al final de cada iteración, sino en todos los aspectos de la producción. El aseguramiento de la calidad forma parte del proceso de desarrollo y no de un grupo independiente.

- **Elevar el Nivel de Abstracción**

Este principio dominante motiva el uso de conceptos reutilizables tales como patrón del software o esquemas (frameworks) por nombrar algunos. Estos se pueden acompañar por las representaciones visuales de la arquitectura, por ejemplo con UML.

### **3.4. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

Con el estudio de factibilidad, se determinan todos los recursos, así como tecnológicos, como los materiales para la implementación del proyecto.

#### **3.4.1. Factibilidad Técnica**

Desde el punto de vista técnico, los factores tecnológicos necesarios para la implementación del sistema, incluyen especificaciones de hardware como de software

---

### **3.4.2. Hardware**

El sistema funcionará desde un servidor para dar servicio a los usuarios. El servidor se estará ejecutando desde una máquina, en este caso, con el sistema operativo Ubuntu 12.04. Por lo tanto el hardware necesario para poner en funcionamiento el servidor será cualquier máquina que pueda tener ejecutar este sistema operativo y tener acceso a la red.

### **3.4.3. Software**

Para la realización del proyecto se utilizará el lenguaje R, ambiente utilizado para el cómputo estadístico y de gráficas. En conjunto del IDE de desarrollo RStudio.

R provee una gran variedad de técnicas de estadística, entre ellas, el análisis de series de tiempo. Además es altamente extensible, por lo cual, también utilizaremos el framework Shiny para distribuir la aplicación por medio de un navegador web.

El servidor utilizará la versión gratuita de Shiny Server para poner en disponibilidad la aplicación de R a través de un navegador. Para la base de datos utilizaremos MariaDB que es de software libre.

## **3.5. ANÁLISIS OPERATIVO**

Este aspecto de factibilidad permite determinar si el proyecto se usará como se debe, aprovechando los beneficios que ofrece a los usuarios, tanto aquellos que interactúan directamente con él, así como con la información proporcionada.

La necesidad de disponer de un pronóstico eficaz y oportuno en situaciones críticas, ha hecho que se formule este proyecto.

En el mercado existen varias opciones para el pronóstico de desastres de esta índole, mayormente de origen gubernamental, es por eso que queremos ofrecer una alternativa libre para quien la necesite.

Los aspectos negativos que podemos contemplar son: primero, que el pronóstico no sea tan certero como se quisiera y segundo, que no se pueda recabar información suficiente para realizar el pronóstico.

---

---

### 3.6. ANÁLISIS ECONÓMICO

Son los costos que abarcan todos aquellos recursos materiales utilizados durante el desarrollo del sistema, es decir, material de oficina, consumibles, medios de almacenamiento, etc.

El PROSOFT es el Programa para el Desarrollo de la Industria del Software. Siendo un programa de la Secretaría de Economía. En su Estudio Nacional de Sueldos y Rotación de Empleo en el sector TI [40] publicado en agosto del 2014, se muestran los diferentes niveles que un trabajador en esta área tiene de ingreso. Es por ello que nos basamos en este estudio para determinar el sueldo a nuestros trabajadores en este proyecto.

A continuación se muestra la descripción de los gastos, los cuales se estudiaron en este análisis y que describen el proceso de desarrollo del sistema en un plazo de un año.

**Tabla 3.0.1 Costos generales del desarrollo**

Tipo de gasto	Costo aproximado p/mes (MXN)	Periodo	Costo del periodo (MXN)
Material de oficina	\$800	Marzo-Noviembre	\$7,200
Consumibles	\$500	Marzo-Noviembre	\$4,500
Internet	\$500	Marzo-Noviembre	\$4,500
Mac (1 equipo)	\$18,000	Marzo	\$18,000
Sueldo (Analista)	\$20,000	Marzo-Julio	\$100,000
Sueldo (Desarrollador)	\$17,000	Julio-Noviembre	\$85,000
Total			\$219,200

Para determinar el precio de venta de este proyecto se utilizó el método COCOMO para calcularlo.

Este método toma índices cualitativos y cuantitativos del desarrollo del proyecto para poder establecer el precio final.

En la tabla 3.2 se muestran estos índices con su respectivo valor para este proyecto.

*Tabla 3.0.2 Índices para el cálculo del precio final*

Índice	Descripción	Valor
Esfuerzo	Dificultad del proyecto	3.9
RELY	Confiability del sistema	1.39
TIME	Tiempo de ejecución	1.06
STOR	Restricción de memoria	1.11
TOOL	Uso de herramientas de software	0.86
EXP	Experiencia	0.84
Promedio por mes	Total de gastos entre número de meses	\$24,788

Para conocer el precio de venta aplicamos la siguiente ecuación:

$$SC = \text{Esfuerzo} \times \text{RELY} \times \text{TIME} \times \text{STOR} \times \text{TOOL} \times \text{EXP} \times \text{Promedio por mes}$$

Al final nos da un total de \$114,216, el cual sumaremos a los gastos de desarrollo para un precio de venta total de \$337,316.13

Para conocer más afondo el método de COCOMO, referirse al Anexo C.

---

### 3.7. ANÁLISIS DE RIESGOS

En todo proyecto surgen situaciones que pueden obstaculizar el desarrollo del mismo, es por eso que es necesario que se identifiquen los riesgos posibles y así generar una propuesta para la administración, además de presentar una posible solución.

La siguiente tabla presenta la clasificación de los diferentes niveles de riesgos en el proyecto.

*Tabla 3.0.3 Valores de Impacto*

Impacto	Descripción
Despreciable	El sistema no corre peligro
Marginal	El sistema tiene alguna falla pero no corre peligro, el daño puede corregirse fácilmente
Crítico	El sistema podría dejar de funcionar, aunque el daño puede corregirse
Catastrófico	No funcionará el sistema, el daño es irremediable

La siguiente tabla muestra los riesgos que podemos encontrarnos a lo largo de la realización de este proyecto.

*Tabla 3.0.4 Riesgos en el proyecto*

ID	Riesgo	Tipo	Probabilidad	Magnitud
01	Mala planeación del proyecto	Proyecto	Media	Crítico
02	Tiempo inadecuado para terminar el proyecto	Proyecto	Media	Catastrófico
03	Especificaciones del proyecto mal definidas	Proyecto	Baja	Crítico
04	El producto no cubra los requerimientos que se acordaron	Producto	Media	Crítico
05	Elección incorrecta de las herramientas de trabajo	Proyecto	Media	Crítico

---

---

06	No se consigan las herramientas necesarias	Proyecto	Baja	Catastrófico
07	El producto no cumpla con las expectativas	Producto	Baja	Crítico
08	El sistema contenga errores	Producto	Media	Catastrófico

---

---

## **3.8. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA**

### **3.8.1. Requerimientos funcionales**

Un requerimiento funcional define una función del sistema de software o sus componentes. Una función es descrita como un conjunto de entradas, comportamientos y salidas. A continuación se describen los requerimientos funcionales:

- El sistema debe permitir leer los datos de un archivo a la memoria del sistema
- El sistema debe permitir seleccionar un método para el análisis de pronóstico
- El sistema debe permitir seleccionar la distribución o en su defecto seleccionarla automáticamente
- El sistema debe permitir seleccionar un pronóstico de entre 1 a 5 años.
- El sistema debe permitir guardar los datos resultantes en un archivo.
- El sistema debe permitir guardar las gráficas resultantes de los pronósticos.
- El sistema debe permitir mostrar gráficamente los pronósticos por meses o por años

### **3.8.2. Requerimientos no funcionales**

Los requerimientos no funcionales son restricciones de los servicios o funciones ofrecidos por el sistema. incluyen restricciones de tiempo, sobre el proceso de desarrollo y estándares. los requerimientos no funcionales a menudo se aplican al sistema en su totalidad.

- Costo. El sistema debe de ser gratuito y de libre acceso para los usuarios.
- Escalabilidad. El sistema debe permitir ser modificado para futuros incrementos funcionales.
- Portabilidad. El sistema debe basarse en tecnologías multiplataforma para su fácil migración si así se deseara.

---

---

## 3.9. MÉTODOS A UTILIZAR PARA EL PRONÓSTICO

### 3.9.1. Modelo de Winters

El método de Winters básicamente es una forma de suavizamiento exponencial, utiliza tres ecuaciones para cada uno de los componentes del patrón de los datos históricos: tendencia, estacionalidad y aleatoriedad. Las ecuaciones son las siguientes:

$$\hat{y}_{t+m} = (S_t + T_t m) I_{t-L+m}$$

donde

$S$  = valor suavizado de la serie desestacionalizada

$T$  = valor suavizado de la tendencia

$I$  = valor suavizado del factor estacional

$L$  = duración de la estacionalidad

$$S_t = \alpha \frac{y_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$I_t = \delta \frac{y_t}{S_t} + (1 - \delta)I_{t-L}$$

*Paso 1. Cálculo de los índices iniciales.*

Como se observa en las ecuaciones, valores subsecuentes del suavizado estacional ( $S_t$ ), la tendencia suavizada ( $T_t$ ) y el factor estacional ( $I_t$ ), dependen del valor de la misma variable en periodos anteriores. Por esta razón, es necesario estimar los valores iniciales de cada uno de estos índices. Hay varias opciones para cada uno de ellos, el valor de  $S_t$  podría estimarse como un promedio de los  $L$  primeros datos, igualarlo al dato del primer valor ( $y_1$ ), o cualquier valor intermedio entre estas dos opciones. Algo semejante puede tomarse para cada valor inicial de  $T_t$  e  $I_t$ , por ejemplo, podría tomarse la tendencia global de los datos históricos o

---

---

bien la tendencia de los últimos doce meses. El factor estacional normalmente se calcula por algún método de descomposición.

- *Valor suavizado de la serie desestacionalizada (S).*

Por definición el promedio no tiene estacionalidad y el error tiende a cero, ya que la suma de las diferencias por encima y debajo del promedio tiende a ser cero. Por esta razón, utilizaremos el promedio de los primeros  $L$  meses de los datos históricos para calcular el valor inicial de  $S$ . Así tenemos:

$$S_{L+1} = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_L}{L} = \frac{\sum_{i=1}^L y_i}{L}$$

- *Tendencia global de los datos históricos (T)*

Para calcular el valor de  $T_{L+1}$ , utilizaremos la tendencia global de los datos disponibles, en función de la distribución de los datos históricos, la tendencia puede ser lineal o cuadrática, por lo que el pronosticador debe decidir cuál de las dos se ajustan mejor al patrón de los datos disponibles.

- *Factores estacionales (I)*

El valor de  $I_t$ , es comparable con un índice estacional, utilizaremos el método que se describe a continuación, para calcular los índices estacionales iniciales  $I_1-I_L$ . La idea fundamental es encontrar que tanto está por encima o por abajo en promedio, cada uno de los valores mensuales en función de la ocupación anual.

Primero es necesario calcular el promedio móvil de cada  $L$  observaciones, es decir, el primer valor es el promedio de los valores reales del periodo  $t_1$  al  $t_L$ , el siguiente valor es el promedio de los valores reales del periodo  $t_2$  al  $t_{L+1}$  y así sucesivamente.

El siguiente paso consiste en determinar el promedio móvil centrado. Si el índice estacional es un número par, por ejemplo para un índice estacional anual ( $L=12$ ), el promedio de los meses 1-12, corresponde al mes 6.5, mientras que el promedio del periodo 2-13 corresponde al mes 7.5, así que si promediamos ambos,  $6.5+7.5 = 14/2 = 7$ , obtenemos el promedio

---

---

centrado del mes 7. Para índices estacionales noes, no se tiene este problema, ya que el promedio corresponde al promedio móvil centrado. Por ejemplo, si el índice estacional corresponde a una semana ( $L=7$ ), el promedio móvil correspondería al día 4.

El índice estacional de cada mes  $t$ , se obtiene dividiendo el valor real ( $y_t$ ) del periodo  $t$ , entre el promedio móvil centrado. Cuando el índice es mayor que 1, significa que el valor de ese periodo se encuentra por encima del promedio de los datos históricos, si el índice es menor de uno, el valor de ese periodo es menor que el promedio de los datos históricos.

Por último se promedian los índices de los periodos correspondientes, con lo que obtenemos los índices para cada uno de los periodos del índice estacional,  $I_1, I_2, \dots, I_L$ .

### *Paso 2. Cálculo de los índices por periodos*

El siguiente paso consiste en calcular los valores de  $S, T$  e  $I$ , para cada uno de los periodos  $t$ . Es necesario dar un valor cualquiera a cada una de las constantes de ponderación  $\alpha, \beta$  y  $\delta$ . Este valor asignado a las constantes de ponderación, no es significativo para los efectos del pronóstico, debido a que en el siguiente paso, se calcularán los valores de  $\alpha, \beta$  y  $\delta$  que minimicen el error. Normalmente el valor de las constantes de ponderación al iniciar el cálculo puede ser 0.5

### *Paso 3. Cálculo del pronóstico y error*

Una vez que tenemos los índices para cada uno de los periodos, a partir de estos valores se calcula el pronóstico para cada periodo, así como el error correspondiente. En este caso utilizaremos la desviación absoluta media (MAD).

El valor de pronóstico se calcula con la siguiente ecuación:

$$\hat{y}_{t+m} = (S_t + T_t m) I_{t-L+m}$$

donde el valor de  $m$  es 1, en todos los periodos que se tienen datos históricos. Para calcular los periodos futuros, el valor de  $m$  se incrementa en una unidad hasta  $L$ . Es decir:

$$m = 1, 2, \dots, L$$

La desviación absoluta media se calcula a partir de la siguiente ecuación:

---

---

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{n}$$

#### *Paso 4. Minimización del error*

En el paso anterior, el valor de los coeficientes de ponderación  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\delta$  fueron asignados discrecionalmente para realizar el cálculo. En este paso buscaremos los valores óptimos de estas constantes. El valor óptimo es el que minimiza el error, para realizar este cálculo tendríamos que resolver un modelo de programación no lineal que minimice el error.

#### *Paso 5. Cálculo de las predicciones*

Una vez calculados los valores óptimos para los coeficientes, tenemos todas las variables necesarias para calcular el pronóstico para cualquier periodo  $t+m$ . El valor del pronóstico se calcula a partir de la ecuación:

$$\hat{y}_{t+m} = (S_t + T_t m) I_{t-L+m}$$

en este caso es importante recordar que el valor de  $m$  se incrementa una unidad para cada periodo, hasta  $L$ .

### **3.9.2. Método de Descomposición**

El objetivo de este método consiste en descomponer el patrón de una serie de tiempo, en sus componentes: estacionalidad, tendencia y ciclo. Una vez que se tienen identificados los componentes, es más sencillo predecir el futuro y comprender mejor el patrón de la serie de tiempo.

La descomposición se basa en la idea de que cualquier serie de tiempo se compone de un patrón más el error causado por la aleatoriedad

$$\text{Datos} = \text{patrón} + \text{error}$$

mientras que el patrón se puede descomponer en sus elementos, tendríamos:

---

Patrón = tendencia, estacionalidad y ciclo.

así el modelo de descomposición sería:

$$y_t = f(S_t, T_t, C_t, R_t)$$

donde:

$y_t$  = valor de la serie de tiempo (datos reales)

$S_t$  = componente estacional en el periodo  $t$

$C_t$  = componente cíclico en el periodo  $t$

$R_t$  = componente aleatorio en el periodo  $t$

Normalmente la función entre los componentes del patrón puede ser aditiva o multiplicativa, esta última es la más utilizada, por lo tanto, el modelo quedaría de la siguiente forma:

$$\hat{y}_t = (S_t)(T_t)(C_t)(R_t)$$

### *Paso 1. Promedio Móvil*

Para iniciar calcularemos el promedio móvil de los datos históricos. Utilizaremos el mismo método presentado en la sección anterior (paso 1, desestacionalización).

Los valores del promedio móvil ( $PM$ ) no tienen estacionalidad ni aleatoriedad, así que podríamos decir que el promedio móvil únicamente contiene los elementos de tendencia y ciclo

$$PM = T \times C$$

### *Paso 2. Cálculo de la Estacionalidad*

Al dividir los datos históricos entre el promedio móvil, tendríamos

$$\frac{y}{PM} = \frac{(S)(T)(C)(R)}{(T)(C)} = (S)(R)$$

---

la ecuación anterior presenta el componente aleatorio o error ( $R$ ) y la estacionalidad ( $S$ ). Como hemos visto el componente aleatorio no sigue un patrón, se integra con las fluctuaciones al azar, si sumamos estas fluctuaciones, obtendríamos un valor de cero o muy cercano. Por definición este valor es cero.

Para eliminar el componente aleatorio de la ecuación anterior y aislar el componente estacional, es necesario calcular los índices estacionales para cada periodo y después promediarlos. Al promediarlos eliminamos el componente aleatorio de los índices estacionales.

**Índice estacional del periodo:** se obtiene dividiendo el valor histórico del periodo ( $y_t$ ) entre el valor del promedio móvil. Si el valor del índice es mayor de 1, indica que el valor real es mayor que el promedio, mientras que si el índice es menor que 1, el valor real es menor que el promedio.

A partir de los índices estacionales, obtenemos la sumatoria de éstos, la cual debe ser igual a  $L$ .

$$\sum_{i=1}^L S_i = L$$

Normalmente, hay pequeñas diferencias entre ambos valores. Para eliminar esta variación, se ajustan los índices con un prorrateo simple. Dividimos  $L$  entre el valor de la suma de los promedios, este factor se multiplica por cada uno de los índices calculado, con lo que se obtienen los índices estacionales ajustados ( $S_i^a$ ) de la serie de tiempo. Así tenemos

$$S_i^a = \left( \frac{L}{\sum_{i=1}^L S_i} \right) S_i$$

---

---

### *Paso 3. Cálculo de la Tendencia*

Al igual que en el método anterior, la tendencia puede ser global, de todos los datos históricos o bien del periodo inmediato anterior. En función de la distribución de los datos históricos, la tendencia puede ser lineal, cuadrática o exponencial, por lo que el pronosticador debe decidir cuál de ellas se ajustan mejor al patrón de los datos disponibles.

### *Paso 4. Cálculo del Ciclo*

Como se estableció en el paso 1, el promedio móvil es igual a la tendencia por el ciclo, si lo dividimos entre la tendencia tenemos

$$\frac{PM}{T} = \frac{(T)(C)}{T} = C$$

el significado del ciclo es semejante al índice de estacionalidad, cuando el ciclo presenta un valor mayor a 1, significa que en ese periodo la actividad económica fue mayor que en promedio, si el caso fue contrario, el índice del ciclo es menor de 1.

Los cambios en el ciclo económico, son impredecibles y dependen de una gran variedad de factores. Para realizar el pronóstico, es necesario asignarle un valor al índice del ciclo. Este valor podría estimarse en función del pronóstico de crecimiento del PIB o cualquier otro indicador económico, o bien asumir que el valor del ciclo actual es igual al del ciclo del periodo anterior, es decir:

$$C_t = C_{t-1}$$

### *Paso 5. Cálculo del Pronóstico*

Una vez que tenemos todos los valores de los componentes del patrón, es sencillo calcular el pronóstico para periodos futuros. El único elemento que no se aisló, fue el error, sin embargo, la aleatoriedad por definición no es predecible, por lo que en el modelo de descomposición, el elemento aleatorio simplemente se elimina.

---

---

### 3.9.3. Método de regresión con indicadores estacionales

La regresión con indicadores estacionales no requiere desestacionalizar los datos, la técnica consiste en definir una serie de variables estacionales, una para cada estación, si tomamos un año como el periodo en el cual la variable se repite sistemáticamente, y tenemos datos trimestrales, necesitaríamos establecer 4 variables estacionales, si los datos son semanales, requerimos 52 variables estacionales. Por ejemplo si tenemos datos trimestrales, tenemos que definir:

$$D_1 = (1,0,0,0,1,0,0,0,1,0,0,0,\dots)$$

$$D_2 = (0,1,0,0,0,1,0,0,0,1,0,0,\dots)$$

$$D_3 = (0,0,1,0,0,0,1,0,0,0,1,0,\dots)$$

$$D_4 = (0,0,0,1,0,0,0,1,0,0,0,1,\dots)$$

$D_1$  indica que nos encontramos en el 1er. trimestre y por lo tanto el índice de los otros trimestres es cero,  $D_2$  en el segundo, etc. El modelo puro del indicador es:

$$y_t = \sum_{i=1}^s \delta_i D_{it} + \varepsilon_t$$

el modelo es una regresión, donde se permite que cada estación tenga una ordenada distinta. Las  $\delta_i$  son las distintas ordenadas que resumen el patrón estacional durante el periodo.

Ahora utilizaremos el método de suavizado exponencial, para calcular cada uno de los valores pronosticados para los índices estacionales.

#### *Paso 1. Cálculo de los índices estacionales*

Al generar los índices estacionales, básicamente estamos aislando los datos históricos de cada uno de los periodos repetitivos o estaciones. La predicción para el periodo  $t+1$  se realizará utilizando un suavizado exponencial.

El suavizado exponencial se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$y_{t+1} = \alpha y_t + (1 - \alpha) \hat{y}_t$$

---

---

donde:

$\hat{y}_{t+1}$  = pronóstico para el tiempo  $t+1$

$y_t$  = valor observado en el tiempo  $t$

$\hat{y}_t$  = pronóstico para el tiempo  $t$

$\alpha$  = coeficiente de ponderación

los valores de  $y_t$ , deben analizarse estación por estación, es decir, si tenemos una estacionalidad mensual, deben analizarse uno por uno los datos históricos de los enero ( $D_1$ ), febrero ( $D_2$ ) y así sucesivamente.

Primero debe seleccionarse un valor para  $\alpha$  y el valor inicial de  $\hat{y}_t$ . El valor de  $\alpha$  tiene que minimizar el error, sin embargo tiene que seleccionarse un valor inicial para el cálculo. Este valor es asignado por el pronosticador, sin seguir una regla establecida, normalmente se asigna el valor de 0.5

El valor inicial de  $\hat{y}_t$ , puede ser el valor promedio de los datos disponibles o igualarse al valor observado en el periodo, con lo que tendríamos un pronóstico perfecto, obviamente el error de este periodo será de cero, por lo que no se tomará en cuenta para calcular el MAD.

### *Paso 2. Minimización de error*

El siguiente paso consiste en calcular el valor de  $\alpha$  que minimice el error medio absoluto.

### *Paso 3. Repetición para cada uno de los índices estacionales*

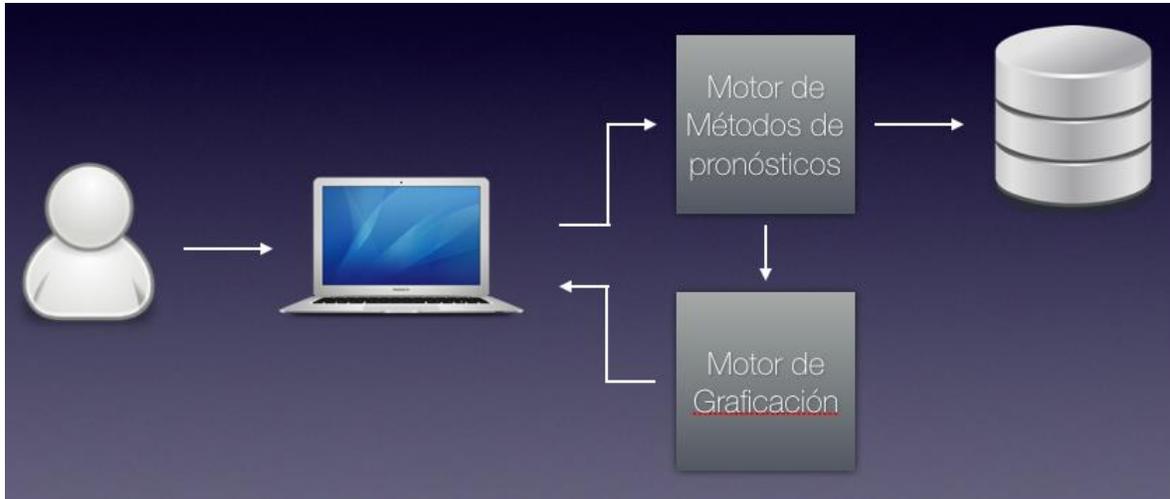
Se repiten los pasos 1 y 2, para todos los índices estacionales. Con lo que obtendremos el pronóstico para todo el ciclo estacional.

---

## **CAPÍTULO 4.- DISEÑO**

### **4.1.DIAGRAMA ARQUITECTURA DEL SISTEMA**

En un diseño de alto nivel se describen los componentes principales del sistema y el modo en que interactúan entre sí para lograr los objetivos del diseño. En el desarrollo del diseño de alto nivel, están implicadas las actividades de la lista siguiente, aunque no necesariamente en un orden determinado.

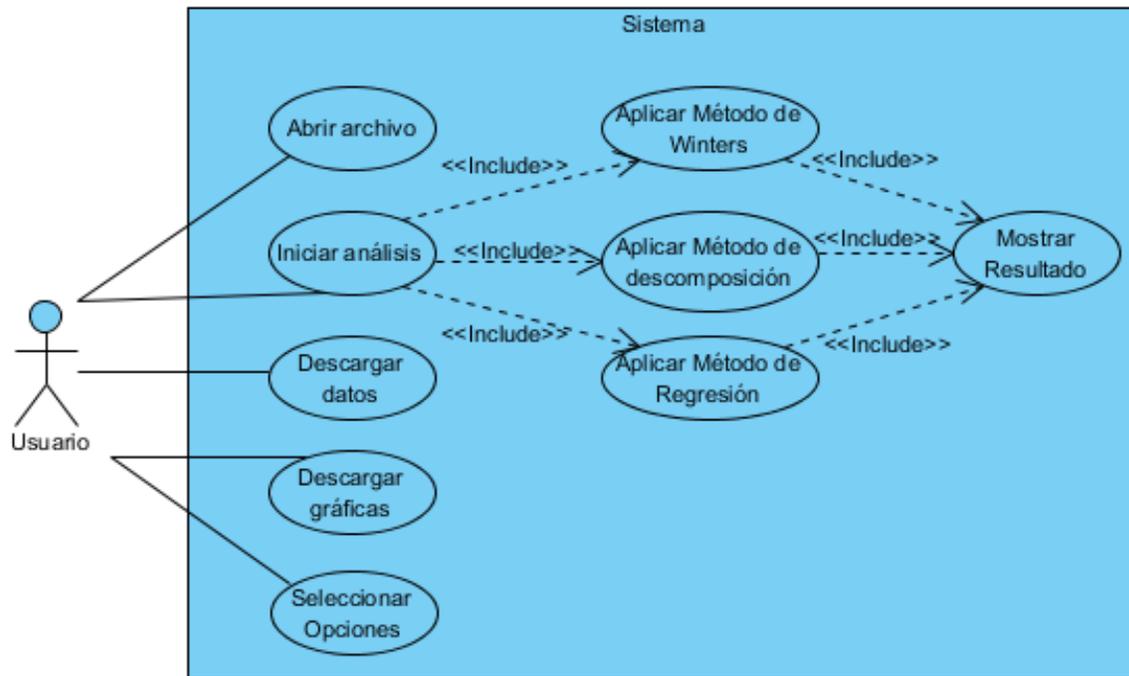


*Figura 4.1 Diagrama de la arquitectura del sistema*

## **4.2.DIAGRAMAS DE CASO DE USO**

Un *caso de uso* describe, —desde el punto de vista de los actores—, un grupo de actividades de un sistema que produce un resultado concreto y tangible.

Los casos de uso son descriptores de las interacciones típicas entre los usuarios de un sistema y ese mismo sistema. Representan el interfaz externo del sistema y especifican qué requisitos de funcionamiento debe tener este.



*Figura 4.2 Casos de uso del sistema*

#### 4.2.1. CU01 Abrir Archivo

##### *Descripción completa*

Permitir que el usuario cargue un archivo que contiene datos históricos con la estructura necesaria al sistema.

##### *Atributos Importantes*

*Tabla 4.0.1 Atributos Importantes CU01*

Caso de uso	CU01 Abrir archivo
Actor:	Usuario del sistema
Propósito:	Que el usuario cargue en el sistema el archivo que contiene los datos a analizar
Resumen:	El sistema permite seleccionar un archivo a través del menú de opciones
Entradas:	El archivo a analizar
Salidas:	El archivo cargado en el sistema
Precondiciones:	El archivo debe tener ciertas características para ser analizado

---

---

Postcondiciones:	Ninguna
------------------	---------

*Trayectorias del caso de uso*

Trayectoria principal

1. El usuario presiona el botón de “Abrir”
2. El sistema muestra el sistema de archivos
3. El usuario selecciona el archivo a analizar
4. El sistema carga el archivo en memoria
5. El sistema verifica que el archivo tenga la estructura necesaria [Trayectoria A]
6. El sistema muestra los datos en una ventana
7. Fin del caso de uso

Trayectoria alternativa A. Condición: Archivo sin estructura debida

1. El sistema muestra el mensaje: “Archivo sin estructura debida”.
2. El usuario presiona el botón Aceptar
3. Fin del caso de uso

---

#### 4.2.2. CU02 Iniciar Análisis

Descripción completa

Permitir que el usuario inicie el análisis del pronóstico con las opciones seleccionadas.

Atributos importantes

*Tabla 4.0.2 Atributos Importantes CU02*

Caso de uso	CU02 Iniciar análisis
Actor:	Usuario del sistema
Propósito:	Que el usuario inicie el análisis del pronóstico
Resumen:	El sistema muestra opciones para iniciar el pronóstico
Entradas:	Las características del análisis deseado
Salidas:	El pronóstico según las opciones seleccionadas
Precondiciones:	El usuario debe seleccionar previamente las características del análisis
Postcondiciones:	Ninguna

Trayectorias del caso de uso

Trayectoria principal

1. El usuario selecciona las características del análisis deseado
2. El usuario presiona el botón “Iniciar Análisis”
3. El sistema continúa el análisis con el método seleccionado.
4. Fin del caso de uso

---

---

### 4.2.3. CU03 Descargar datos

Descripción completa

Permitir que el usuario guarde los resultados obtenidos del pronóstico en el archivo

Atributos importantes

*Tabla 4.0.3 Atributos Importantes CU03*

Caso de uso	CU03 Guardar datos
Actor:	Usuario del sistema
Propósito:	Que el usuario guarde los resultados en un archivo
Resumen:	El sistema permite guardar los resultados a través del menú de opciones
Entradas:	Los datos analizados.
Salidas:	El archivo con la nueva información
Precondiciones:	Se debió cargar un archivo y realizar el pronóstico
Postcondiciones:	Ninguna

Trayectorias del caso de uso

Trayectoria principal

1. El usuario presiona el botón descargar datos
2. Fin del caso de uso

---

---

#### 4.2.4. CU04 Aplicar Método de Winters

Descripción completa

Permitir que el sistema realice el análisis del pronóstico a través del modelo de Winters

Atributos importantes

*Tabla 4.0.4 Atributos Importantes CU04*

Caso de uso	CU04 Aplicar Método de Winters
Actor:	Sistema
Propósito:	Que el sistema aplique el modelo de Winters
Resumen:	El sistema realiza el pronóstico por el modelo de Winters
Entradas:	Los datos históricos
Salidas:	Los resultados estadísticos
Precondiciones:	Se debe cumplir con el caso de uso CU01 Abrir Archivo
Postcondiciones:	Ninguna

Trayectorias del caso de uso

Trayectoria principal: Viene del caso de uso CU02 Iniciar Análisis

1. El sistema identifica los índices iniciales
2. El sistema identifica los índices por periodos
3. El sistema identifica el pronóstico y el error
4. El sistema minimiza el error
5. El sistema obtiene el pronóstico final
6. Fin del caso de uso

---

---

#### 4.2.5. CU05 Aplicar Método de Descomposición

Descripción completa

Permitir que el sistema realice el análisis del pronóstico a través del modelo de Descomposición

Atributos importantes

*Tabla 4.0.5 Atributos Importantes CU05*

Caso de uso	CU05 Aplicar Método de Descomposición
Actor:	Sistema
Propósito:	Que el sistema aplique el modelo de Descomposición
Resumen:	El sistema realiza el pronóstico por el modelo de Descomposición
Entradas:	Los datos históricos
Salidas:	Los resultados estadísticos
Precondiciones:	Se debe cumplir con el caso de uso CU01 Abrir Archivo
Postcondiciones:	Ninguna

Trayectorias del caso de uso

Trayectoria principal: Viene del caso de uso CU02 Iniciar Análisis

1. El sistema identifica el promedio móvil
2. El sistema identifica la estacionalidad
3. El sistema identifica la tendencia
4. El sistema identifica el ciclo
5. El sistema obtiene el pronóstico final
6. Fin del caso de uso

---

---

#### 4.2.6. CU06 Aplicar Método de Regresión

Descripción completa

Permitir que el sistema realice el análisis del pronóstico a través del modelo de Regresión

Atributos importantes

*Tabla 4.0.6 Atributos Importantes CU06*

Caso de uso	CU06 Aplicar Método de Regresión
Actor:	Sistema
Propósito:	Que el sistema aplique el modelo de Regresión
Resumen:	El sistema realiza el pronóstico por el modelo de Regresión
Entradas:	Los datos históricos
Salidas:	Los resultados estadísticos
Precondiciones:	Se debe cumplir con el caso de uso CU01 Abrir Archivo
Postcondiciones:	Ninguna

Trayectorias del caso de uso

Trayectoria principal: Viene del caso de uso CU02 Iniciar Análisis

1. El sistema identifica los índices estacionales
2. El sistema identifica el mínimo error
3. El sistema obtiene el pronóstico final
4. Fin del caso de uso

---

---

#### 4.2.7. CU07 Mostrar resultado

Descripción completa

Permitir que el sistema muestre el resultado del análisis de forma gráfica y textual.

Atributos importantes

*Tabla 4.0.7 Atributos Importantes CU07*

Caso de uso	CU07 Mostrar resultado
Actor:	Sistema
Propósito:	Que el sistema muestre el resultado del análisis
Resumen:	El sistema muestra las gráficas, así como la tabla de resultados.
Entradas:	Los resultados estadísticos
Salidas:	Las gráficas y la tabla de resultados
Precondiciones:	Ninguna
Postcondiciones:	Ninguna

Trayectorias del caso de uso

Trayectoria principal: Viene del caso de uso CU04 Aplicar método de Winters o CU05 Aplicar método de Descomposición o CU06 Aplicar método de Regresión

1. El sistema despliega los resultados en gráficas (por año o mes)
2. El sistema despliega los resultados en una tabla.
3. Fin del caso de uso

---

---

#### 4.2.8. CU08 Seleccionar opciones

Descripción completa

Permitir que el usuario seleccione las opciones con las que el análisis se efectuará

Atributos importantes

*Tabla 4.0.8 Atributos Importantes CU08*

Caso de uso	CU08 Seleccionar opciones
Actor:	Usuario del sistema
Propósito:	Que el usuario seleccione las opciones
Resumen:	El usuario presiona en los botones correspondientes para las opciones
Entradas:	Las opciones
Salidas:	Ninguna
Precondiciones:	Se debe cumplir el CU01
Postcondiciones:	Ninguna

Trayectorias del caso de uso

Trayectoria principal

1. El usuario selecciona las opciones correspondientes para cada parámetro
2. Fin del caso de uso

---

#### 4.2.9. CU09 Descargar gráfica

Descripción completa

Permitir que el usuario descargue la gráfica resultante del análisis

Atributos importantes

*Tabla 4.0.9 Atributos Importantes CU08*

Caso de uso	CU09 Descargar gráfica
Actor:	Usuario del sistema
Propósito:	Que el usuario descargue la gráfica resultante
Resumen:	El usuario presiona el botón descargar gráfica
Entradas:	Ninguna
Salidas:	El archivo de la gráfica
Precondiciones:	Se debe cumplir el CU02
Postcondiciones:	Ninguna

Trayectorias del caso de uso

Trayectoria principal

1. El usuario presiona el botón descargar
2. Fin del caso de uso

---

### **4.3.DIAGRAMA DE CLASES**

Los diagramas de clases en Lenguaje Unificado de Modelado (UML) son un tipo de diagrama de estructura estática que describe la estructura de un sistema mostrando las clases del sistema, sus atributos, operaciones (o métodos), y las relaciones entre los objetos.

En un principio se habían especificado una clase para cada uno de los métodos de análisis. Durante el desarrollo nos dimos cuenta que dichas clases no eran necesarias, complicaba el desarrollo en vez de simplificarlo, ya que para cada método no es necesario crear objetos, además de que las clases, al final, no tenían ninguna relación la una con la otra como para aplicar herencia entre ellas.

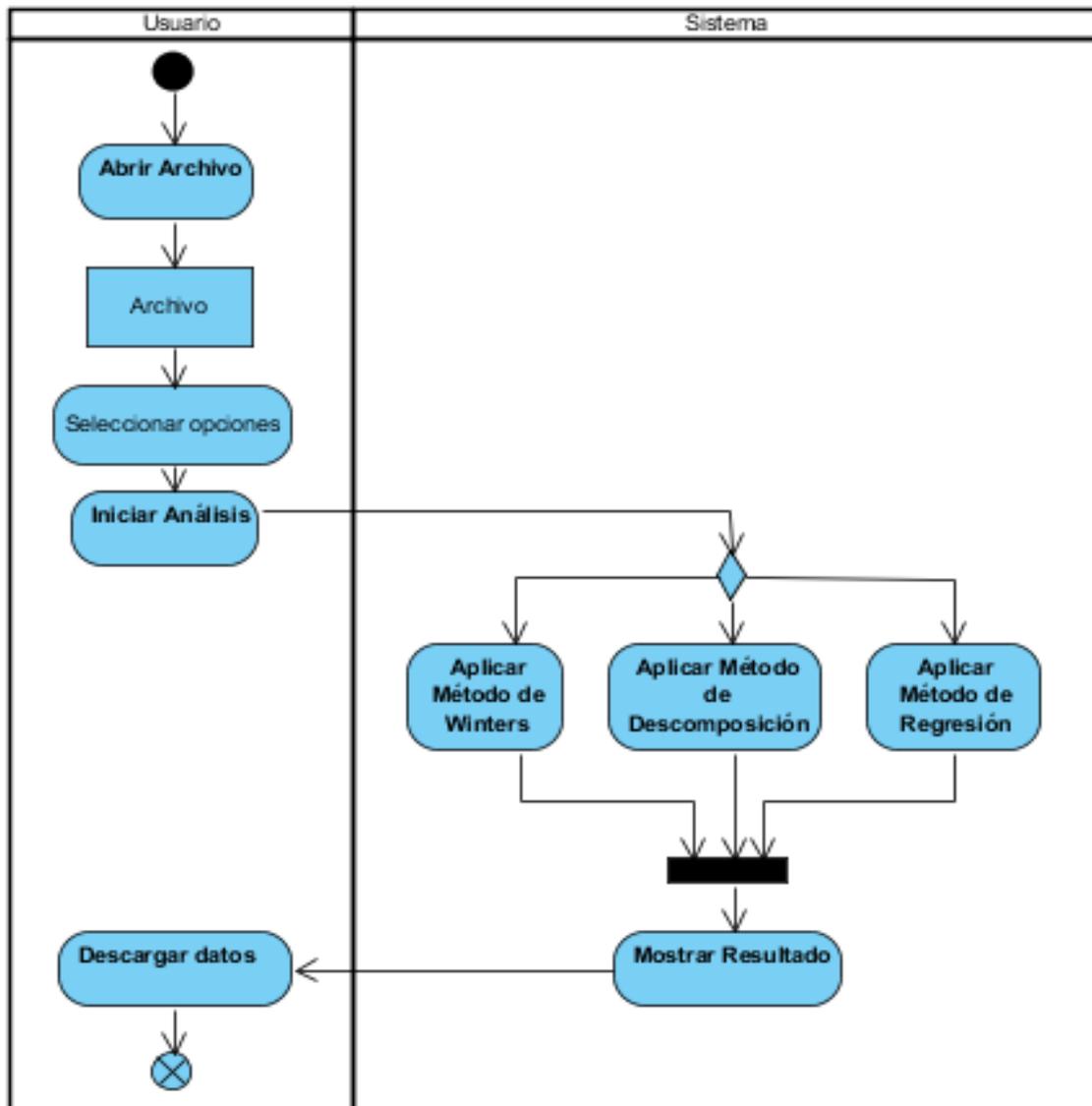
---

## 4.4. DIAGRAMA DE ACTIVIDADES

En un diagrama de actividades se muestra un proceso de negocio o un proceso de software como un flujo de trabajo a través de una serie de acciones. Estas acciones las pueden llevar a cabo personas, componentes de software o equipos.

### 4.4.1. Diagrama de actividades del sistema

En la figura 4.4 se puede ver el diagrama de actividades del sistema

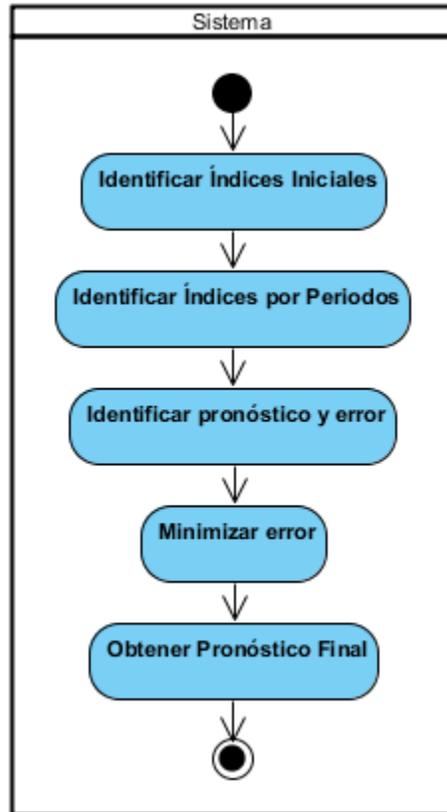


*Figura 4.3 Diagrama de actividades del sistema*

---

#### 4.4.2. Diagrama de actividades de “Aplicar Método de Winters

En la figura 4.5 se desglosa el flujo de actividades del proceso “Aplicar Método de Winters” que se muestra originalmente en la figura 4.4.

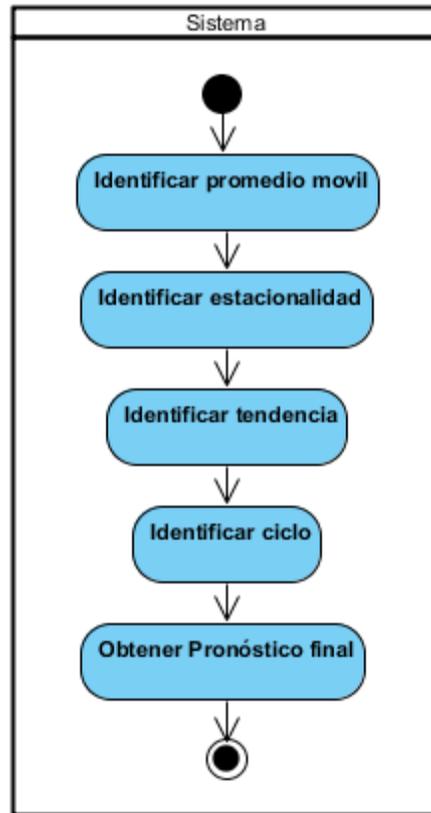


*Figura 4.4 Diagrama de Actividades de Aplicar Método de Winters*

---

### 4.4.3. Diagrama de actividades de “Aplicar Método de Descomposición”

En la figura 4.6 se desglosa el flujo de actividades del proceso “Aplicar Método de Descomposición” que se muestra originalmente en la figura 4.4.

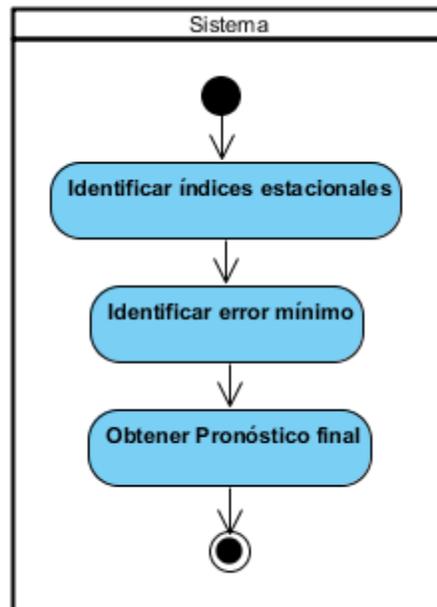


*Figura 4.5 Diagrama de Actividades de Aplicar Método de Descomposición*

---

#### 4.4.4. Diagrama de actividades de “Aplicar Método de Regresión”

En la figura 4.7 se desglosa el flujo de actividades del proceso “Aplicar Método de Regresión” que se muestra originalmente en la figura 4.4.



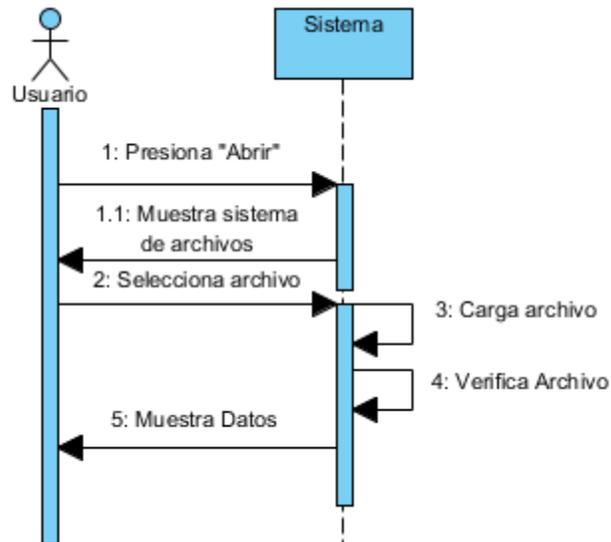
*Figura 4.6 Diagrama de Actividades de Aplicar Método de Regresión*

---

## 4.5. DIAGRAMAS DE SECUENCIA

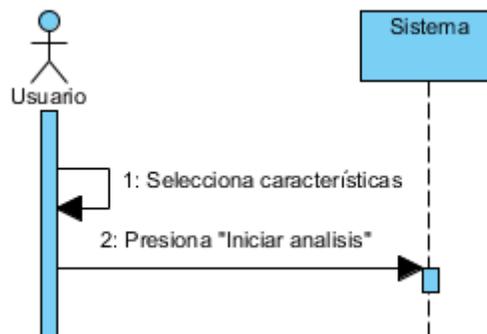
Un diagrama de secuencia muestra una interacción, que representa la secuencia de mensajes entre las instancias de clases, componentes, subsistemas o actores. El tiempo fluye hacia abajo en el diagrama y muestra el flujo de control de un participante a otro.

### 4.5.1. Diagrama de Secuencia: Abrir Archivo



*Figura 4.7. Diagrama de secuencia "Abrir Archivo".*

### 4.5.2. Iniciar Análisis



*Figura 4.8. Diagrama de secuencia "Iniciar Análisis".*

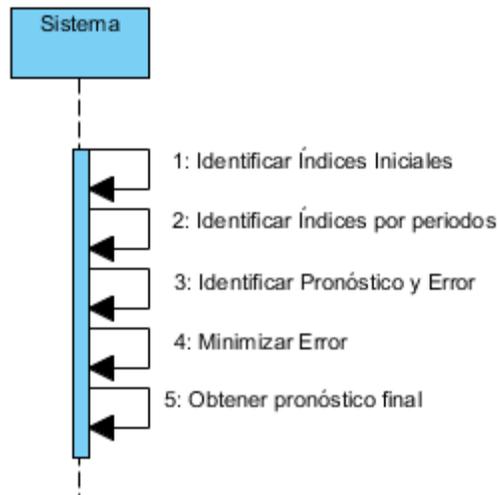
---

### 4.5.3. Descargar Datos



*Figura 4.9. Diagrama de secuencia “Descargar Datos”.*

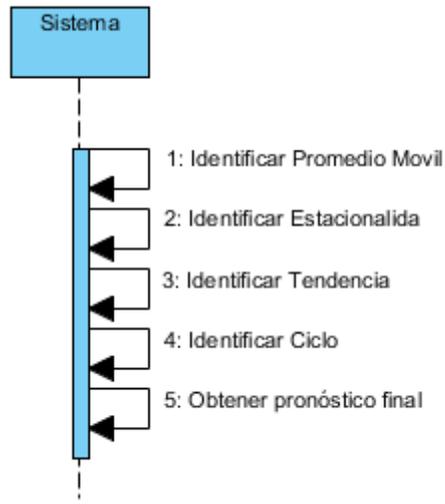
### 4.5.4. Aplicar método de Winters



*Figura 4.10. Diagrama de secuencia “Aplicar Método de Winters”.*

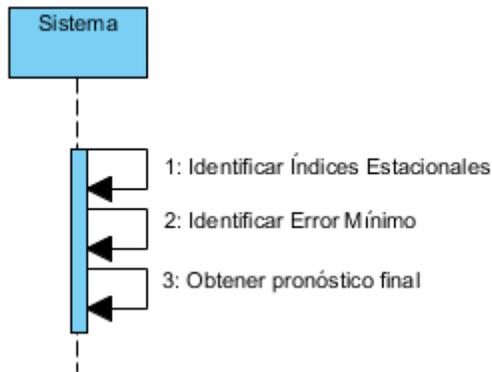
---

#### 4.5.5. Aplicar método de Descomposición



*Figura 4.11. Diagrama de secuencia “Aplicar Método de Descomposición”.*

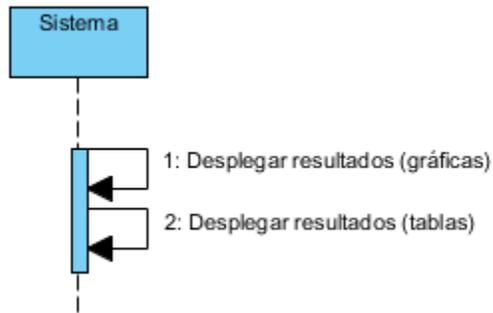
#### 4.5.6. Aplicar método de Regresión



*Figura 4.12. Diagrama de secuencia “Aplicar Método de Regresión”.*

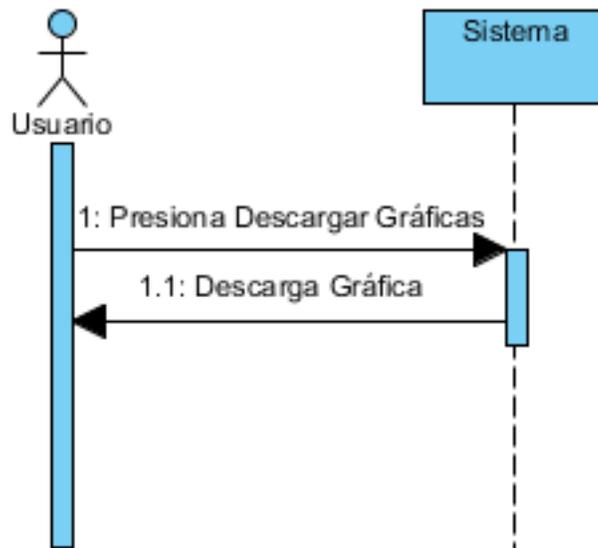
---

#### 4.5.7. Mostrar Resultado



*Figura 4.13. Diagrama de secuencia "Mostrar Resultado".*

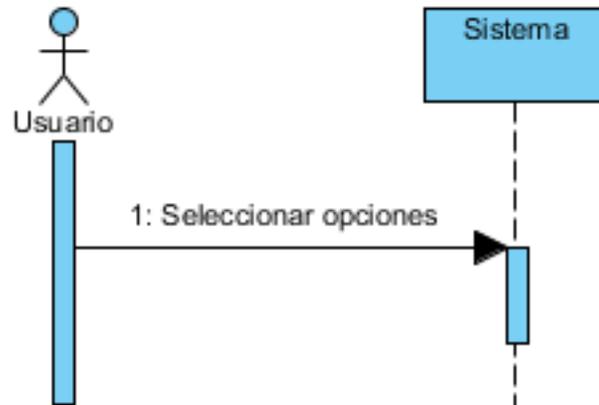
#### 4.5.8. Descargar gráficas



*Figura 4.14. Diagrama de secuencia "Descargar gráficas".*

---

#### 4.5.9. Seleccionar opciones



*Figura 4.15. Diagrama de secuencia “Descargar gráficas”.*

---

## 4.6.DEFINICIÓN DE INTERFACES DE USUARIO

La interfaz de usuario es el medio con que el usuario puede comunicarse con una máquina, un equipo o una computadora, y comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y el equipo.

A continuación se desarrollan las interfaces gráficas del sistema

### 4.6.1. UI01 Pantalla de Opciones

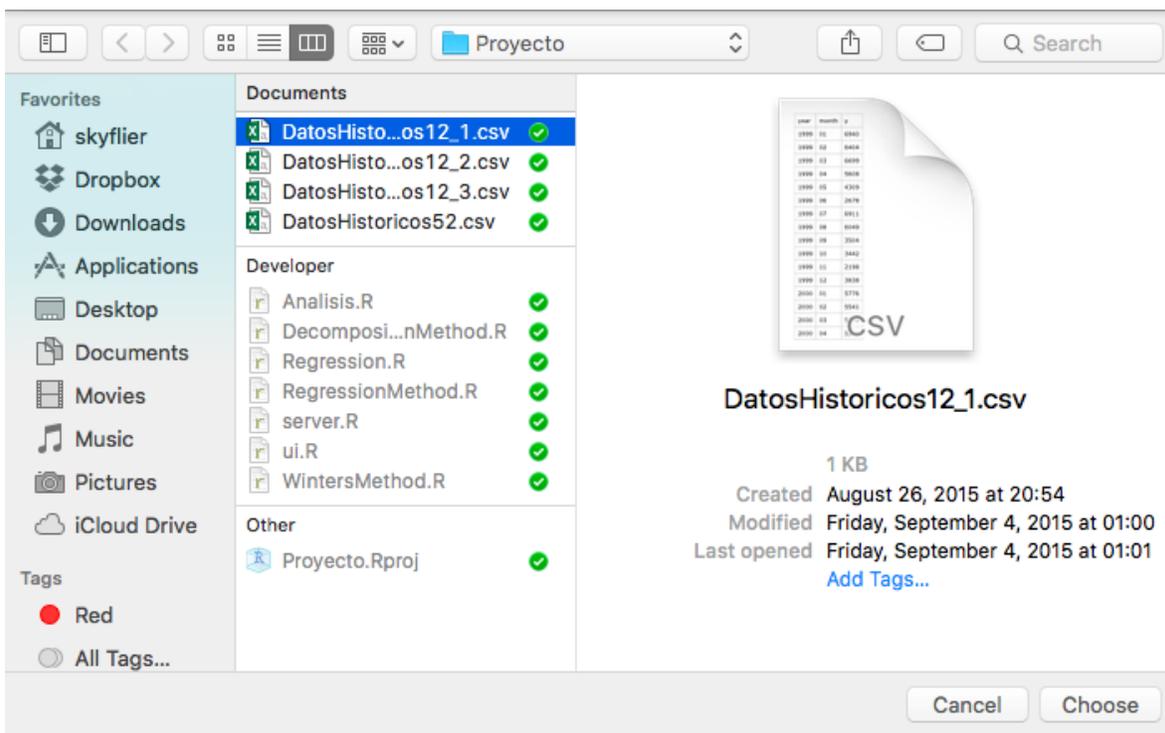


*Figura 4.16. Pantalla de Opciones*

**Tabla 4.0.10 Atributos UI01**

Nombre	Pantalla de Opciones
Casos de Uso que satisface	CU01 Abrir Archivo, CU02 Iniciar Análisis, CU03 Guardar Resultado,
Descripción	Muestra las opciones y parámetros para iniciar el análisis

**4.6.2. UI02 Selección de archivo**

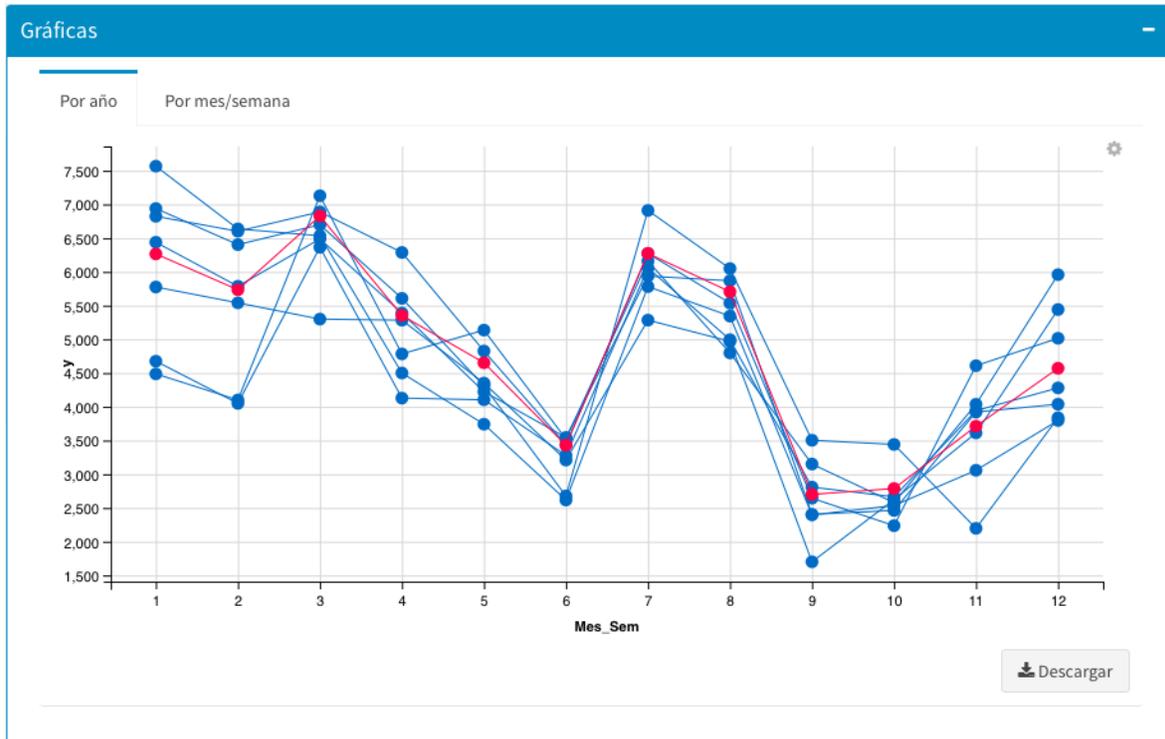


**Figura 4.17. Pantalla selección de archivo**

**Tabla 4.0.11 Atributos UI02**

Nombre	Pantalla de selección de archivo
Caso de Uso que satisface	CU01 Abrir Archivo, Trayectoria Alternativa A
Descripción	Muestra el sistema de archivos del sistema para seleccionar el archivo con los datos históricos

### 4.6.3. UI03 Resultado por año

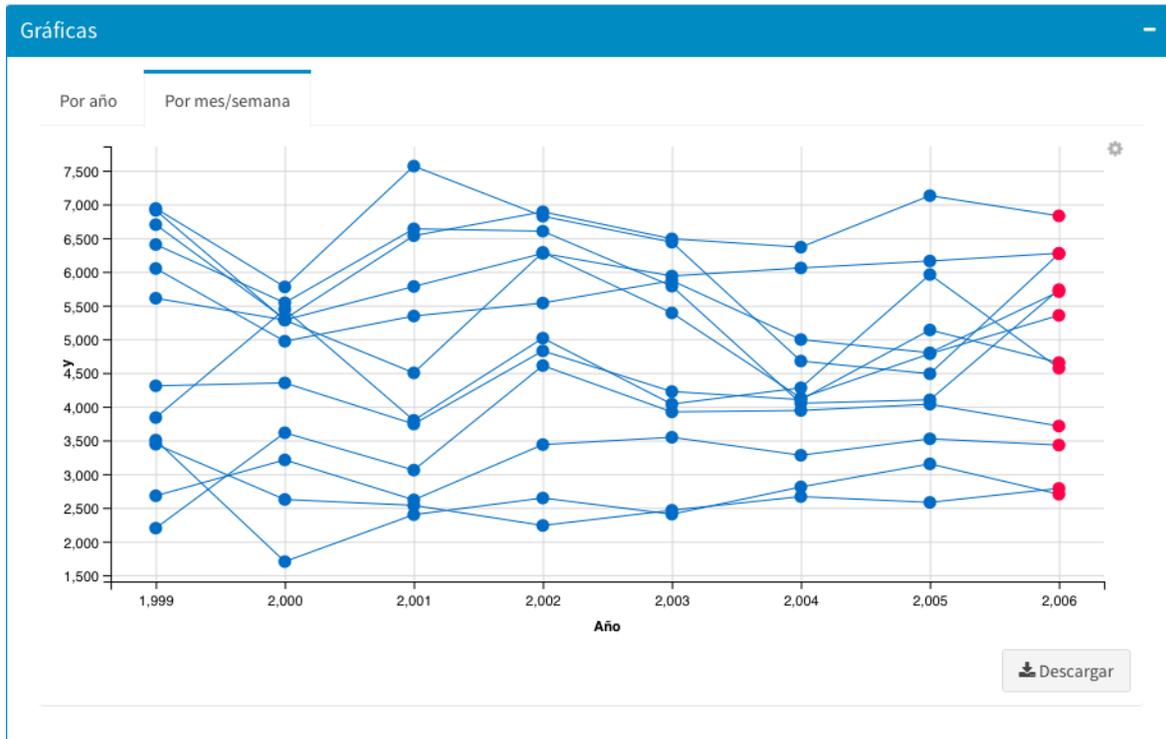


*Figura 4.18 Pantalla resultado por año*

*Tabla 4.0.12 Atributos UI03*

Nombre	Pantalla de Resultados por año
Caso de Uso que satisface	CU07 Mostrar Resultado
Descripción	Muestra los resultados gráficamente ordenados por año

#### 4.6.4. UI04 Resultado por mes



*Figura 4.19 Pantalla resultado por mes*

*Tabla 4.0.13 Atributos UI04*

Nombre	Pantalla de Resultados por mes
Caso de Uso que satisface	CU07 Mostrar Resultados
Descripción	Muestra los resultados gráficamente por cada mes del año

---

#### 4.6.5. UI05 Datos relevantes



*Figura 4.20 Pantalla de datos relevantes*

*Tabla 4.0.14 Atributos UI05*

Nombre	Pantalla de datos relevantes
Caso de Uso que satisface	CU01 Abrir Archivo
Descripción	Muestra datos relevantes del análisis

#### 4.6.6. UI06 Mostrar resultados

Pronósticos

Show 12 entries Search:

Periodo	Año	Mes_Sem	Valores Suavizados (S)	Factor Estacional Suavizado (I)	Tendencia Suavizada (T)	Pronostico (mm)
85	2006	1	4864.56	1.29	-7.129	6266.748
86	2006	2	4864.56	1.182	-7.129	5735.178
87	2006	3	4864.56	1.41	-7.129	6829.19
88	2006	4	4864.56	1.107	-7.129	5353.8
89	2006	5	4864.56	0.964	-7.129	4653.218
90	2006	6	4864.56	0.711	-7.129	3430.078
91	2006	7	4864.56	1.303	-7.129	6274.282
92	2006	8	4864.56	1.187	-7.129	5705.589
93	2006	9	4864.56	0.563	-7.129	2701.51
94	2006	10	4864.56	0.582	-7.129	2788.072
95	2006	11	4864.56	0.776	-7.129	3712.473
96	2006	12	4864.56	0.956	-7.129	4570.945

Showing 1 to 12 of 12 entries Previous **1** Next

*Figura 4.21 Pantalla de resultados*

*Tabla 4.0.15 Atributos UI06*

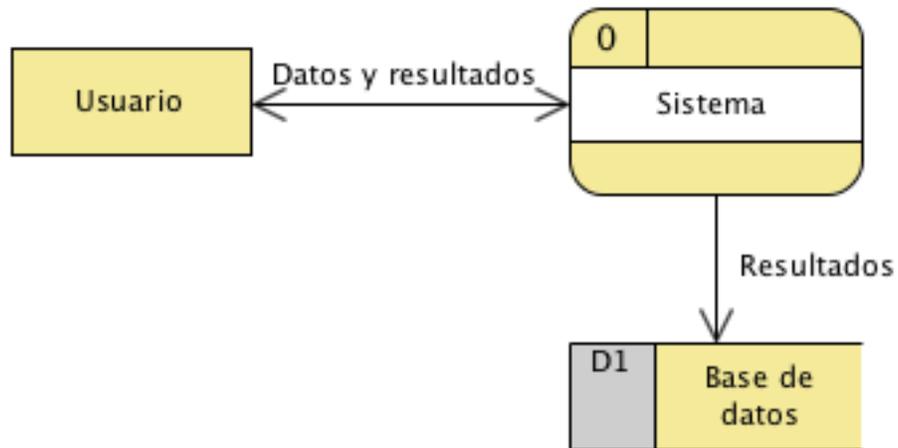
Nombre	Pantalla de Resultados en Tablas
Caso de Uso que satisface	CU07 Mostrar Resultado
Descripción	Muestra en una tabla los resultados del análisis

---

## 4.7. Diagramas de flujo de datos

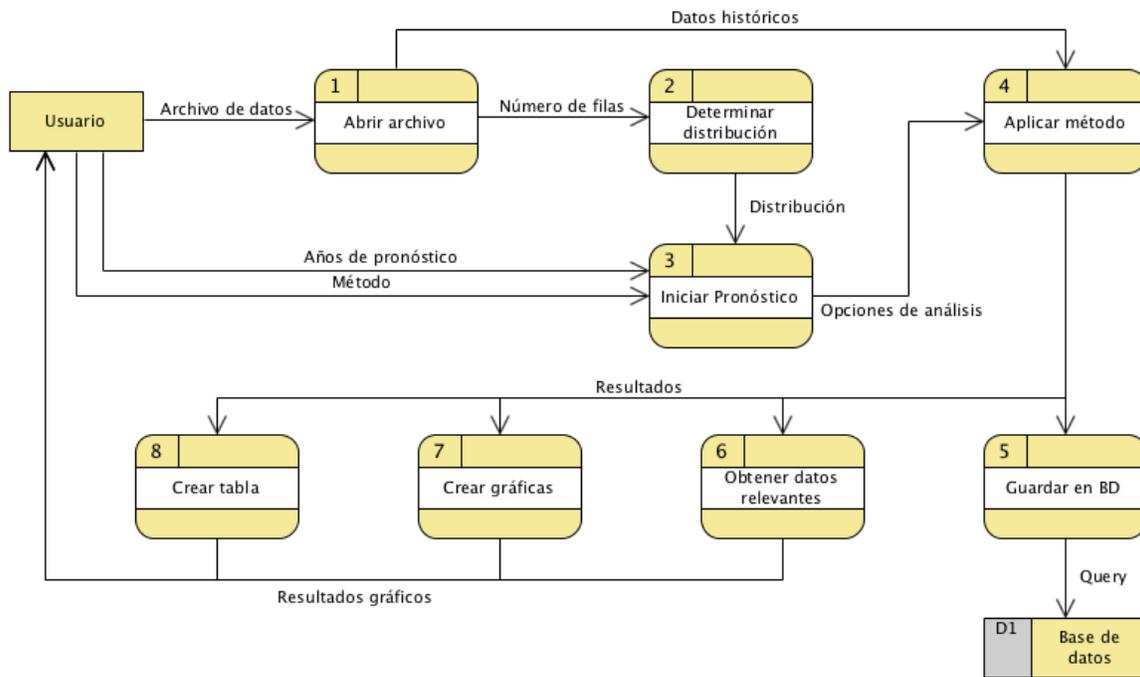
Los diagramas de flujo de datos del sistema, son los siguientes:

### 4.7.1. Diagrama de flujo de datos nivel cero



*Figura 4.22 Diagrama de flujo de datos nivel cero*

#### 4.7.2. Diagrama de flujo de datos nivel uno

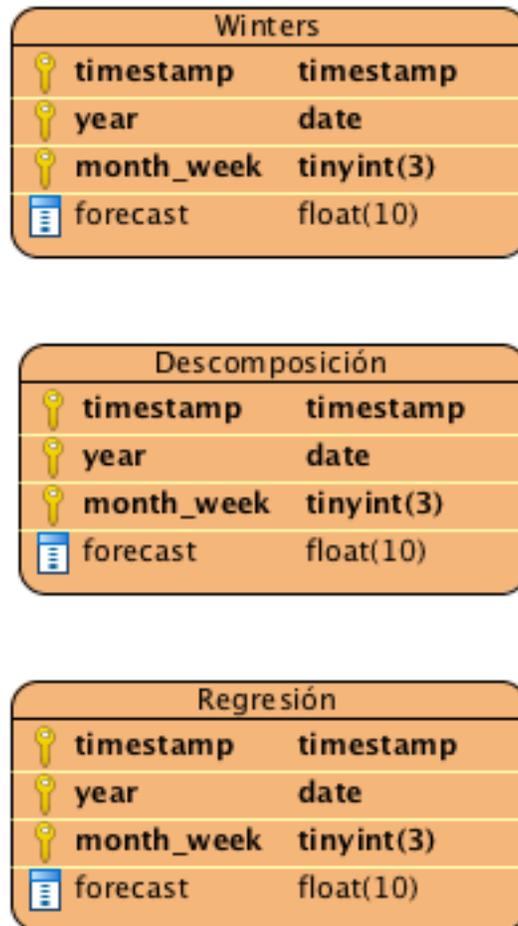


*Figura 4.23. Diagrama de flujo de datos nivel uno*

---

## 4.8. Diagrama de la base de datos

Nuestra base de datos se compone de tres tablas principales que almacenan todos los resultados obtenidos por cada usuario para suposterior análisis por parte del administrador del sistema.



*Figura 4.24. Diagrama de la base de datos*

---

## **CAPÍTULO 5.- PRUEBAS**

En este capítulo realizaremos pruebas al sistema con tres sets de datos. Los primeros dos de ellos, constaran de 120 reactivos, con una dispersión por mes, por lo tanto serán 10 años de datos históricos los que se evaluarán.

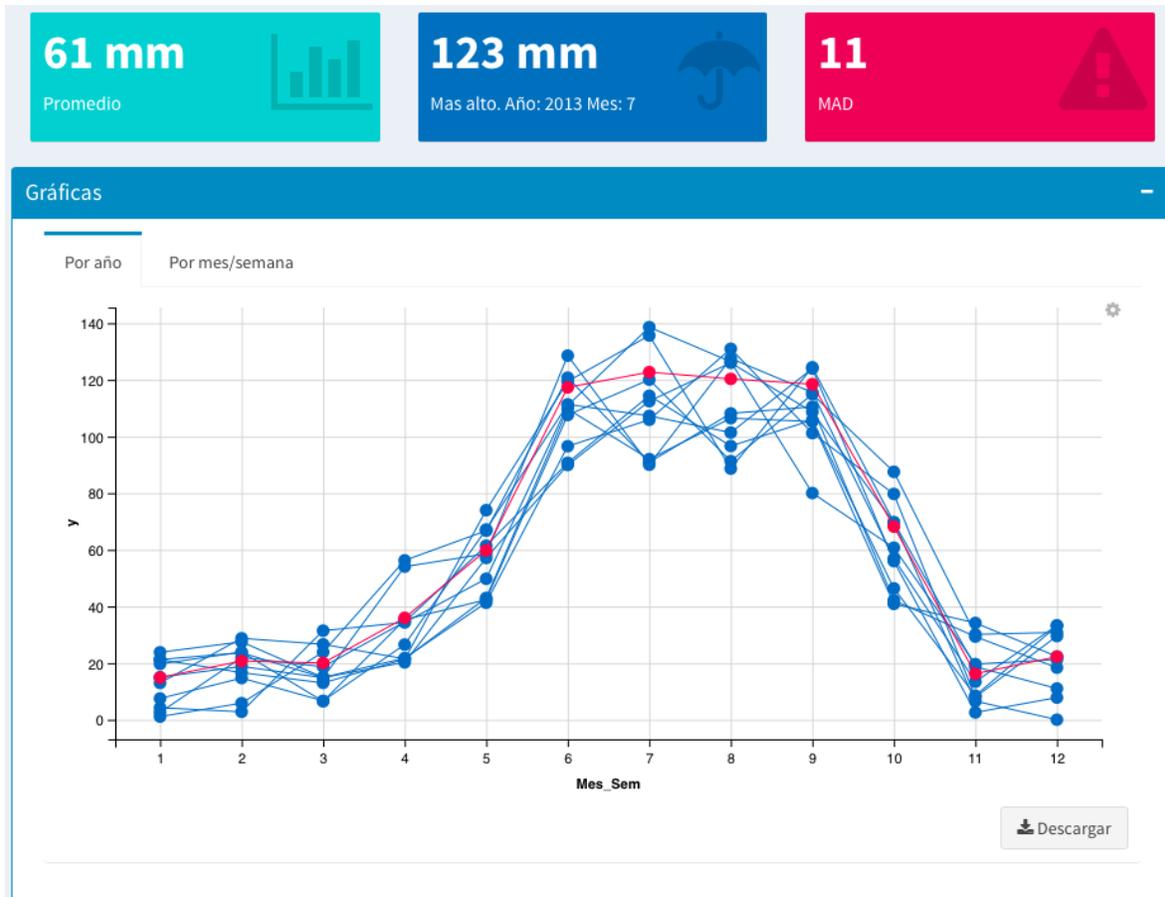
El tercer set de datos, será un set con 1200 reactivos, con una dispersión por mes, por lo tanto serán 100 años los que se analizarán para el pronóstico.

Se pueden consultar los primeros dos sets de datos en el apéndice B, al final de este documento.

## 5.1. Primer set de datos

### 5.1.1. Método de Winters

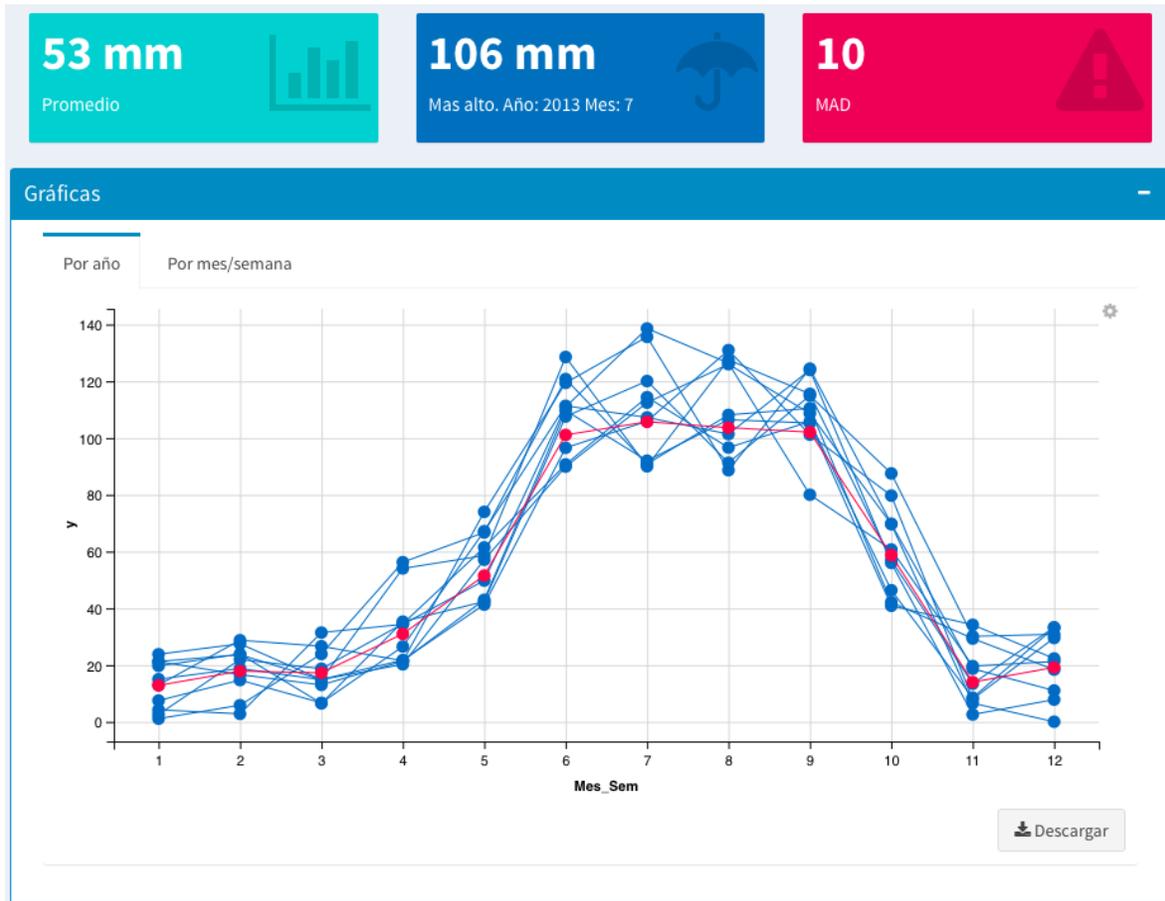
Después de aplicar el método de Winters al primer set de datos, los resultados son los que aparecen en la figura 5.1



*Figura 5.1 Resultados, método de winters, primer set de datos*

### 5.1.2. Método de descomposición

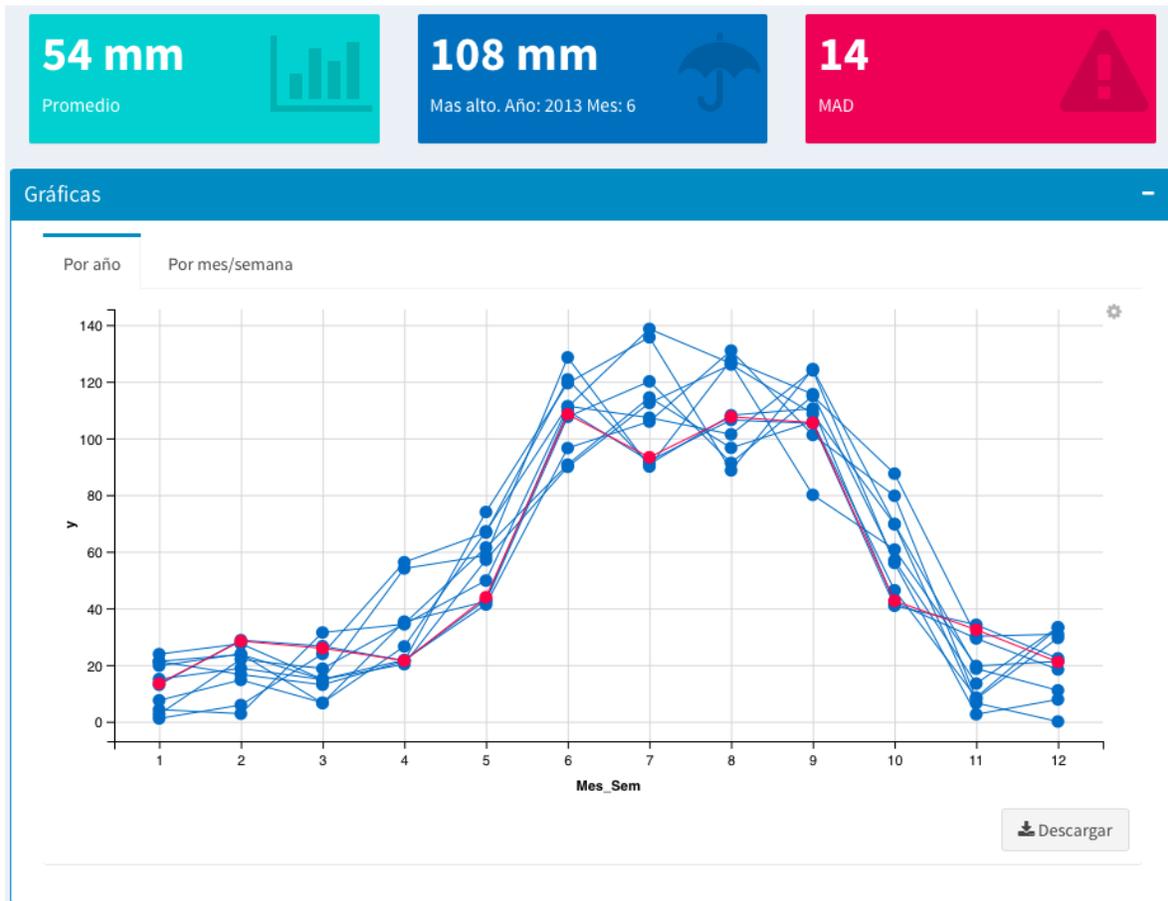
Después de aplicar el método de descomposición al primer set de datos, los resultados son los que aparecen en la figura 5.2



*Figura 5.2 Resultados, método de descomposición, primer set de datos*

### 5.1.3. Método de regresión

Después de aplicar el método de regresión al primer set de datos, los resultados son los que aparecen en la figura 5.3

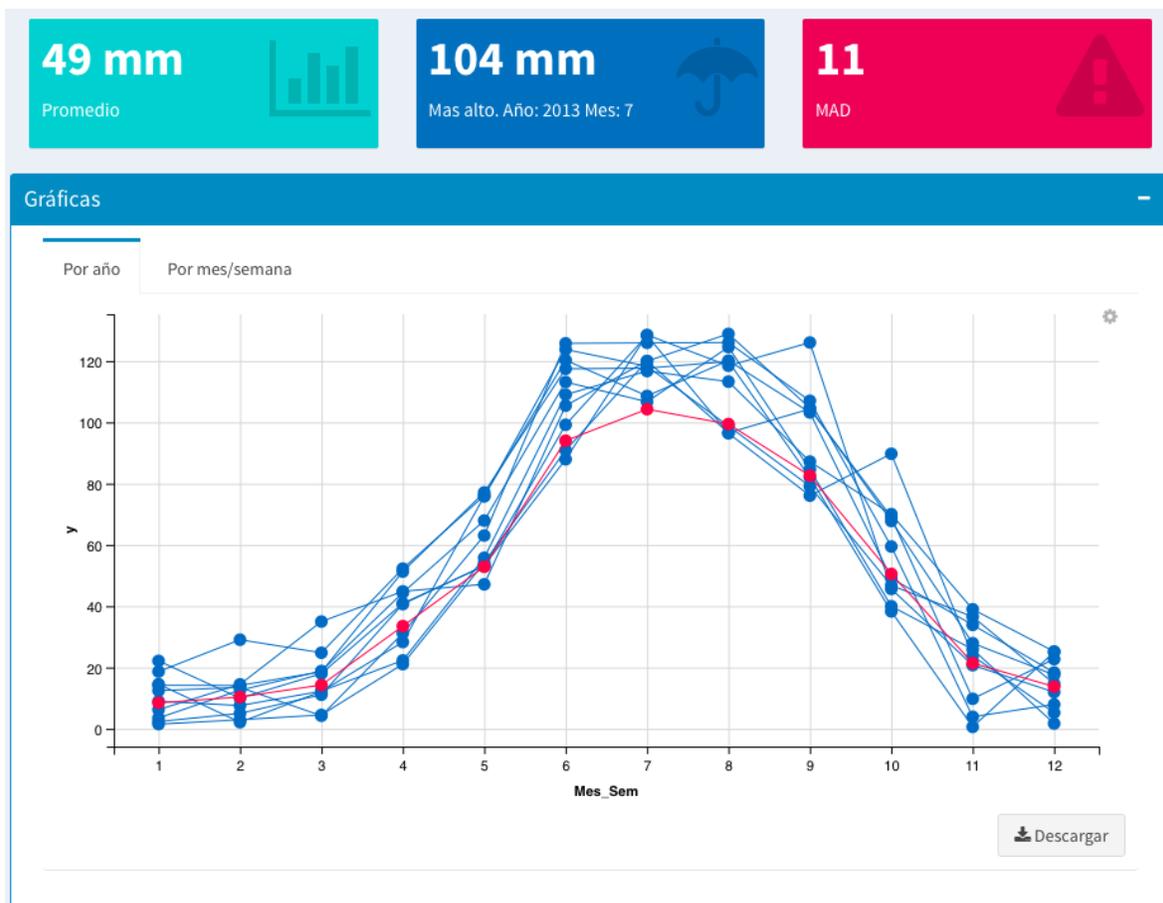


*Figura 5.3 Resultados, método de regresión, primer set de datos*

## 5.2. Segundo set de datos

### 5.2.1. Método de Winters

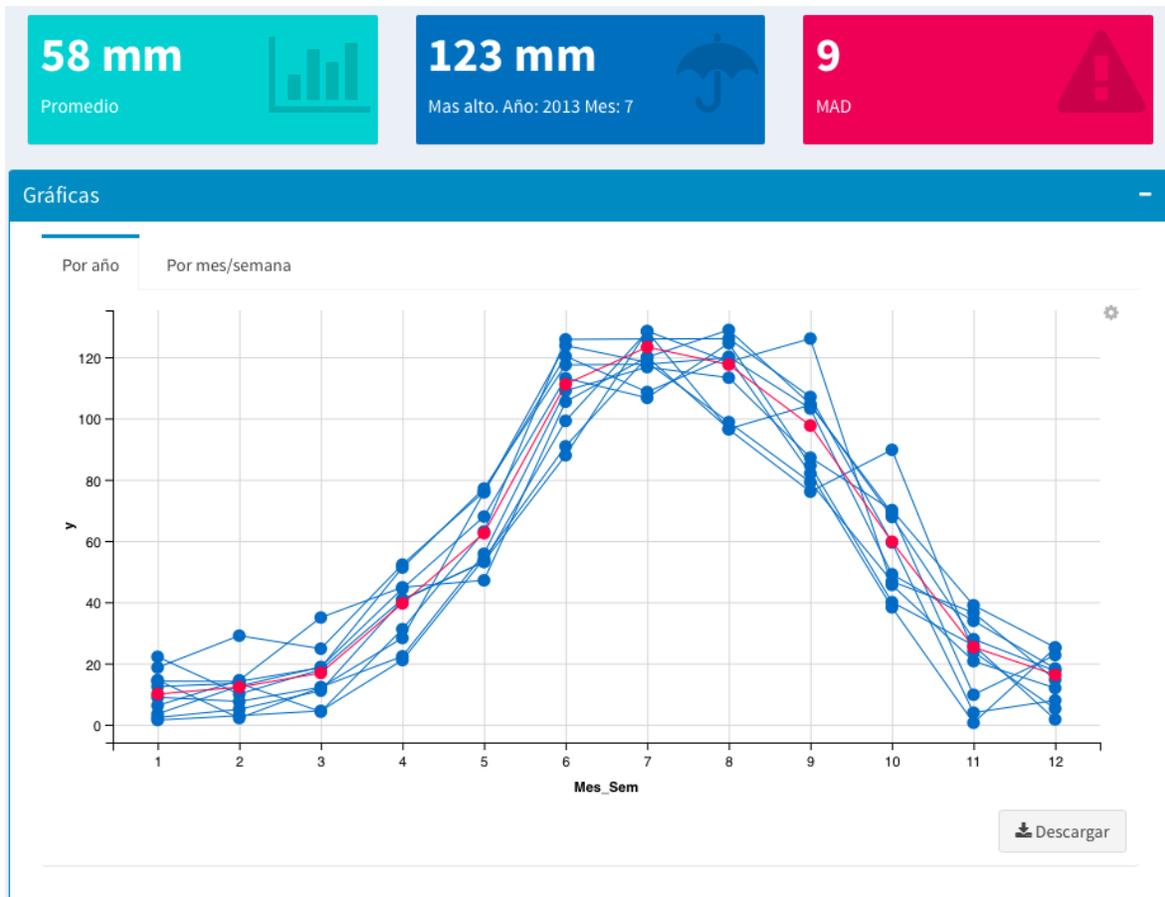
Después de aplicar el método de Winters al segundo set de datos, los resultados son los que aparecen en la figura 5.4



*Figura 5.4 Resultados, método de Winters, segundo set de datos*

## 5.2.2. Método de descomposición

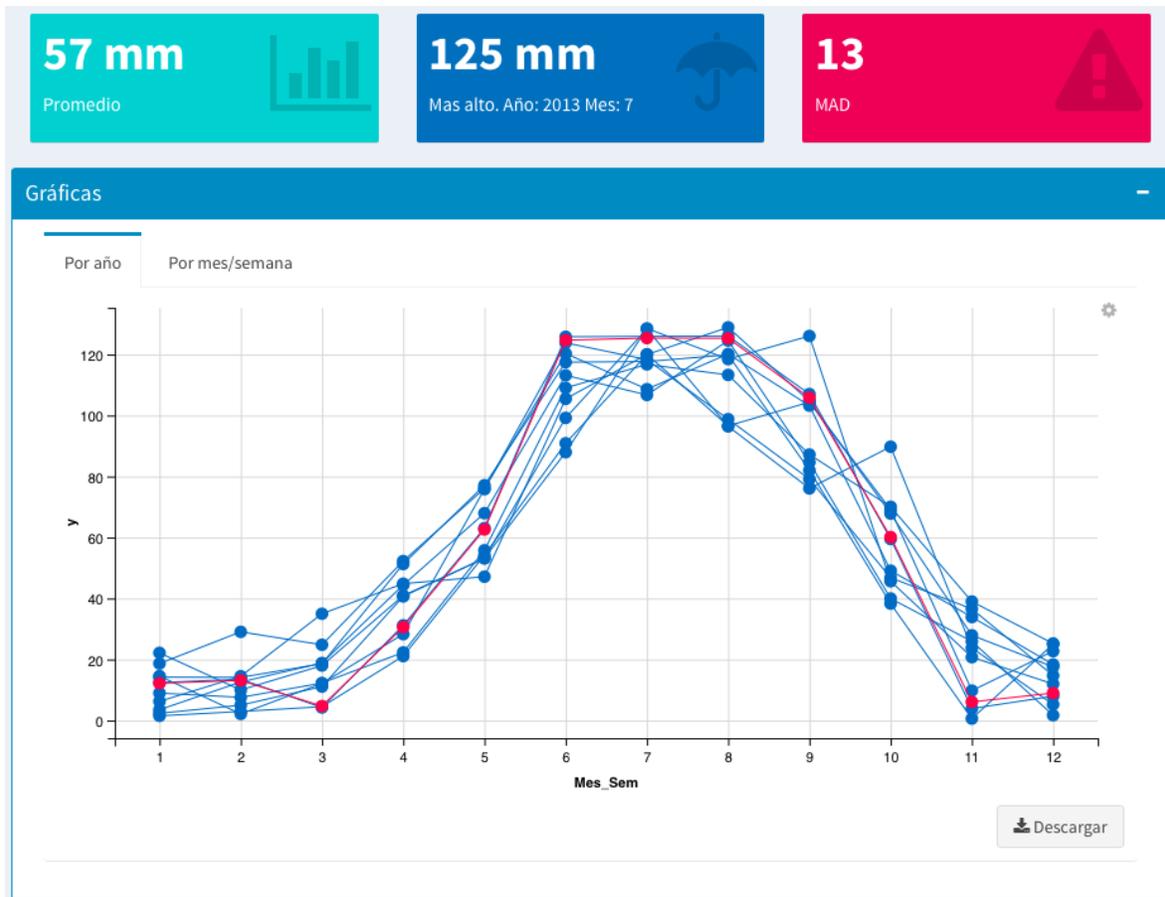
Después de aplicar el método de descomposición al segundo set de datos, los resultados son los que aparecen en la figura 5.5



*Figura 5.5 Resultados, método de descomposición, segundo set de datos*

### 5.2.3. Método de regresión

Después de aplicar el método de regresión al segundo set de datos, los resultados son los que aparecen en la figura 5.6

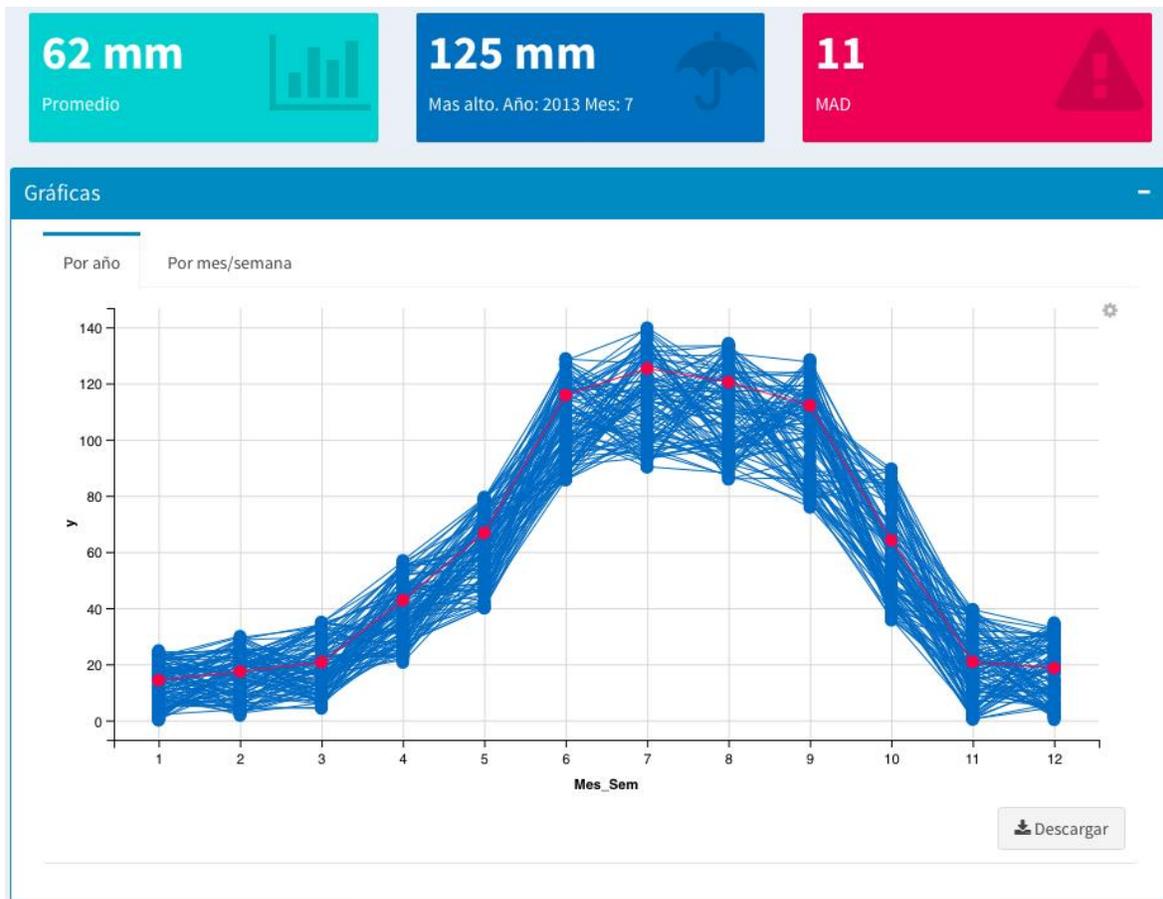


*Figura 5.6 Resultados, método de regresión, segundo set de datos*

## 5.3. Tercer set de datos

### 5.3.1. Método de Winters

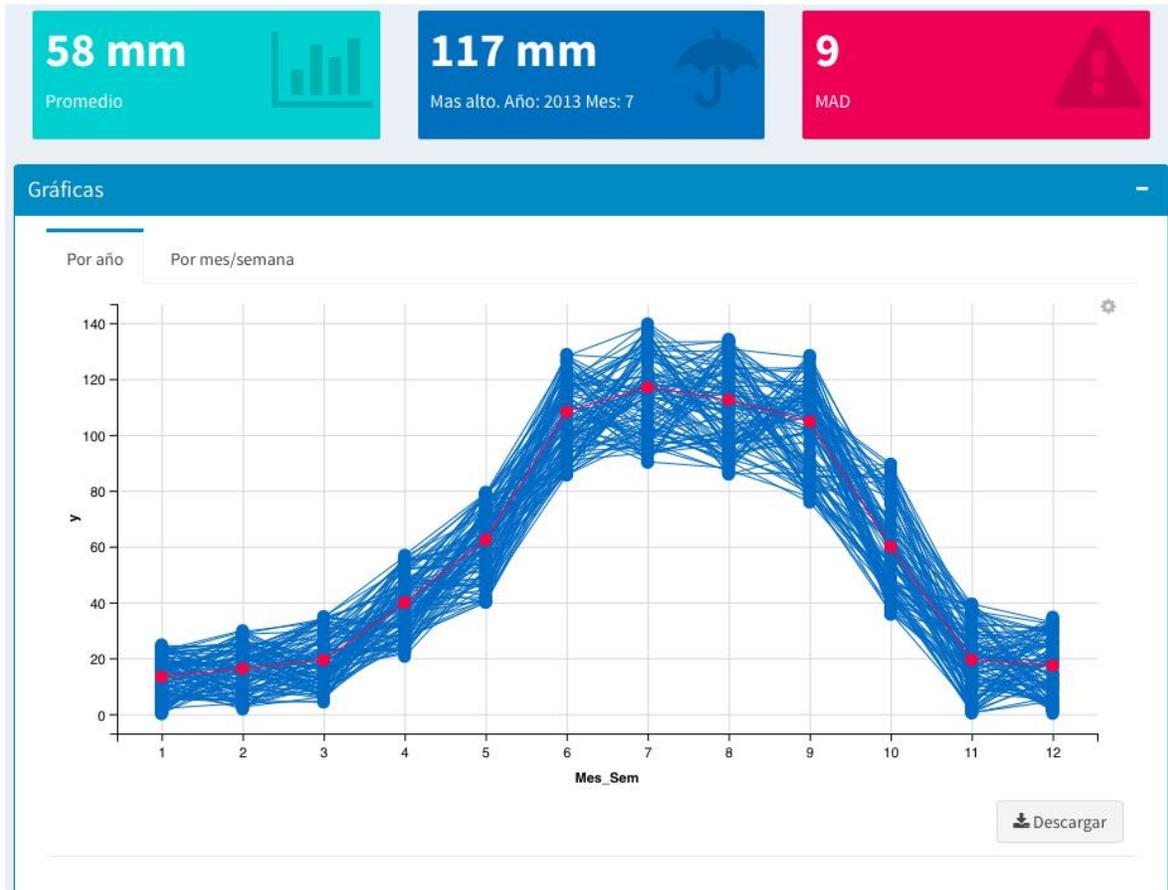
Después de aplicar el método de Winters al tercer set de datos, los resultados son los que aparecen en la figura 5.7



*Figura 5.7 Resultados, método de Winters, tercer set de datos*

### 5.3.2. Método de descomposición

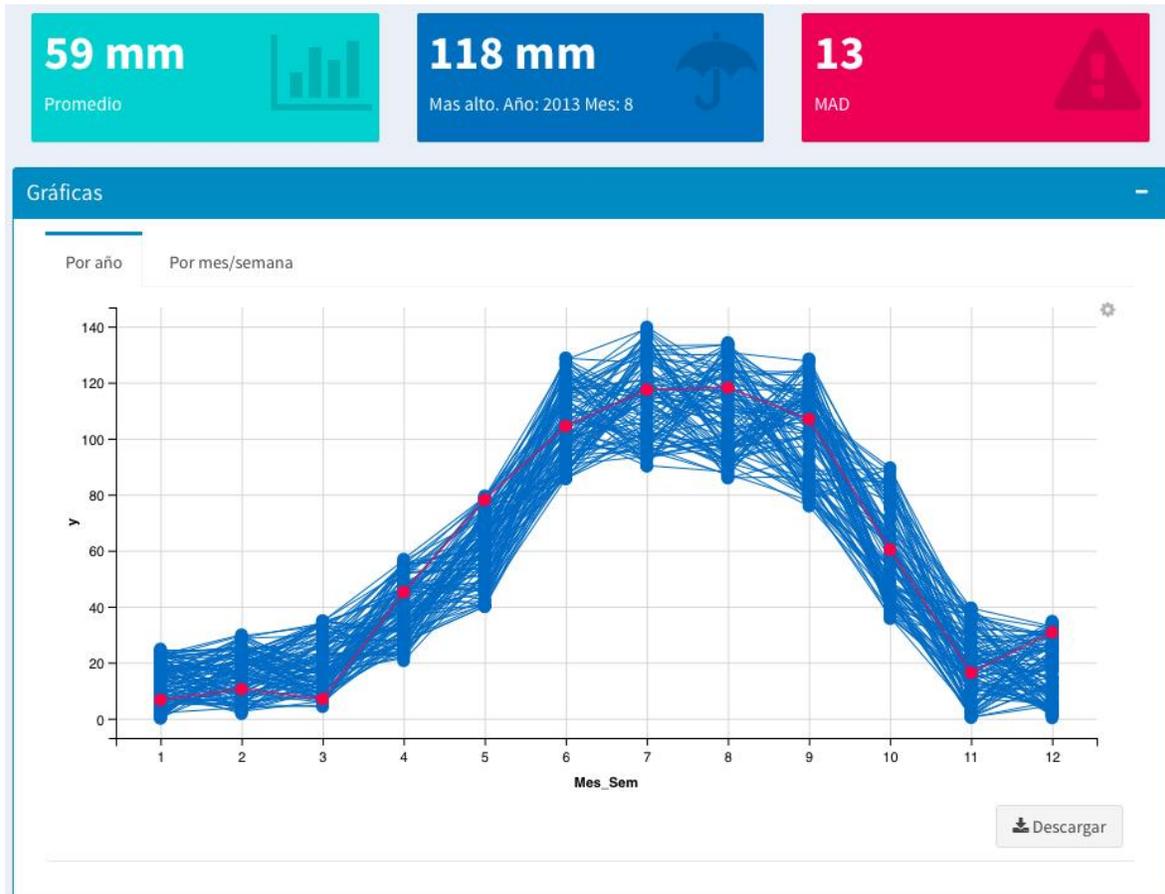
Después de aplicar el método de descomposición al tercer set de datos, los resultados son los que aparecen en la figura 5.8



*Figura 5.8 Resultados, método de descomposición, tercer set de datos*

### 5.3.3. Método de regresión

Después de aplicar el método de regresión al tercer set de datos, los resultados son los que aparecen en la figura 5.9



*Figura 5.9 Resultados, método de regresión, tercer set de datos*

---

## 5.4. Tabla comparativa

En la tabla 5.1 se muestran la comparación de los tres métodos de pronósticos, en cada uno de los sets de datos. Compararemos el resultado del MAD, ya que este es el error medio que reporta el análisis. Entre menor sea el valor del MAD

*Tabla 5.1 Comparativa del MAD*

	<b>Método de Winters</b>	<b>Método de descomposición</b>	<b>Método de regresión</b>
<b>Set de datos 1</b>	11	10	14
<b>Set de datos 2</b>	11	9	13
<b>Set de datos 3</b>	11	9	13

---

---

## CONCLUSIONES

En la actualidad, la Ciudad de México sufre año con año de casos de inundaciones en muchos puntos dentro de esta. Ocasionando enormes pérdidas humanas, así como también materiales. Estos riesgos de inundaciones muestran una tendencia estacional que se presenta con mayor frecuencia entre los meses de junio y septiembre, por lo que es posible su estudio a través de las series de tiempo, las cuales, son ideales para expresar un pronóstico para esta problemática.

La Ciudad de México, para sofocar los daños ocasionados por estos desastres naturales, cuenta con dos sistemas principales, el Atlas Nacional de Riesgos y el Sistema Meteorológico Nacional. Aunque estos sólo ofrecen información histórica y no un pronóstico como tal.

Cabe mencionar que el sistema que aquí se presenta puede tomar cualquier set de datos descritos en una serie de tiempo, en cualquier momento se podrá adecuar para representar otras necesidades, otros problemas o fenómenos meteorológicos.

El sistema que se propuso, toma los datos históricos de los sistemas de información que el gobierno federal tiene a su disposición, y genera un análisis de estos con tres diferentes métodos probabilísticos.

Todos los pronósticos contienen una discrepancia con los datos reales, es por ello que se utilizaron tres métodos para identificar cuál arrojaba un pronóstico más certero.

Después de realizar las pruebas en los tres set de datos, con cada uno de los métodos, se puede observar en la tabla 5.1 que el método de descomposición arroja un nivel de diferencia menor en todos los casos, a diferencia de sus contrapartes.

Estos resultados fueron validados al momento del análisis al compararlos con los datos reales en cada periodo. Los métodos calculaban una aproximación desde los datos reales y con ellos

---

---

se pudo calcular la discrepancia que existe con el valor real y el pronóstico que se está presentando.

Es de esa manera que la validación se realiza para poder decir que los resultados presentados son muy similares a los valores reales.

Es por ello que podemos concluir que el uso del método de descomposición es más confiable en el análisis de pronósticos, al menos dentro de nuestras pruebas.

Con este sistema se espera poder reducir las pérdidas humanas y materiales con el pronóstico oportuno de los desastres en el área en el que se implemente, que como ya se dijo, puede ser cualquiera, con tal de solo ingresar los datos de dicha área geográfica.

Se logró el alcance deseado para este trabajo terminal, utilizando técnicas aprendidas a lo largo de la currícula de la carrera.

---

---

## TRABAJO A FUTURO

Para este proyecto nos limitamos a realizar el pronóstico de inundaciones en la Ciudad de México, en un futuro, en proyectos subsecuentes, se podría modificar esta limitante e incluir otras áreas geográficas, no solo del territorio nacional, sino de cualquier otro país.

Además este trabajo terminal abordó el tema de pronósticos utilizando series de tiempo, las cuales son utilizadas en el pronóstico, no solo de inundaciones, sino de cualquier otro fenómeno que contenga un comportamiento periódico. Por lo tanto, a partir de este proyecto se podrían iniciar nuevos trabajos en la rama de los pronósticos con series de tiempo de cualquier índole.

Una característica que también se podría añadir es la implementación de sesiones de usuario. Así cada usuario podrá acceder a su propio repositorio de datos para su posterior consulta, además de almacenarlos en un servidor. Esto con la finalidad de que el usuario pueda llevar un control de los análisis realizados así como de los datos almacenados

---

---

## REFERENCIAS

- [1] Índice de Glosario de Términos, <http://www.cenapred.unam.mx/es/Glosario/>
- [2] Ciclo hidrológico (o del agua), <http://www.ciclohidrologico.com/>
- [3] S. Holonic. "Teoría General de Sistemas, Pensamiento Holónico ¿Qué es la Teoría General de Sistemas y los Holones?". 1984. Ashby, R. <http://www.geocities.com/sanloz.geo/holones.html>.
- [4] E. Bueno, P. Rodríguez y M. P. Salmador "Gestión del Conocimiento y Capital Intelectual: análisis de experiencias en la empresa española". *Actas X Congreso AECA. Zaragoza. 1999*
- [5] L. A., Galindo, "Una Metodología para el Desarrollo y Redacción de un Proyecto de Tesis de Maestría", *Memorias del 1er. Congreso Internacional de Metodología de la Ciencia y de la Investigación para la Educación*, Instituto Tecnológico de Sonora y Asociación Mexicana de Metodología de la Ciencia y de la Investigación, A.C., Ciudad Obregón, Sonora, México, Mayo de 2005, p.1505-1522.
- [6] A. Gunasekaran, C. Patel and E. Tirtiroglu. "Performance Measure and Metrics Inn a Supply Chain Environment". *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 21 (1/2), pp. 71-87. 2001.
- [7] G. L. Munch and M. J. García. *Fundamentos de Administración*. Quinta edición. México: Trillas, 2004
- [8] E. Jiménez. "Análisis de las Cadenas de Suministro en el Marco de la Competitividad Internacional". Tesis Doctoral. UNAM. 2000
- [9] F. Campuzano Bolarín, , Lario Esteban, F.C. and L Ros McDonnell. Consecuencias del Efecto Bullwhip Según Distintas Estrategias de Gestión de la Cadena de Suministro: Modelado y Simulación. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*. No 5. pp. 49–66. 2008.

- 
- [10] J. A. Domínguez Machuca, S. García González, M. A., Domínguez Machuca, A. Ruiz Jiménez, y M. J. Álvarez Gil, *Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos en la Producción y los Servicios*. Madrid: McGraw-Hill, 1995.
- [11] H. Hirano. (editor). *El JIT Revolución en las Fábricas: Una Guía Gráfica para el Diseño de la Fábrica del Futuro*, Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción, 1992.
- [12] S. Beer. *Diagnosing the System for Organizations*. John Wiley & Sons, 1985.
- [13] Van Gigch. *Teoría General de Sistemas*. Segunda edición. México: Trillas, 2001.
- [14] J. B. Naylor, Naim, M. M. y D. Berry. "Leagility: Integrating the Lean and Agile Manufacturing Paradigms in the Total Supply Chain". *International Journal of Production Economics*. Vol. 62, pp. 107-118. 1999.
- [15] J. A. Ruíz Sánchez. "Logística para la Administración de la Cadena de Suministro en la Industria Textil en una Empresa de Hilatura". Tesis de Licenciatura en Ingeniería Textil, IPN. 2009.
- [16] <https://www.icrc.org/es/homepage>
- [17] CENAPRED "Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México". 2001.
- [18] OMM/UNESCO, "Glosario hidrológico internacional", WMO/OMM/BMO, No. 385, Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial, Suiza. 1974.
- [19] K. Beven, "Towards an alternative blueprint for a physically based digitally simulated hydrologic response modeling system. *Hydrological Processes* 16" 2002, pp. 189-206.
- [20] Smith, M.B., Seo, D. J., Koren, V. I., Reed, S., Zhang, Z., Duan, Q.Y., Moreda, F., and Cong, S. "The distributed model intercomparison project (DMIP): motivation and experiment design. *Journal of Hydrology*", Vol. 298, 2004.
- [21] Salas S. M. A., Jiménez E. M., "Inundaciones", 2007.

- 
- 
- [22] G. M. Cox, A. T. Arthur, D. Slayter, and N. Kuhnert, “National Basin Delineation and Flash Flood Database Creation”. *Symposium on Precipitation Extremes: Prediction, Impacts, and Resources*, 2001, Albuquerque, NM, Ed. Amer. Meteor. Soc., pp. 221-224.
- [23] UNDP. Reducing Disaster Risk- a challenge for development. United Nations Development Programme (UNDP), New York, USA, ([www.undp.org/bcpr](http://www.undp.org/bcpr)). 2004.
- [24] UNDP. Survivors of the tsunami: One year later. United Nations Development Programme (UNDP), New York, USA, ([www.undp.org/bcpr](http://www.undp.org/bcpr)). 2005.
- [25] ISDR. OFDA/CRED International Disaster Database. ([www.unisdr.org/](http://www.unisdr.org/)). 2010.
- [26] IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. Second Assessment Report. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva. 1995. p. 64. Switzerland.
- [27] IPCC Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. UK. 2001.
- [28] MK Aalst. “The impacts of climate change on the risk of natural disasters”. *Disasters*, 30 (1), 2006. p 5–18.
- [29] L. Schipper, y M. Pelling. “Disaster risk, climate change and international development: scope for, and challenges to, integration”. *Disasters*, 2006, 30(1): 19–38.
- [30] Mansilla, E. “Marco general de riesgo en México”. Cenapred. Diciembre, 2008 pp1-37. México.
- [31] CRED. “Disaster statistics 1991-2005”. ([www.unisdr.org/](http://www.unisdr.org/)). 2009.
- [32] M. Helmer, and D. Hilhorst. “Natural disasters and climate change”. *Disasters*, 2006, 30(1): 1–4.
- [33] K. Trendberth. “Uncertainty in hurricanes and global warming”. *Science*. 2005, 308, 1753-1754.

- 
- [34] P. A. Stott, D. A. Stone and M.R. Allen. "Human contribution to the European heatwave of 2003". *Nature*. 2004, 432, pp. 610-614.
- [35] S. Kelvin, S. Rodolfo and S. Fernando. "Global sea-level rise is recognized, but flooding from anthropogenic land subsidence is ignored around northern Manila Bay, Philippines". *Disasters*, Monographs of the National Emergency Training Center, 2006, Vol. 1 No. 2, pp. 1- 31.
- [36] CENAPRED Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el periodo 1980-99. Ciudad de México: CENAPRED. 2001.
- [37] CENAPRED. Centro Nacional de Prevención de Desastres. <http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/guia.pdf>. 2009.
- [38] CONAGUA, Mario López Pérez "Inundaciones en el valle de México y su exacerbamiento por el impacto del cambio climático", 2011.
- [39] Sistema de inventario de efectos de desastres. [www.desinventar.org](http://www.desinventar.org)
- [40] Prosoft Programa para el Desarrollo de la Industria del Software <https://prosoft.economia.gob.mx>
- [41] S. Makridakis, S. Wheelwright. *Métodos de Pronósticos*. México D.F.: Limusa, 2000
- [42] G. Eppen, F. Gould, C. Schmidt, J. Moore, L. Weatherford. *Investigación de operaciones en la ciencia administrativa*. México D.F.: Prentice Hall, 2000.
- [43] F. Diebold. *Elementos de Pronósticos*. México D.F.: International Thomson Editores, 1999.
- [44] Sistemas que integran información sobre fenómenos perturbadores a los que está expuesta una comunidad y su entorno. <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/>
- [45] CRID (Centro Regional de Información de Desastres). [http://www.crid.or.cr/crid/esp\\_serv\\_minikits\\_huracanes.shtml](http://www.crid.or.cr/crid/esp_serv_minikits_huracanes.shtml), 2013

---

---

## APÉNDICE A. CÓDIGO FUENTE

En esta sección se recopila el código fuente de cada uno de los archivos que se escribieron en el lenguaje R para la realización de este proyecto.

### ui.R

En este archivo están descritos todos los elementos de la interfaz de usuario, su posición, así también como su apariencia.

```
library (shiny)
library (shinydashboard)
library (shinyjs)
library (ggvis)

jrcode <- "
shinyjs.collapse = function(boxid) {
$( '#' + boxid).closest('.box').find('[data-widget=collapse]').click();
} "

shinyUI (dashboardPage (
  #Header
  dashboardHeader (
    title = "Sistema de Pronóstico",
    dropdownMenu (type = "messages",
      messageItem (
        from = "Datos Históricos",
        message = "Estructura del archivo",
        icon = icon("file-text-o")),
      messageItem (
        from = "Ayuda",
        message = "Guía rápida del usuario",
        icon = icon("support")
      )
    )
  ),
  #Sidebar
  dashboardSidebar (
```

---

```

useShinyjs(),
extendShinyjs(text = jrcode),

br(),
sidebarMenu(
  menuItem(text = "Opciones", tabName = "opciones", icon =
icon("sliders"))
),

fileInput('file', 'Datos Históricos',
  multiple = FALSE,
  accept = c('text/csv',
            'text/comma-separated-values,text/plain',
            '.csv')),

radioButtons("metodo", "Método:",
  c("Método de Winters" = "winters",
    "Método de Descomposición" = "descomposicion",
    "Método de Regresión" = "regresion"),
  selected = "winters",
  inline = FALSE),

radioButtons("distr", "Distribución:",
  c("Por Mes" = "Mes",
    "Por Semana" = "Semana"),
  selected = "mes",
  inline = FALSE),

sliderInput("anios", "Años de Pronóstico", min = 1, max = 5, value =
1, step = 1),

div( actionButton(inputId = "iniciar", label = "Iniciar Pronóstico"),
align = "center")

),

#Body
dashboardBody(

```

---

```

fluidRow(
  column(width = 10,
    valueBoxOutput("promedio"),
    valueBoxOutput("masAlto"),
    valueBoxOutput("error")
  )
),

fluidRow(
  box(id = "box1",
    title = "Gráficas",
    status = "primary",
    solidHeader = TRUE,
    collapsible = TRUE,
    collapsed = TRUE,
    width = 10,
    tabBox(
      id = "tabPlots",
      width = 12,
      tabPanel("Por año",
        ggvisOutput("plotAno_ggvis"),
        div(downloadButton('downloadGraphAnio',
'Descargar'), align = "right")
      ),
      tabPanel("Por mes/semana",
        ggvisOutput("plotMes_ggvis"),
        div(downloadButton('downloadGraphMes',
'Descargar'), align = "right")
      )
    )
  )
),

fluidRow(
  box(id = "box2",
    title = "Pronósticos",
    status = "primary",
    solidHeader = TRUE,

```

---

```

    collapsible = TRUE,
    collapsed = TRUE,
    width = 10,
    dataTableOutput(' tablaDeResultados'),
    br(),
    div(downloadButton(' downloadDataTodo', ' Descarga completa'),
        downloadButton(' downloadDataPron', ' Descarga pronósticos'),
        align = "right")
  )
)
)
))

```

### **server.R**

En este archivo se encuentran descritos todos los métodos que el servidor va a procesar. La interfaz manda la señal al servidor y este los ejecuta. Desde aquí también se mandan a llamar los métodos para el análisis de pronósticos, descritos en otros archivos.

```

library(shiny)
library(ggplot2)
library(shinyjs)
library(ggvis)

source("WintersMethod.R")
source("DecompositionMethod.R")
source("RegressionMethod.R")
source("Análisis.R")

click <- 0

shinyServer(function(input, output, session) {

  ## Funciones para leer los datos y determinar las
  ## opciones con que se llevará el proceso de análisis
  ##

```

---

```

# Lee el archivo csv y lo guarda en openFile()
#
openFile <- reactive({ read.csv(input$file$datapath) })

# Determina el número de filas en el archivo.
# Activa o desactiva el radioButton del UI.
# Devuelve un entero indicando la distribución de los datos
#
numDistr <- reactive({
  if      (nrow(openFile()) %% 12 == 0 &&
           nrow(openFile()) %% 52 == 0) {
    enable("distr")
    if (input$distr == "Mes") { 12 }
    else { 52 }
  }
  else if (nrow(openFile()) %% 12 == 0) {
    updateRadioButtons(session, "distr",
                       selected = "Mes"
    )
    disable("distr")
    12
  }
  else if (nrow(openFile()) %% 52 == 0) {
    updateRadioButtons(session, "distr",
                       selected = "Semana"
    )
    disable("distr")
    52
  }
  else {
    enable("distr")
    -1
  }
})

# Activa o desactiva el botón de Inicio de la UI
# dependiendo del valor devuelto por numDistr()
#

```

---

```
observe({
  if (is.null(input$file)) {
    disable("iniciar")
  }
  else if (numDistr() == -1){
    disable("iniciar")
  }
  else {
    enable("iniciar")
  }
})
```

```
# Observa cuando se presione por primera
# vez el botón Iniciar de la UI
#
observe({
  if (!is.null(resultados()) && click == 0 ){
    js$collapse("box1")
    js$collapse("box2")
    click <<- 1
  }
})
```

```
# Llama al método seleccionado desde la UI y devuelve
# los resultados del análisis en un data frame
#
resultados <- eventReactive(input$iniciar, {
  inFile <- input$file
  if (is.null(inFile))
    return(NULL)

  if (input$metodo == "winters") {
    return(wintersMethod(openFile(), numDistr(), input$anios))
  }
  if (input$metodo == "descomposicion") {
    return(decompositionMethod(openFile(), numDistr(), input$anios))
  }
  if (input$metodo == "regresion") {
    return(regressionMethod(openFile(), numDistr(), input$anios))
  }
})
```

---

```

    }
  })

## Funciones para mostrar los datos relevantes
## en la primera fila del cuerpo de la página
##

# Muestra el promedio de los valores de los pronósticos
#
output$promedio <- renderValueBox({
  valueBox(paste0(promedio(resultados()),
                  isolate(numDistr()),
                  isolate(input$anios)), " mm"),
    "Promedio",
    icon = icon("bar-chart"),
    color = "teal"
  )
})

# Muestra el valor mas alto dentro de los pronósticos
#
output$masAlto <- renderValueBox({
  valueBox(paste0(masAltoNum(resultados()),
                  isolate(numDistr()),
                  isolate(input$anios)), " mm"),
    masAltoTex(resultados()),
    isolate(numDistr()),
    isolate(input$anios),
    icon = icon("umbrella"),
    color = "blue"
  )
})

# Muestra el error de pronóstico de los valores
# de los datos históricos
#

```

---

```

output$error <- renderValueBox({
  valueBox(MAD(resultados()),
           isolate(numDistr()),
           isolate(input$anios),
           isolate(input$metodo)),
  "MAD",
  icon = icon("warning"),
  color = "maroon"
})

## Funciones para graficar los resultados
##

# Función para crear el tooltip que muestra
# los valores al pasar el cursor por un punto
# de la gráfica
#
rowInfo <- function(x) {
  if(is.null(x)) return(NULL)
  row <- resultados()[resultados()[,1] == x$Periodo, ]
  paste0(round(row[4], digits = 2), " mm<br>", input$distr, ": ",
row[3], "<br>", "Año: ", row[2])
}

# Función para crear la gráfica que se muestra en la UI
# Se grafican los valores por Año
# Se utiliza el paquete ggvis
#
observe({
  top(resultados(), isolate(numDistr()), isolate(input$anios)) %>%
  ggvis(prop("x", as.name(colnames(resultados())[3])),
        prop("y", as.name(colnames(resultados())[4]))) %>%
  group_by(Año) %>%
  set_options(width = "auto") %>%
  layer_lines(stroke := "#0070BE") %>%
  layer_points(key := ~Periodo,
              prop("x", as.name(colnames(resultados())[3])),

```

---

```

      prop("y", as.name(colnames(resultados())[4])),
      fill := "#0070BE",
      size := 80,
      data = top(resultados(),
                  isolate(numDistr()),
                  isolate(input$anios)) ) %>%
layer_paths(prop("x", as.name(colnames(resultados())[3])),
            prop("y", as.name(colnames(resultados())[4])),
            stroke := "#EE0057",
            data = bottom(resultados(),
                           isolate(numDistr()),
                           isolate(input$anios))
            ) %>%
layer_points(key := ~Periodo,
             prop("x", as.name(colnames(resultados())[3])),
             prop("y", as.name(colnames(resultados())[4])),
             fill := "#EE0057",
             size := 80,
             data = bottom(resultados(),
                            isolate(numDistr()),
                            isolate(input$anios)) ) %>%
add_tooltip(rowInfo, "hover") %>%
add_axis("x", values = 1:isolate(numDistr())) %>%
bind_shiny("plotAno_ggvis")
})

```

```

# Función para crear la gráfica que se muestra en la UI
# Se grafican los valores por mes o semana
# Se utiliza el paquete ggvis
#
observe({
  resultados() %>%
    ggvis(prop("x", as.name(colnames(resultados())[2])),
          prop("y", as.name(colnames(resultados())[4]))) %>%
    group_by(Mes_Sem) %>%
    set_options(width = "auto") %>%
    layer_lines(stroke := "#0070BE") %>%
    layer_points(key := ~Periodo,
                prop("x", as.name(colnames(resultados())[2])),
                prop("y", as.name(colnames(resultados())[4])),

```

---

```

    fill := "#0070BE",
    size := 80,
    data = top(resultados(),
               isolate(numDistr()),
               isolate(input$anios)) ) %>%
  layer_points(key := ~Periodo,
              prop("x", as.name(colnames(resultados())[2])),
              prop("y", as.name(colnames(resultados())[4])),
              fill := "#EE0057",
              size := 80,
              data = bottom(resultados(),
                             isolate(numDistr()),
                             isolate(input$anios)) ) %>%
  add_tooltip(rowInfo, "hover") %>%
  add_axis("x", values = min(resultados()[, 2]) :
max(resultados()[, 2])) %>%
  bind_shiny("plotMes_ggvis")
})

```

```

# Función para crear la gráfica que se descarga en PDF
# Se grafican los valores por Año
# Se utiliza el paquete ggplot
#
plotAñoF <- reactive({
  ggplot(NULL,
         aes_string(x      = colnames(resultados())[3],
                    y      = colnames(resultados())[4],
                    group  = colnames(resultados())[2])) +
  geom_line(data = top(resultados(), isolate(numDistr()),
                       isolate(input$anios)),
            colour = "#0070BE") +
  geom_point(data = top(resultados(), isolate(numDistr()),
                       isolate(input$anios)),
            colour = "#0070BE",
            size = 4.5) +
  geom_line(data = bottom(resultados(), isolate(numDistr()),
                          isolate(input$anios)),
            colour = "#EE0057") +
  geom_point(data = bottom(resultados(), isolate(numDistr()),
                          isolate(input$anios)),
            colour = "#EE0057",
            size = 4.5)
})

```

---

```

        colour = "#EE0057",
        size = 4.5) +
  theme_bw() +
  scale_x_continuous(breaks = 1:numDistr()) +
  scale_y_continuous(breaks = seq(0, 8000, 500))
})

# Función para crear la gráfica que se descarga en PDF
# Se grafican los valores por mes o semana
# Se utiliza el paquete ggplot
#
plotMesF <- reactive({
  ggplot(NULL,
    aes_string(x      = colnames(resultados())[2],
               y      = colnames(resultados())[4],
               group  = colnames(resultados())[3])) +
    geom_line(data = topMes(resultados(), isolate(numDistr())),
              isolate(input$anios)),
             colour = "#0070BE") +
    geom_point(data = top(resultados(), isolate(numDistr())),
              isolate(input$anios)),
              colour = "#0070BE",
              size = 4.5) +
    geom_line(data = bottom(resultados(), isolate(numDistr())),
              isolate(input$anios)),
             colour = "#EE0057") +
    geom_point(data = bottom(resultados(), isolate(numDistr())),
              isolate(input$anios)),
              colour = "#EE0057",
              size = 4.5) +
  theme_bw() +
  scale_x_continuous(breaks = min(resultados()[, 2]) :
max(resultados()[, 2]) ) +
  scale_y_continuous(breaks = seq(0, 8000, 500))
})

# Función para mostrar los datos de los pronósticos
# en una tabla.
# Solo se muestran las columnas relevantes.

```

---

```

#
output$tablaDeResultados <- renderDataTable({
  pronosticos(resultados()),
    numDistr(),
    isolate(input$anios),
    isolate(input$metodo))
}, options = list(orderClasses = TRUE,
  lengthMenu = c(12, 52, 100),
  pageLength = 12,
  autoWidth = TRUE))

## Funciones para descargar los resultados
##

# Función para descargar en PDF la gráfica por año
#
output$downloadGraphAnio <- downloadHandler(
  filename = function() {
    paste(substr(input$file$name, 1, nchar(input$file$name)-4),
      input$metodo, 'porAnio.pdf', sep='_')
  },
  content = function(file) {
    pdf(file, width = 14, height = 8)
    print(plotAñoF())
    dev.off()
  }
)

# Función para descargar en PDF la gráfica por mes o semana
#
output$downloadGraphMes <- downloadHandler(
  filename = function() {
    paste(substr(input$file$name, 1, nchar(input$file$name)-4),
      input$metodo, 'porMesSem.pdf', sep='_')
  },
  content = function(file) {
    pdf(file, width = 14, height = 8)
    print(plotMesF())
  }
)

```

---

```

    dev.off()
  }
)

# Función para descargar en CSV el data frame
# de los resultados en su totalidad
#
output$downloadDataTodo <- downloadHandler(
  filename = function() {
    paste(substr(input$file$name, 1, nchar(input$file$name)-4),
          input$metodo, 'completo.csv', sep='_')
  },
  content = function(con) {
    write.csv(resultados(), con, row.names = FALSE)
  }
)

# Función para descargar en CSV los datos históricos
# originales con los resultados de los pronósticos
# añadidos al final
#
output$downloadDataPron <- downloadHandler(
  filename = function() {
    paste(substr(input$file$name, 1, nchar(input$file$name)-4),
          input$metodo, 'pronost.csv', sep='_')
  },
  content = function(con) {
    write.csv(resultados()[,c(2,3,4)], con, row.names = FALSE)
  }
)
})

```

---

## Analisis.R

En este archivo se describen todas las funciones auxiliares que se emplean en el archivo del servidor.

```
# Función que devuelve solo las filas pertenecientes
# a los pronósticos del data frame de resultados,
# con los resultados redondeados para mostrarse
# en la tabla dentro de la UI
#
pronosticos <- function(resultados, distr, años, metodo) {

  inicio = nrow(resultados) - (distr * años) + 1
  final  = nrow(resultados)

  if (metodo == "winters" || metodo == "descomposicion") {
    pronosticos = round( resultados[(inicio:final), c(-4,-9)], digits =
3)
  }
  if (metodo == "regresion") {
    pronosticos = round( resultados[(inicio:final), c(-4,-6)], digits =
3)
  }

  return (pronosticos)
}

# Función que devuelve solo las filas pertenecientes
# a los datos históricos del data frame de resultados
#
top <- function(resultados, distr, años) {

  final = nrow(resultados) - (distr * años)

  return (resultados[1:final, ])
}
```

---

```

# Función que devuelve solo las filas pertenecientes
# a los pronósticos del data frame de resultados
#
bottom <- function(resultados, distr, años) {

  inicio = nrow(resultados) - (distr * años) + 1
  final  = nrow(resultados)

  return (resultados[inicio:final, ])

}

# Función auxiliar para crear la gráfica por mes
#
topMes <- function(resultados, distr, años) {

  final = nrow(resultados) - (distr * (años-1))

  return (resultados[1:final, ])

}

# Función para obtener el valor promedio
# de los datos del pronóstico
#
promedio <- function(resultados, distr, años) {

  inicio = nrow(resultados) - (distr * años) + 1
  final  = nrow(resultados)

  promedio = round( mean(resultados[(inicio:final), 4]), digits = 0)

  return(promedio)
}

# Función para obtener el número más alto
# dentro de los resultados de los pronósticos
#

```

---

```

masAltoNum <- function(resultados, distr, años) {

  inicio = nrow(resultados) - (distr * años) + 1
  final  = nrow(resultados)

  masAltoNum = round( sort(resultados[(inicio:final), 4])[final-
inicio+1], digits = 0)

  return(masAltoNum)
}

```

```

# Función para obtener la cadena para el valor
# más alto de los resultados de los pronósticos
#
masAltoTex <- function(resultados, distr, años) {

  inicio = nrow(resultados) - (distr * años) + 1
  final  = nrow(resultados)

  index = which.max(resultados[(inicio:final), 4])

  if (distr == 12) {
    distrTex = " Mes: "
  } else {
    distrTex = " Sem: "
  }

  masAltoTex = paste0("Mas alto. ",
                      "Año: ",
                      resultados[(inicio+index-1), 2],
                      distrTex,
                      resultados[(inicio+index-1), 3]
                      )

  return(masAltoTex)
}

```

```

# Función para encontrar el error promedio del cálculo
# de los pronósticos en los datos históricos

```

---

```

#
MAD <- function(resultados, distr, años, metodo) {

  final = nrow(resultados) - (distr * años)
  inicio = distr + 2
  col = 9

  if (metodo == "descomposicion") {
    inicio = (distr / 2) + 1
    final = nrow(resultados) - (distr * años) - (distr / 2)
    col = 9
  }
  else if (metodo == "regresion") {
    inicio = distr + 1
    final = nrow(resultados) - (distr * años)
    col = 6
  }

  MAD = round(mean(resultados[(inicio:final), col]), digits = 0)

  return(MAD)
}

```

### **WintersMethod.R**

En este archivo esta descrito todo el proceso que lleva el método de Winters, desde los datos históricos hasta la tabla final de resultados.

```

wintersMethod <- function(datosHistoricos, L, years) {

  a = 0.135
  b = 0.0
  d = 0.0

  n = nrow(datosHistoricos)
  wintersData = data.frame("Periodo" = c(1:n),
                           "Año" = 0,
                           "Mes_Sem" = 0,
                           "y" = 0,

```

---

```

"Valores Suavizados (S)" = 0,
"Factor Estacional Suavizado (I)" = 0,
"Tendencia Suavizada (T)" = 0,
"Pronostico (mm)" = 0,
"Error" = 0,
check.names = F)

```

```

wintersData[2]      = datosHistoricos[1]
wintersData[3]      = datosHistoricos[2]
wintersData[4]      = datosHistoricos[3]
wintersData[L+1, 5] = mean(wintersData[c(1:L), 4])
wintersData[L+1, 7] = ((n * as.numeric( sum(wintersData[1] *
wintersData[4])) ) -
                        as.numeric( sum(wintersData[1]) ) *
                        as.numeric( sum(wintersData[4]) )) /
(n * as.numeric( sum(wintersData[1]^2) ) -
 as.numeric( sum(wintersData[1])^2 ) ))

```

```

#Índices Estacionales

```

```

promedioMovil = NULL
for (i in 1:(n-L+1)) {
  promedioMovil = c(promedioMovil, mean(wintersData[c(i:(i+L-1)), 4]))
}

```

```

promedioCentrado = NULL
for (i in 1:(n-L)) {
  promedioCentrado = c(promedioCentrado,
mean(promedioMovil[c(i:(i+1))]))
}

```

```

indice = NULL
for (i in 1:(n-L)) {
  indice = c(indice, wintersData[i+L/2, 4] / promedioCentrado[i])
}

```

```

for (i in 1:L/2) {
  wintersData[i+L/2, 6] = mean(indice[seq(i, n-L, L)])
}

```

---

```

for (i in 1:L/2) {
  wintersData[i, 6] = mean(indice[seq(i+L/2, n-L, L)])
}

wintersData[L+1, 6] = d * (wintersData[L+1, 4] / wintersData[L+1, 5]) +
  (1 - d) * wintersData[1, 6]

#Índices por Periodo

for (i in (L+2):n) {

  #Valor suavizado
  wintersData[i, 5] = a * (wintersData[i, 4] / wintersData[i-L, 6]) +
    (1 - a) * (wintersData[i-1, 5] + wintersData[i-1, 7])

  #Tendencia suavizada
  wintersData[i, 7] = b * (wintersData[i, 5] - wintersData[i-1, 5]) +
    (1 - b) * wintersData[i-1, 7]

  #Indice estacional suavizado
  wintersData[i, 6] = d * (wintersData[i, 4] / wintersData[i, 5]) +
    (1 - d) * wintersData[i-L, 6]

  #Pronostico
  wintersData[i, 8] = (wintersData[i-1, 5] + wintersData[i-1, 7]) *
    wintersData[i-L, 6]

  #Error
  wintersData[i, 9] = abs(wintersData[i, 8] - wintersData[i, 4])

}

#Pronosticos

for (i in 1:(L*years)) {
  wintersData[n+i, c(4, 8)] = (wintersData[n, 5] + wintersData[n, 7] * i) *
    wintersData[n+1-L+ (i-1) %% L , 6]
  wintersData[n+i, 1] = n + i
}

```

---

```

#Rellenar año
for (i in 1:years) {
  for (j in 1:L) {
    wintersData[n+j+((i-1)*L), 2] = wintersData[n, 2] + i
  }
}

#Rellenar mes/semana
for (i in (n+1):(n+L*years)) {
  wintersData[i, 3] = wintersData[i-L, 3]
}

#Rellenar valor suavizado y tendencia suavizada
wintersData[(n+1):(n+L*years), c(5, 7)] = wintersData[n, c(5, 7)]

#Rellenar factor estacional suavizado
wintersData[(n+1):(n+L*years), 6] = wintersData[(n-L+1):n, 6]

return(wintersData)
}

```

### **RegressionMethod.R**

En este archivo esta descrito todo el proceso que lleva el método de regresión, desde los datos históricos hasta la tabla final de resultados.

```

regressionMethod <- function(datosHistoricos, L, years) {

  a = 0.9369723

  n = nrow(datosHistoricos)
  regressionData = data.frame("Periodo" = c(1:n),
                              "Año" = 0,
                              "Mes_Sem" = 0,
                              "y" = 0,
                              "Pronostico (mm)" = 0,
                              "Error" = 0,

```

---

check.names = F)

```
regressionData[2] = datosHistoricos[1]
regressionData[3] = datosHistoricos[2]
regressionData[4] = datosHistoricos[3]
regressionData[1:L, 5] = regressionData[1:L, 4]
```

```
#Pronóstico inicial
```

```
for (i in 1:L) {
  for (j in 1:(n/L-1) ) {
    regressionData[j*L+i, 5] = a * regressionData[seq(i, n, L),][j, 4] +
      (1 - a) * regressionData[seq(i, n, L),][j, 5]
  }
}
```

```
#Rellenar Periodo
```

```
for (i in 1:(L*years)) {
  regressionData[n+i, 1] = n + i
}
```

```
#Rellenar año
```

```
for (i in 1:years) {
  for (j in 1:L) {
    regressionData[n+j+((i-1)*L), 2] = regressionData[n, 2] + i
  }
}
```

```
#Rellenar mes/semana
```

```
for (i in (n+1):(n+L*years)) {
  regressionData[i, 3] = regressionData[i-L, 3]
}
```

```
#Pronóstico
```

```
for (i in 1:L) {
  for (j in 1:years) {
```

---

```
        regressionData[L*(j-1)+n+i, 4:5] = a * regressionData[L*(j-1)+n+i-  
L, 4] +  
        (1-a) * regressionData[L*(j-1)+n+i-L, 5]  
    }  
}  
  
#Error  
regressionData[6] = abs( regressionData[5] - regressionData[4])  
  
return(regressionData)  
  
}
```

---

## DescompositionMethod.R

En este archivo esta descrito todo el proceso que lleva el método de descomposición, desde los datos históricos hasta la tabla final de resultados.

```
decompositionMethod <- function(datosHistoricos, L, years) {  
  
  n = nrow(datosHistoricos)  
  decompositionData = data.frame("Periodo" = c(1:n),  
                                "Año" = 0,  
                                "Mes_Sem" = 0,  
                                "y" = 0,  
                                "Índice Estacional" = 0,  
                                "Tendencia" = 0,  
                                "Ciclo" = 0,  
                                "Pronostico (mm)" = 0,  
                                "Error" = 0,  
                                check.names = F)  
  
  decompositionData[2] = datosHistoricos[1]  
  decompositionData[3] = datosHistoricos[2]  
  decompositionData[4] = datosHistoricos[3]  
  
  #Promedio Móvil  
  promedioMovil = NULL  
  for (i in 1:(n-L+1)) {  
    promedioMovil = c(promedioMovil, mean(decompositionData[c(i:(i+L-  
1)), 4]))  
  }  
  
  promedioCentrado = NULL  
  for (i in 1:(n-L)) {  
    promedioCentrado = c(promedioCentrado,  
mean(promedioMovil[c(i:(i+1))]))  
  }  
}
```

---

```

#Estacionalidad
indicesEstacionales = NULL
for (i in 1:(L/2)) {
  indicesEstacionales = c(indicesEstacionales, mean(
decompositionData[seq(i+L, n, L), 4] /
promedioCentrado[seq(L/2+i, n-L, L)]) )
}
for (i in 1:(L/2)) {
  indicesEstacionales = c(indicesEstacionales, mean(
decompositionData[seq(L/2+i, n-L, L), 4] /
promedioCentrado[seq(i, n-L, L)]) )
}
indicesEstacionales = indicesEstacionales * L /
sum(indicesEstacionales)

#Tendencia

#Mínimos cuadrado  $y = ax + b$ 
a = ((n * as.numeric( sum(decompositionData[1] * decompositionData[4])
) -
      as.numeric( sum(decompositionData[1]) ) *
      as.numeric( sum(decompositionData[4]) )) /
      (n * as.numeric( sum(decompositionData[1]^2) ) -
      as.numeric( sum(decompositionData[1])^2 ) ))
b = ( as.numeric( sum(decompositionData[4]) ) -
      (a * as.numeric( sum(decompositionData[1]) ) ) ) ) / n

for (i in 1:(L*years)) {
  decompositionData[n+i, 1] = n + i
}
decompositionData[6] = a * decompositionData[1] + b

decompositionData[, 5] = rep(indicesEstacionales, n/L + years)

#Ciclo
for (i in 1:length(promedioCentrado)) {
  decompositionData[i+L/2, 7] = promedioCentrado[i] /
decompositionData[i+L/2, 6]
}

```

---

```

}
decompositionData[(n+1):(L*years+n), 7] = decompositionData[n-L/2, 7]

#Pronostico
decompositionData[8] = decompositionData[5] * decompositionData[6] *
decompositionData[7]
decompositionData[(n+1):(L*years+n), 4] =
decompositionData[(n+1):(L*years+n), 8]

#Error
decompositionData[9] = abs( decompositionData[8] - decompositionData[4]
)

#Rellenar año
for (i in 1:years) {
  for (j in 1:L) {
    decompositionData[n+j+((i-1)*L), 2] = decompositionData[n, 2] + i
  }
}

#Rellenar mes/semana
for (i in (n+1):(n+L*years)) {
  decompositionData[i, 3] = decompositionData[i-L, 3]
}

return(decompositionData)
}

```

---

---

## APÉNDICE B. SETS DE DATOS

### Primer set de datos

año	mes	y
2003	1	7.524705486
2003	2	14.73170429
2003	3	6.70616064
2003	4	26.55660961
2003	5	67.19186434
2003	6	111.3638778
2003	7	107.2831909
2003	8	101.4026225
2003	9	123.9840914
2003	10	56.00649513
2003	11	2.598988833
2003	12	7.850258735
2004	1	21.24529278
2004	2	16.65126759
2004	3	13.02398273
2004	4	21.37668989
2004	5	73.99983541
2004	6	119.4460868
2004	7	135.670258
2004	8	88.68071849
2004	9	124.4569708
2004	10	69.76723242
2004	11	18.71945082
2004	12	11.04746586
2005	1	4.26196201
2005	2	2.824783629
2005	3	31.47009595
2005	4	34.37288432
2005	5	49.79656434
2005	6	110.9650257
2005	7	138.6197974
2005	8	126.4135331

---



---

2005	9	80.04440009
2005	10	60.7548282
2005	11	19.66853085
2005	12	21.27079786
2006	1	1.140887337
2006	2	5.875826714
2006	3	23.92540139
2006	4	56.27547821
2006	5	66.74748003
2006	6	120.7912113
2006	7	90.89382052
2006	8	108.1659014
2006	9	110.4985116
2006	10	42.182264
2006	11	29.36526707
2006	12	18.41159809
2007	1	23.83620036
2007	2	27.52497332
2007	3	14.93934934
2007	4	21.76873604
2007	5	41.33769738
2007	6	96.56812561
2007	7	105.9093141
2007	8	130.9837183
2007	9	101.1998318
2007	10	79.73558354
2007	11	8.040054264
2007	12	29.55114706
2008	1	19.73327217
2008	2	23.89940749
2008	3	6.537631852
2008	4	35.33227736
2008	5	42.41443302
2008	6	107.5944187
2008	7	120.0865976
2008	8	91.31816845
2008	9	114.941451
2008	10	87.53595953
2008	11	30.15442754

---

---



---

2008	12	30.8544824
2009	1	15.02650941
2009	2	18.83409205
2009	3	14.8428583
2009	4	54.07361203
2009	5	58.61044093
2009	6	128.5654287
2009	7	90.05313258
2009	8	127.5648701
2009	9	115.5791159
2009	10	56.90929572
2009	11	13.43887496
2009	12	33.34417447
2010	1	2.625803748
2010	2	22.00629631
2010	3	18.72832328
2010	4	34.56058878
2010	5	61.47266963
2010	6	90.72174132
2010	7	114.4144592
2010	8	96.63792247
2010	9	105.821627
2010	10	46.38915622
2010	11	8.515774738
2010	12	33.13168524
2011	1	21.27599328
2011	2	23.68847505
2011	3	14.88583613
2011	4	20.28252041
2011	5	57.125275
2011	6	89.93294092
2011	7	112.4777722
2011	8	126.0256547
2011	9	108.6738027
2011	10	69.68893047
2011	11	6.589347301
2011	12	0.049672321
2012	1	13.00402437
2012	2	28.77627437

---

---

2012	3	26.65720566
2012	4	21.52053932
2012	5	43.02467341
2012	6	109.7067185
2012	7	92.01946782
2012	8	106.4791588
2012	9	105.3044554
2012	10	40.92460107
2012	11	34.19695709
2012	12	22.34782378

**Segundo set de datos**

año	mes	y
2003	1	14.56812166
2003	2	2.145193218
2003	3	12.16382551
2003	4	28.30029686
2003	5	75.83739955
2003	6	123.8109196
2003	7	118.3120822
2003	8	98.79441064
2003	9	79.15518832
2003	10	46.79324658
2003	11	36.58298638
2003	12	14.73249252
2004	1	14.19947607
2004	2	14.14246654
2004	3	18.60557482
2004	4	51.29880395
2004	5	77.13452815
2004	6	117.4792737
2004	7	117.6859073
2004	8	119.8726279
2004	9	82.05562633
2004	10	38.30250298
2004	11	0.616760124

---



---

2004	12	25.0381889
2005	1	6.256550679
2005	2	14.50334193
2005	3	34.99257235
2005	4	44.86134601
2005	5	47.14768847
2005	6	105.4616441
2005	7	120.0407731
2005	8	96.59570531
2005	9	104.3773319
2005	10	69.09520639
2005	11	9.786663223
2005	12	22.73741453
2006	1	18.67862813
2006	2	29.06342364
2006	3	24.81889908
2006	4	52.28900711
2006	5	76.07618854
2006	6	120.296898
2006	7	108.6338225
2006	8	120.1644984
2006	9	103.2251639
2006	10	49.12587764
2006	11	33.91333691
2006	12	18.37067013
2007	1	2.3497644
2007	2	5.026902703
2007	3	11.11434124
2007	4	40.68089932
2007	5	53.25543853
2007	6	87.95477615
2007	7	128.5441094
2007	8	118.4700718
2007	9	126.0661861
2007	10	45.64024314
2007	11	20.74596361
2007	12	11.97400507
2008	1	22.1680492
2008	2	10.004317

---



---

2008	3	18.00309005
2008	4	40.93320422
2008	5	53.13520651
2008	6	99.21661169
2008	7	128.3492381
2008	8	96.44759991
2008	9	76.0913468
2008	10	89.75750545
2008	11	23.78169579
2008	12	5.2471919
2009	1	3.529198002
2009	2	12.60934099
2009	3	18.85413119
2009	4	44.42046562
2009	5	67.95200156
2009	6	113.170231
2009	7	106.7285453
2009	8	124.5667045
2009	9	84.64637176
2009	10	40.0070611
2009	11	25.92625622
2009	12	1.718104947
2010	1	1.512983616
2010	2	2.948313267
2010	3	4.517240187
2010	4	21.1010648
2010	5	54.18706851
2010	6	90.90103856
2010	7	119.9860123
2010	8	128.8898976
2010	9	104.6693902
2010	10	67.8288034
2010	11	27.93564508
2010	12	17.59542744
2011	1	8.982716029
2011	2	7.582203036
2011	3	12.27340085
2011	4	22.324256
2011	5	55.80701546

---

---

2011	6	109.0504478
2011	7	116.7395133
2011	8	113.3022644
2011	9	87.20366735
2011	10	70.07163779
2011	11	38.99788248
2011	12	25.2364468
2012	1	12.45346605
2012	2	13.51117474
2012	3	4.250984371
2012	4	31.1955654
2012	5	63.08423965
2012	6	125.8011991
2012	7	125.9472265
2012	8	126.0492729
2012	9	107.0276991
2012	10	59.49288415
2012	11	3.926260741
2012	12	7.947029639

---

---

## APÉNDICE C. COCOMO

Un número de modelos algorítmicos han sido propuestos como la base para estimar el esfuerzo, agendación y costos de un proyecto de software. Estos son conceptualmente similares pero utilizan diferentes valores como parámetros. El modelo COCOMO, es un modelo empírico que fue derivado al recolectar los datos de un gran número de proyectos de software. Estos datos fueron analizados para descubrir las formulas que serían las mejores a las observaciones. Estas formulas enlazan el tamaño del sistema y producto, factores del proyecto y equipo al esfuerzo de desarrollar el sistema.

Uno de los usos más valiosos del modelado de costos algorítmico, es comparar diferentes maneras de invertir dinero para reducir costos de proyectos.

El modelo post-arquitectura es el más detallado de los modelos de COCOMO. Es usado una vez que un diseño inicial de la arquitectura para el sistema está disponible para que la estructura del sub-sistema sea concida.

El estimado producido en el nivel de post-arquitectura está basado en la misma formula básica ( $PM = A \times \text{size} \times M$ ) usada en la estimación del diseño inicial. Sin embargo, el tamaño estimado para el software debe ser más preciso en esta etapa en el proceso de estimación. En adición, un set de productos, procesos y atributos organizaionales mucho más extensos, son usados para refinar el cálculo del esfuerzo inicial.

Algunos inconvenientes de la utilización de este modelo son:

- Los resultados no son proporcionales a las tareas de gestión ya que no tiene en cuenta los recursos necesarios para realizarlas.
- Se puede desviar de la realidad si se indica mal el porcentaje de líneas de comentarios en el código fuente.
- Es un tanto subjetivo, puesto que está basado en estimaciones y parámetros que pueden ser "vistos" de distinta manera por distintos analistas que usen el método.

- 
- Se miden los costes del producto, de acuerdo a su tamaño y otras características, pero no la productividad.
  - La medición por líneas de código no es válida para orientación a objetos.
  - Utilizar este modelo puede resultar un poco complicado, en comparación con otros métodos (que también sólo estiman).

Existen tres modelos de COCOMO y en ellos se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$E = a(Kl)^b * m(X) \text{ en persona mes}$$

$$Tdev = c(E)^d, \text{ en meses}$$

$$P = E/Tdev, \text{ en personas}$$

donde:

- $E$  es el esfuerzo requerido por el proyecto, en persona-mes
- $Tdev$  es el tiempo requerido por el proyecto, en meses
- $P$  es el número de personas requerido por el proyecto
- $a, b, c$  y  $d$  son constantes con valores definidos en una tabla, según cada submodelo
- $Kl$  es la cantidad de líneas de código, en miles.
- $m(X)$  Es un multiplicador que depende de 15 atributos.

A la vez, cada submodelo también se divide en **modos** que representan el tipo de proyecto, y puede ser:

- **modo orgánico**: un pequeño grupo de programadores experimentados desarrollan software en un entorno familiar. El tamaño del software varía desde unos pocos miles de líneas (tamaño pequeño) a unas decenas de miles (medio).
- **modo semilibre** o **semiencajado**: corresponde a un esquema intermedio entre el orgánico y el rígido; el grupo de desarrollo puede incluir una mezcla de personas experimentadas y no experimentadas.
- **modo rígido** o **empotrado**: el proyecto tiene fuertes restricciones, que pueden estar relacionadas con la funcionalidad y/o pueden ser técnicas. El problema a resolver es único y es difícil basarse en la experiencia, puesto que puede no haberla.

---

## Modelo básico

Se utiliza para obtener una primera aproximación rápida del esfuerzo,<sup>2</sup> y hace uso de la siguiente tabla de constantes para calcular distintos aspectos de costes:

<b>MODO</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>
<b>Orgánico</b>	2.40	1.05	2.50	0.38
<b>Semi - Orgánico</b>	3.00	1.12	2.50	0.35
<b>Empotrado</b>	3.60	1.20	2.50	0.32

Estos valores son para las fórmulas:

- Personas necesarias por mes para llevar adelante el proyecto (**MM**) =  $a \cdot (KI^b)$
- Tiempo de desarrollo del proyecto (**TDEV**) =  $c \cdot (MM^d)$
- Personas necesarias para realizar el proyecto (**CosteH**) =  $MM / TDEV$
- Costo total del proyecto (**CosteM**) =  $CosteH * \text{Salario medio entre los programadores y analistas.}$

Se puede observar que a medida que aumenta la complejidad del proyecto (modo), las constantes aumentan de 2.4 a 3.6, que corresponde a un incremento del esfuerzo del personal. Hay que utilizar con mucho cuidado el modelo básico puesto que se obvian muchas características del entorno

## Modelo intermedio

Este añade al modelo básico quince modificadores opcionales para tener en cuenta en el entorno de trabajo, incrementando así la precisión de la estimación.

Para este ajuste, al resultado de la fórmula general se lo multiplica por el coeficiente surgido de aplicar los atributos que se decidan utilizar.

Los valores de las constantes a reemplazar en la fórmula son:

<b>MODO</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
<b>Orgánico</b>	3.20	1.05
<b>Semi - Orgánico</b>	3.00	1.12
<b>Empotrado</b>	2.80	1.20

Se puede observar que los exponentes son los mismos que los del modelo básico, confirmando el papel que representa el tamaño; mientras que los coeficientes de los modos orgánico y rígido han cambiado, para mantener el equilibrio alrededor del semilibre con respecto al efecto multiplicador de los atributos de coste.

### **Atributos**

Cada atributo se cuantifica para un entorno de proyecto. La escala es *muy bajo - bajo - nominal - alto - muy alto - extremadamente alto*. Dependiendo de la calificación de cada atributo, se asigna un valor para usar de multiplicador en la fórmula (por ejemplo, si para un proyecto el atributo *DATA* es calificado como *muy alto*, el resultado de la fórmula debe ser multiplicado por 1000).

El significado de los atributos es el siguiente, según su tipo:

- De software

**RELY:** garantía de funcionamiento requerida al software. Indica las posibles consecuencias para el usuario en el caso que existan defectos en el producto. Va desde la sola inconveniencia de corregir un fallo (*muy bajo*) hasta la posible pérdida de vidas humanas (*extremadamente alto*, software de alta criticidad).

**DATA:** tamaño de la base de datos en relación con el tamaño del programa. El valor del modificador se define por la relación:  $D/K$ , donde D corresponde al tamaño de la base de datos en bytes y K es el tamaño del programa en cantidad de líneas de código.

**CPLX:** representa la complejidad del producto.

- De hardware

**TIME:** limitaciones en el porcentaje del uso de la CPU.

**STOR:** limitaciones en el porcentaje del uso de la memoria.

**VIRT:** volatilidad de la máquina virtual.

**TURN:** tiempo de respuesta requerido.

- De personal

**ACAP:** calificación de los analistas.

**AEXP:** experiencia del personal en aplicaciones similares.

**PCAP:** calificación de los programadores.

**VEXP:** experiencia del personal en la máquina virtual.

**LEXP:** experiencia en el lenguaje de programación a usar.

- De proyecto

**MODP:** uso de prácticas modernas de programación.

**TOOL:** uso de herramientas de desarrollo de software.

**SCED:** limitaciones en el cumplimiento de la planificación.

El valor de cada atributo, de acuerdo a su calificación, se muestra en la siguiente tabla:

Atributos	Valor					
	Muy bajo	Bajo	Nominal	Alto	Muy alto	Extra alto
<b>Atributos de software</b>						
Fiabilidad	0,75	0,88	1,00	1,15	1,40	
Tamaño de Base de datos		0,94	1,00	1,08	1,16	
Complejidad	0,70	0,85	1,00	1,15	1,30	1,65
<b>Atributos de hardware</b>						
Restricciones de tiempo de ejecución			1,00	1,11	1,30	1,66
Restricciones de memoria virtual			1,00	1,06	1,21	1,56
Volatilidad de la máquina virtual		0,87	1,00	1,15	1,30	
Tiempo de respuesta		0,87	1,00	1,07	1,15	
<b>Atributos de personal</b>						
Capacidad de análisis	1,46	1,19	1,00	0,86	0,71	
Experiencia en la aplicación	1,29	1,13	1,00	0,91	0,82	

Calidad de los programadores	1,42	1,17	1,00	0,86	0,70	
Experiencia en la máquina virtual	1,21	1,10	1,00	0,90		
Experiencia en el lenguaje	1,14	1,07	1,00	0,95		
<b>Atributos del proyecto</b>						
Técnicas actualizadas de programación	1,24	1,10	1,00	0,91	0,82	
Utilización de herramientas de software	1,24	1,10	1,00	0,91	0,83	
Restricciones de tiempo de desarrollo	1,22	1,08	1,00	1,04	1,10	

### **Modelo Detallado**

Presenta principalmente dos mejoras respecto al anterior:<sup>2</sup>

- Los factores correspondientes a los atributos son sensibles o dependientes de la fase sobre la que se realizan las estimaciones. Aspectos tales como la experiencia en la aplicación, utilización de herramientas de software, etc., tienen mayor influencia en unas fases que en otras, y además van variando de una etapa a otra.
- Establece una jerarquía de tres niveles de productos, de forma que los aspectos que representan gran variación a bajo nivel, se consideran a nivel módulo, los que representan pocas variaciones, a nivel de subsistema; y los restantes son considerados a nivel sistema.