



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ**



---

**“ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN ESTADÍSTICA DEL INVENTARIO DE  
LICENCIAS DE SOFTWARE”**

**TITULACIÓN INTEGRAL**

**INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIAS PROFESIONALES**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTA**

**OSCAR BARRÓN DE LA TORRE**

**ASESOR INTENRO:**

**M.C. DELIA DEL CARMEN GAMBOA OLIVARES**

**ASESOR EXTERNO:**

**ING. JAIME EDUARDO NAVA RODRIGUEZ**

**H.VERACRUZ, VER**

**DICIEMBRE DEL 2015**

---

## **INDICE DE CONTENIDOS**

|   |    |
|---|----|
| <b>INTRODUCCIÓN</b>   | 1  |
| <b>CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROYECTO</b>                         | 2  |
| 1.1 Justificación   | 3  |
| 1.2 Objetivos   | 5  |
| 1.2.1 Objetivo General  | 5  |
| 1.2.2 Objetivos Específicos   | 5  |
| 1.3 Caracterización de la Empresa   | 6  |
| 1.3.1 Generalidades de la Empresa   | 6  |
| 1.3.1.1 Datos Generales   | 6  |
| 1.3.1.2 Reseña Histórica  | 7  |
| 1.3.1.3 Organigrama de la Empresa   | 9  |
| 1.3.1.4 Valores, Misión, Visión y Principios                                  | 9  |
| 1.3.1.5 Productos y Clientes  | 11 |
| 1.3.1.6 Distribución de Planta  | 11 |
| 1.3.1.7 Premios y Certificaciones   | 12 |
| 1.3.1.8 Relación de la empresa con la Sociedad                                | 12 |
| 1.4 Descripción de la Problemática  | 13 |
| 1.4.1 Descripción del Área o Departamento en donde se realizó el Proyecto     | 13 |
| 1.4.2 Antecedentes y definición del problema para la realización del Proyecto | 14 |
| 1.5 Alcances y Limitaciones   | 16 |
| 1.5.1 Alcances  | 16 |
| 1.5.2 Limitaciones  | 16 |
| <b>CAPITULO 2. FUNDAMENTO TEÓRICO</b>   | 17 |
| 2.1 Tipos de Distribuciones de Probabilidad                                   | 18 |
| 2.1.1 Distribución de Probabilidad de Poisson                                 | 19 |
| 2.2 Aproximación de distribución Poisson a Normal                             | 22 |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.2.1 Necesidad de una corrección para ajuste de continuidad                                | 23        |
| 2.2.2 Grandes tamaños de muestra  | 24        |
| 2.2.3 Ejemplo de aproximación de Normal a Poisson con ajuste de corrección                  | 24        |
| 2.3 Distribución Chi Cuadrada ( $X^2$ )   | 25        |
| 2.4 Prueba de Hipótesis   | 26        |
| 2.5 Prueba de Bondad de Ajuste  | 29        |
| 2.5.1 Ejemplo de Prueba de Bondad de Ajuste para Poisson                                    | 32        |
| 2.6 Excel   | 33        |
| 2.6.1 Lenguaje VBA  | 33        |
| 2.6.1.1 Escritura de código VBA   | 34        |
| 2.6.2 Las Macros de Excel   | 34        |
| 2.6.2.1 Modificar el código de una Macro  | 36        |
| 2.6.2.2 Asignar una macro a botones de comando en la barra de herramientas de acceso rápido | 36        |
| 2.6.3 Crear una Función propia en Excel a través de VBA                                     | 37        |
| <br>  |           |
| <b>CAPITULO 3. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS</b>                                       | <b>40</b> |
| <b>ACTIVIDADES REALIZADAS.</b>  |           |
| 3.1 Monitoreo y recolección de datos  | 41        |
| 3.2 Procedimiento para la construcción de la herramienta estadística                        | 43        |
| 3.2.1 Descarga del reporte de utilización en formato de Excel                               | 44        |
| 3.2.2 Grabar Macro  | 44        |
| 3.2.3 Cálculo de parámetros de población de la columna Peak                                 | 44        |
| 3.2.4 Prueba de Bondad de Ajuste para Distribución de Poisson                               | 46        |
| 3.2.5 Cálculo de recomendación de licencias dado un porcentaje de confiabilidad             | 51        |
| 3.2.6 Cálculo de porcentaje de confiabilidad dado un número de licencias                    | 52        |
| 3.2.7 Cálculo de recomendación de licencias dado un porcentaje de                           | 53        |

|   |    |
|---|----|
| confiabilidad a través de aproximación de Distribución Normal<br>Poisson  |    |
| 3.2.8 Cálculo de porcentaje de confiabilidad dado un número de<br>licencias a través de Distribución Normal a Poisson | 54 |
| 3.2.9 Presentación de la Interfaz final de la herramienta   | 55 |
| 3.2.10 Detener grabación de Macro   | 56 |
| 3.2.11 Programar condiciones específicas de la macro en VBA   | 56 |
| 3.2.11.1 Descartar días no representativos  | 56 |
| 3.2.11.2 Prueba de Hipótesis para determinar comportamiento<br>de Distribución de Poisson                             | 58 |
| 3.2.11.3 Toma de decisión sobre considerar recomendación o<br>continuar con el inventario actual de licencias         | 59 |
| 3.2.11.4 Construcción de Fórmula personalizada de Poisson<br>Inversa  | 61 |
| 3.2.12 Convertir la herramienta estadística en un botón instalable y<br>portable                                      | 62 |
| <br>  |    |
| <b>CAPITULO 4. RESULTADOS</b>   | 67 |
| 4.1 Resultados obtenidos  | 68 |
| 4.2 Análisis de Resultados  | 74 |
| <br>  |    |
| <b>CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y PROPUESTA DE MEJORA</b>  | 77 |
| Conclusiones  | 78 |
| Recomendaciones y Propuestas de Mejora  | 79 |
| <br>  |    |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>   | 80 |
| Libros  | 81 |
| Medios Electrónicos   | 82 |
| <br>  |    |
| <b>ANEXOS</b>   | 83 |

|  |     |
|--|-----|
| ANEXO A. Tabla de Distribución Puntual de Poisson                                | 84  |
| ANEXO B. Tabla de Distribución Acumulada de Poisson                              | 89  |
| ANEXO C. Tabla de Distribución Chi Cuadrada $X^2$                                | 94  |
| ANEXO D. Tabla de Distribución Normal a Estándar                                 | 99  |
| ANEXO E. Código completo de la herramienta estadística expresada en Visual Basic | 101 |

## **INDICE DE TABLAS, FIGURAS Y FÓRMULAS**

### **Tablas**

#### **CAPÍTULO 2. FUNDAMENTO TEORICO**

Tabla 2.1 Frecuencias observadas contra esperadas para una prueba de bondad de ajuste con distribución de Poisson 30

Tabla 2.2 Descripción de botones de la barra de programador en Excel 35

#### **CAPITULO 3. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS**

Tabla 3.1 Descripción de columnas del reporte de utilización de licencias 42

#### **CAPITULO 4. RESULTADOS**

Tabla 4.1 Antes y después de número de licencias 68

Tabla 4.2 Porcentaje de ahorros obtenidos para cada propuesta, de acuerdo a la tabla 4.1 74

### **Figuras**

#### **CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROYECTO**

Figura 1.1 Ubicación Volkswagen de México S.A. de C.V. 6

Figura 1.2 Organigrama de Volkswagen de México S.A. de C.V. 9

Figura 1.3 Distribución de Planta Volkswagen de México S.A. de C.V. 11

Figura 1.4 Organigrama AMS & OPS IT Región Américas 14

#### **CAPÍTULO 2. FUNDAMENTO TEÓRICO**

Figura 2.1 Distribución de probabilidad discreta del número de votos 18

Figura 2.2 Representación gráfica de distribución de Poisson para diferentes valores de  $\lambda$ . 21

|   |    |
|---|----|
| Figura 2.3 Distribución Chi Cuadrada para $gl=10$ y $gl=20$                                 | 25 |
| Figura 2.4 Prueba de Hipótesis dentro de la Prueba de Bondad de Ajuste                      | 32 |
| Figura 2.5 Barra de herramientas “Programador” en Excel                                     | 34 |
| Figura 2.6 Ventana de personalización de la barra de herramientas de acceso rápido en Excel | 37 |
| Figura 2.7 Función personal para tomar un rango y sumar cada celda                          | 38 |
| Figura 2.8 Ejemplo de función personalizada   | 39 |

### **CAPITULO 3. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS**

|   |    |
|---|----|
| Figura 3.1 Utilización histórica de la licencia “lo1”, obtenida de Altair SAO                             | 41 |
| Figura 3.2 Reporte de utilización de licencia, descargada desde Altair SAO                                | 42 |
| Figura 3.3 Diagrama de flujo para la construcción de la herramienta estadística                           | 43 |
| Figura 3.4 Asistente para grabación de Macros en Excel  | 44 |
| Figura 3.5 Selección de la columna Peak   | 45 |
| Figura 3.6 Cálculo de parámetros de población de la columna Peak  | 46 |
| Figura 3.7 Procedimiento para obtener Estadístico Chi Cuadrada en la Prueba de Bondad de Ajuste           | 49 |
| Figura 3.8 Prueba de Hipótesis para determinar si es Distribución de Poisson o no                         | 50 |
| Figura 3.9 Número de licencias recomendadas dado un porcentaje  | 51 |
| Figura 3.10 Tabla de resultados de Optimización de Licencias  | 52 |
| Figura 3.11 Número de licencias recomendadas dado un porcentaje a través de Aproximación Normal a Poisson | 54 |
| Figura 3.12 Tabla de resultados de Optimización de Licencias a través de Aproximación de Normal a Poisson | 54 |
| Figura 3.13 Interfaz final de la herramienta de optimización de licencias                                 | 55 |
| Figura 3.14 Detener grabación de Macro  | 56 |
| Figura 3.15 Columna con fechas del reporte de Altair SAO  | 57 |
| Figura 3.16 Código programado en VBA para eliminar fines de semana del análisis                           | 57 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 3.17 Código programado en VBA para realizar Prueba de Hipótesis                               | 58 |
| Figura 3.18 Columna de Negaciones (Denials) en el reporte de Altair SAO                              | 59 |
| Figura 3.19 Código modificado en VBA para establecer si se acepta o no la recomendación de licencias | 60 |
| Figura 3.20 Insertar nuevo módulo personal en VBA  | 61 |
| Figura 3.21 Código para fórmula personal de Poisson Inversa en VBA                                   | 61 |
| Figura 3.22 Dirección de destino del archivo .xlam   | 63 |
| Figura 3.23 Dirección de destino del archivo .xlsb   | 63 |
| Figura 3.24 Ventana de Opciones de Excel, Complementos   | 64 |
| Figura 3.25 Ventana de Complementos de Excel   | 64 |
| Figura 3.26 Personalizad barra de herramientas de acceso rápido                                      | 65 |
| Figura 3.27 Comandos disponibles en Macros   | 65 |
| Figura 3.28 Botón de la herramienta de optimización  | 66 |
| Figura 3.29 Resultado del uso de la herramienta  | 66 |

#### **CAPITULO 4. RESULTADOS**

|   |    |
|---|----|
| Figura 4.1 Licencias Actuales Vs Propuestas con 99% de confianza      | 70 |
| Figura 4.2 Licencias Actuales Vs Propuestas con 93% de confianza      | 71 |
| Figura 4.3 Archivos finales entregables                               | 72 |
| Figura 4.4 Archivos instalables, dentro de la carpeta de complementos | 72 |
| Figura 4.5 Gráfica de costos y ahorros.                               | 76 |



## **Fórmulas**

|  |    |
|--|----|
| Ecuación 1. Parámetros de la distribución de probabilidad de Poisson                       | 20 |
| Ecuación 2. Función de Probabilidad de Poisson   | 20 |
| Ecuación 3. Función de probabilidad de distribución normal estándar                        | 22 |
| Ecuación 4. Función de probabilidad de aproximación Normal a Poisson                       | 22 |
| Ecuación 5. Estadístico $X^2$  | 25 |
| Ecuación 6. Grados de libertad para el estadístico $X^2$                                   | 25 |
| Ecuación 7. Estadístico $X^2$ para el contraste de la bondad de ajuste                     | 31 |
| Ecuación 8. Hipótesis nula para una prueba de hipótesis en la prueba de bondad de ajuste   | 31 |
| Ecuación 9. Grados de libertad para el estadístico $X^2$ en una prueba de bondad de ajuste | 31 |

## **INTRODUCCIÓN**

El motivo principal por el cual este proyecto se llevó a cabo, nace de la necesidad de resolver una problemática imperante en el uso de licencias de software en Volkswagen do Brasil, siendo la compañía dentro de Región Américas del Grupo Volkswagen que año con año solicitaba licencias para sus software sin un respaldo que compruebe que esa es la cantidad real de acuerdo a sus necesidades.

Así, este proyecto tiene como finalidad principal otorgar una herramienta que permita, con un respaldo estadístico y probabilístico, establecer con precisión el número óptimo de licencias que se requieren para cada software. Obteniendo con ello, ahorros económicos al evitar inversiones innecesarias y una metodología estandarizada para solicitar licencias.

Las actividades principales del proyecto se dividen dos partes, la primera tratándose de la metodología estadística y probabilística utilizada para poder llegar a un resultado. La segunda parte refiere a la programación de la herramienta a través de Macros y Visual Basic en Excel.

Este informe técnico de residencias profesional se integra en cuatro capítulos, las conclusiones y recomendaciones.

En el primer capítulo se presenta una visión general del proyecto, justificación, objetivos, la problemática, alcances y limitaciones, además de poner en contexto sobre el departamento y empresa en donde se lleva a cabo el proyecto.

El segundo capítulo se dedica a establecer los fundamentos teóricos que respaldan las actividades y procedimientos utilizados para construir la herramienta, permitiendo así posteriormente en el capítulo 3 describir las acciones realizadas y los pasos necesarios para desarrollar el proyecto y que se encuentran respaldados en el capítulo 2.

En la sección de Resultados del capítulo 4, se muestra el desenlace de las acciones efectuadas en el capítulo 3, presentando tanto los resultados numéricos como su interpretación.

Finalmente, se concluye y otorgan recomendaciones den la última sección, mostrando la forma en que las limitaciones influyeron en cierta forma en el proyecto y la solución que se tomó, dando también pauta a propuestas de mejora.

## **CAPÍTULO 1.**

### **PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROYECTO.**

## 1.1. JUSTIFICACIÓN.

Los beneficios del proyecto de monitoreo y optimización del inventario de licencias se verán reflejados en primera instancia en Volkswagen do Brasil, ofreciendo una metodología para monitorear, analizar e inferir estadísticamente en cuanto al comportamiento del uso de licencias de software, para con ello, tomar una decisión adecuada sobre la compra y renovación de software necesario para el siguiente año operativo.

Por otro lado, las demás organizaciones que conforman Región Américas (Volkswagen de México, Volkswagen Argentina, Volkswagen Group of America, Volkswagen National Sales Company y Volkswagen South Africa) se verán beneficiados también al llevar a cabo las mismas prácticas que se implementarán primero en VWdB, sustituyendo así el método subjetivo para tomar decisiones que impera en estas compañías en cuanto al volumen de licencias necesarias.

De esta manera, el proyecto ofrece:

- Ahorros económicos al evitar inversiones innecesarias con un alto volumen de licencias de software.
- Ahorros económicos al evitar usuarios ociosos y retrasos en su trabajo por insuficiente volumen de licencias de software.
- Ayudará a resolver el problema de desconocimiento de la demanda real y capacidad necesaria del inventario de software al hacer visible el comportamiento de uso que tienen las licencias.

Por otro lado, el proyecto propone una utilidad metodológica, al plantear la instalación de un instrumento para monitorear el uso y recolectar datos y posteriormente, la creación de una herramienta de análisis estadístico programada en Visual Basic en Excel, fácil de usar para cualquier usuario y capaz de compartirse con las demás empresas que integran Volkswagen Región Américas (Brasil, Argentina, México, Canadá, Estados Unidos y Sudáfrica).

Además, el desarrollo de un modelo analítico para la toma de decisiones en cuanto al inventario de software es requerido de acuerdo a las mejores prácticas ITIL<sup>1</sup> con las que se rige la gestión de servicios de Tecnologías de Información, dentro del proceso de Gestión de la Capacidad.

---

<sup>1</sup> TSO. (2007), ITIL Service Design página 92. [www.tsoshop.co.uk](http://www.tsoshop.co.uk). Consultado el 5 de Octubre, 2015

## **1.2. OBJETIVOS.**

### **1.2.1. Objetivo General.**

Proponer la cantidad óptima de inventario de licencias de software a través de la distribución de Poisson y aproximación de distribución normal a Poisson en relación al nivel de servicio, menor costo y disponibilidad deseada en las compañías que integran Región Américas, coordinadas en Volkswagen de México S.A. de C.V., Cuautlancingo, Puebla, México.

### **1.2.2. Objetivos Específicos.**

- ✓ Desarrollar una herramienta estadística programada en Visual Basic en Excel, fácil de usar para el cálculo de inventario en futuros periodos y para cualquier compañía de Volkswagen Región Américas.
- ✓ Estandarizar el uso de un monitoreo y análisis de los software instalados en las compañías de Región Américas para la solicitud anual de software con un respaldo confiable.
- ✓ Ser pauta de una segunda etapa de optimización de recursos, donde se espera unificar todas las licencias de Región Américas.

### 1.3. CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA.

#### 1.3.1. Generalidades de la Empresa.

##### 1.3.1.1 Datos Generales.

Volkswagen de México S.A. de C.V., es la empresa filial de Volkswagen establecida en 1964 en las afueras de la ciudad mexicana de Puebla, específicamente en la Autopista México-Puebla Km116 con C.P. 72700 en el Municipio de Cuautlancingo, dedicada al desarrollo y manufactura en la Industria Automotriz donde laboran aproximadamente 20,900 personas, convirtiendola en el complejo automotriz más grande de México y la segunda planta más grande del mundo del consorcio.

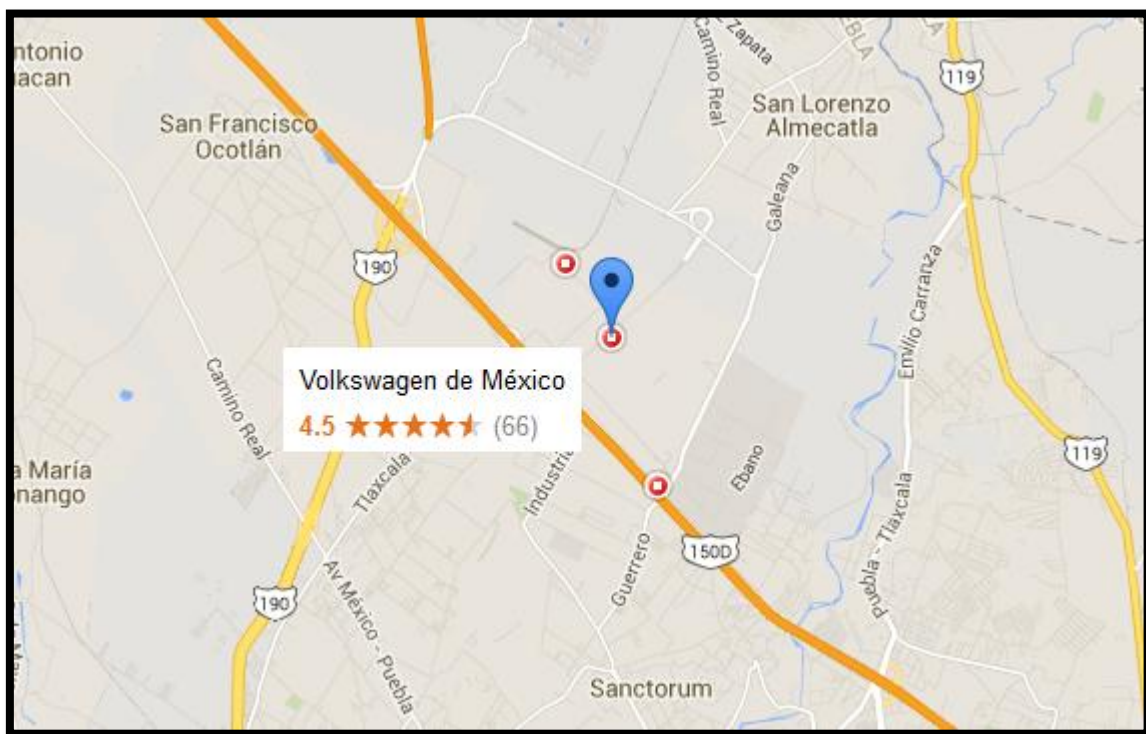


Figura 1.1. Ubicación Volkswagen de México S.A. de C.V.

### **1.3.1.2 Reseña Histórica**

#### **1954-1967**

En marzo de 1954 llegan a México los primeros modelos Volkswagen, con motivo de la exposición "Alemania y su industria" que se celebró en las instalaciones de Ciudad Universitaria, en la Ciudad de México.

En enero de 1964 se constituye la empresa "Volkswagen de México".

En junio de 1965 comienzan los trabajos de construcción de la Planta de Volkswagen de México, en Puebla.

En octubre de 1967 se produce el primer Volkswagen Sedan en la Planta de Puebla.

#### **1970-1989**

En noviembre de 1970 comienza la producción del modelo Safari; en octubre del mismo año, arrancó también la producción de la Combi.

En marzo de 1973 se lleva a cabo la primera exportación de vehículos fabricados en México a los Estados Unidos, se trató de 50 unidades del modelo Safari.

En diciembre de 1984 inicia la producción del Corsar. En octubre de 1988 comienza la producción del Golf para los mercados de Estados Unidos y Canadá.

#### **1990-1999**

En el primer semestre de 1995 inicia la producción de dos modelos: el Golf convertible y el Derby.

En el segundo semestre de 1997 inicia la producción del New Beetle.

#### **2000-2009**



En el 2001, Volkswagen de México celebró la producción del vehículo 5 millones y la marca SEAT se suma a la presencia del Grupo Volkswagen en el mercado mexicano.

A casi cuatro décadas de producción ininterrumpida, en julio de 2003 termina en México la fabricación mundial del Sedan. Desde 1946, la producción del Vocho sumó un total de 21,529,464 unidades.

En el 2004 inicia la producción del modelo Bora/Jetta A5.

En enero de 2008, Volkswagen de México celebra 10 años del lanzamiento del Beetle a los mercados mundiales y un millón de autos de este modelo producidos.

### **2010 a la fecha**

En julio de 2010 se lleva a cabo la inauguración del Segmento Poniente de Volkswagen de México, en el que se produce, en exclusiva para todo el mundo, la sexta generación del Jetta. Con motivo de las celebraciones por el Bicentenario de la Independencia de México, Volkswagen presenta el Nuevo Jetta, Edición Especial Bicentenario.

En enero de 2011 dio inicio la construcción de la nueva planta de motores de Volkswagen de México, en Silao, Guanajuato, desde la que se surtirán motores de última generación a las plantas de Volkswagen en Puebla y Chattanooga, con una producción anual de 330 mil motores.

Volkswagen de México cerró el año 2012 con un nuevo récord de producción anual, luego de que su planta de Puebla fabricara durante los 12 meses del año más de 600 mil vehículos (604,508) lo que representó además un incremento de 18.5 por ciento frente al acumulado del año 2011 (510,041).

Contando con la presencia del Presidente de la República Mexicana Enrique Peña Nieto, el Gobernador de Guanajuato Miguel Márquez Márquez y el Dr. Martin Winterkorn, Presidente del Grupo Volkswagen, Volkswagen de México, inauguró en enero de 2013 su planta de motores en Silao, en el estado de Guanajuato, que abastecerá de motores TSI a las plantas de producción de vehículos en Puebla y en Chattanooga, EUA.

Volkswagen de México celebró el 13 de agosto de 2013 la producción de 10 millones de automóviles y 11 millones de motores. La conmemoración fue enmarcada por la inauguración de un monumento en la planta de Puebla que simboliza la historia, tradición y evolución de Volkswagen en México.

En enero de 2014, Volkswagen de México celebró 50 años, y en ese marco se llevó a cabo el inicio de producción del Golf 7 en su planta de vehículos de Puebla.

### 1.3.1.3 Organigrama de la empresa

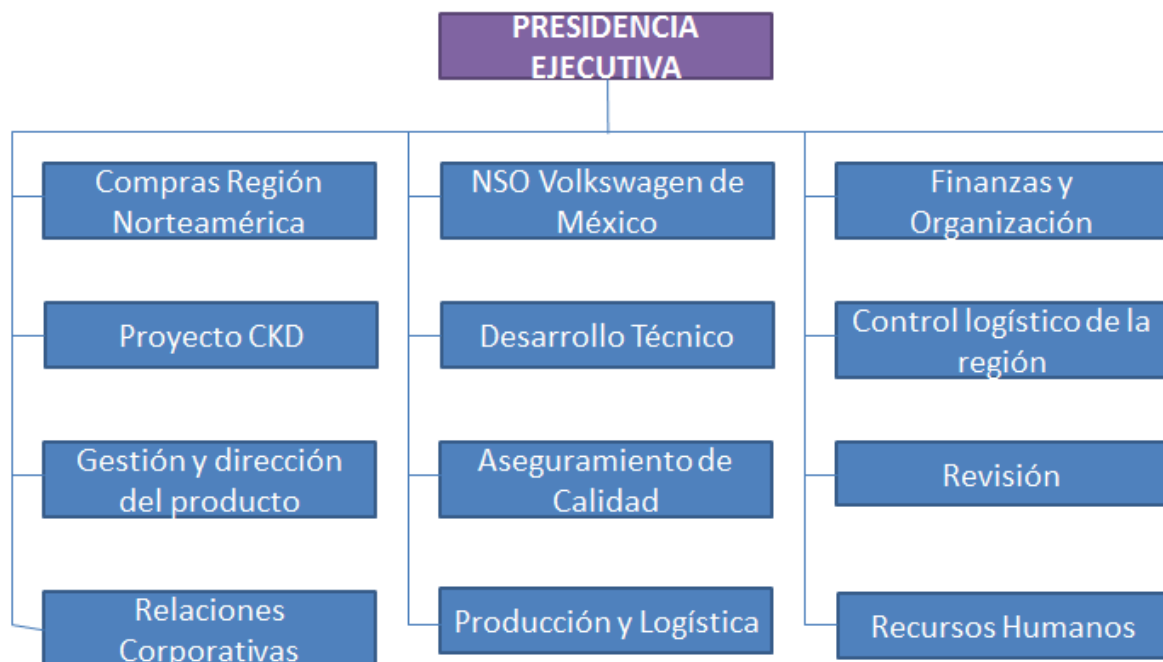


Figura 1.2. Organigrama de Volkswagen de México S.A. de C.V.

### 1.3.1.4 Valores, Misión, Visión y Principios.

#### Nuestra Misión

Entusiasmar a nuestros clientes en todo el mundo con automóviles innovadores, confiables y amigables con el medio ambiente, así como con servicios de excelencia, para obtener resultados sobresalientes.

## **Nuestra Visión**

- Somos una empresa exitosa que genera utilidades de manera sustentable
- Somos líderes en el mercado mexicano, logrando satisfacer y retener al cliente ofreciendo un servicio excelente
- Somos competitivos y confiables en el desarrollo y la producción de vehículos y componentes
- Somos un socio comercial atractivo para proveedores y concesionarios, estableciendo con ellos relaciones sustentables
- Somos un equipo de colaboradores competentes, comprometidos y satisfechos
- Contamos con procesos innovadores, confiables y transparentes, enfocados a una calidad excelente y la satisfacción de nuestros clientes.

## **Nuestros Principios**

- Orientación a la mejora continua de nuestros procesos
- Cumplir con los requisitos nacionales, internacionales y del Grupo Volkswagen en materia de: Calidad en los productos y servicios, prevención de la contaminación ambiental, seguridad y salud laboral
- Fomentar una actitud de excelencia en todos nuestros colaboradores y socios comerciales

## **Nuestro Valores**

- Cercanía al Cliente
- Alto Desempeño
- Crear Valores
- Capacidad de Renovación
- Respeto
- Responsabilidad
- Desarrollo Sustentable

### 1.3.1.5 Productos y Clientes.

Los modelos que se ensamblan actualmente en la planta Volkswagen de México S.A. de C.V. son los siguientes:

- ✓ Beetle Cabrio NF
- ✓ Beetle NF Coupe
- ✓ Jetta NF + GP WS + KS
- ✓ Golf A7
- ✓ Variant A7
- ✓ Tiguan (Nuevo)

La producción está destinada en un 80% a clientes de diferentes países.

### 1.3.1.6 Distribución de Planta.



Figura 1.3. Distribución de Planta Volkswagen de México S.A. de C.V.

### **1.3.1.7 Premios y Certificaciones.**

#### **Calidad**

- ✓ Kiwa International Cert
- ✓ Certificado ISO 9001:2008
- ✓ Certificado VDA

#### **Ambiental**

- ✓ Certificado Industria Limpia
- ✓ Certificado ISO 14001

#### **Seguridad y salud del trabajo**

- ✓ Programa de Autogestión STPS

### **1.3.1.8 Relación de la empresa con la sociedad.**

El gobierno Mexicano, por parte de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), ha desarrollado el Programa Voluntario de Auditorías Ambientales como apoyo, estímulo y reconocimiento para todas las organizaciones que de manera voluntaria se someten a un esquema de revisión y convienen con la autoridad un plan de acción. En el año de 1998, VWM obtuvo por primera vez la Certificación como Industria Limpia, sobre la cual se han obtenido a la fecha ya, cuatro recertificaciones más.

En Volkswagen se entiende el desarrollo sustentable como la oportunidad para enfocar nuestras capacidades de innovación, para asegurar la continuidad de la empresa en el largo plazo. Significa crear más, con más valor y ocupando menos recursos.

Se atiende responsablemente los intereses de los empleados, se comprometen en relaciones sostenibles con sus distribuidores, proveedores, la comunidad y clientes. La sustentabilidad implica mejorar constantemente el nivel de la tecnología en sus procesos y vehículos, en pro del medio ambiente y de los consumidores, buscando mantener nuestro liderazgo tecnológico y de calidad dentro de la industria automotriz.

## **1.4. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.**

### **1.4.1. Descripción del Área o Departamento en Dónde se Realizó el Proyecto.**

Fundada en 2006 la ITP Región Américas constituye la unidad central para todos los temas relacionados con Tecnología Informática de ocho compañías:

1. VW Group of America
2. VW Group of America Chattanooga
3. VW Group Canada
4. VW de México
5. VW do Brasil
6. MAN Latin America
7. VW Argentina
8. VW of South Africa

Juntos estas compañías son responsables de la producción de más de 1.5 millones de autos al año, así formando una parte vital en la estrategia global del Grupo Volkswagen.

Con esto de fondo el objetivo de la Región es:

Implementar de manera rápida y consistente la estrategia Global de ITP en los países de la Región Américas integrando los requerimientos locales. Fomentar el espíritu de equipo dentro de la organización, creando mayor colaboración y sinergias.

Lograr estos objetivos requiere cultivar la cooperación entre seis países muy distintos. Afrontando los retos que eso implica, existen también grandes oportunidades para generar valor y utilidades, ya que la Región aprovecha el poder resultante de la diversidad de personas y culturas que integran su comunidad ITP.

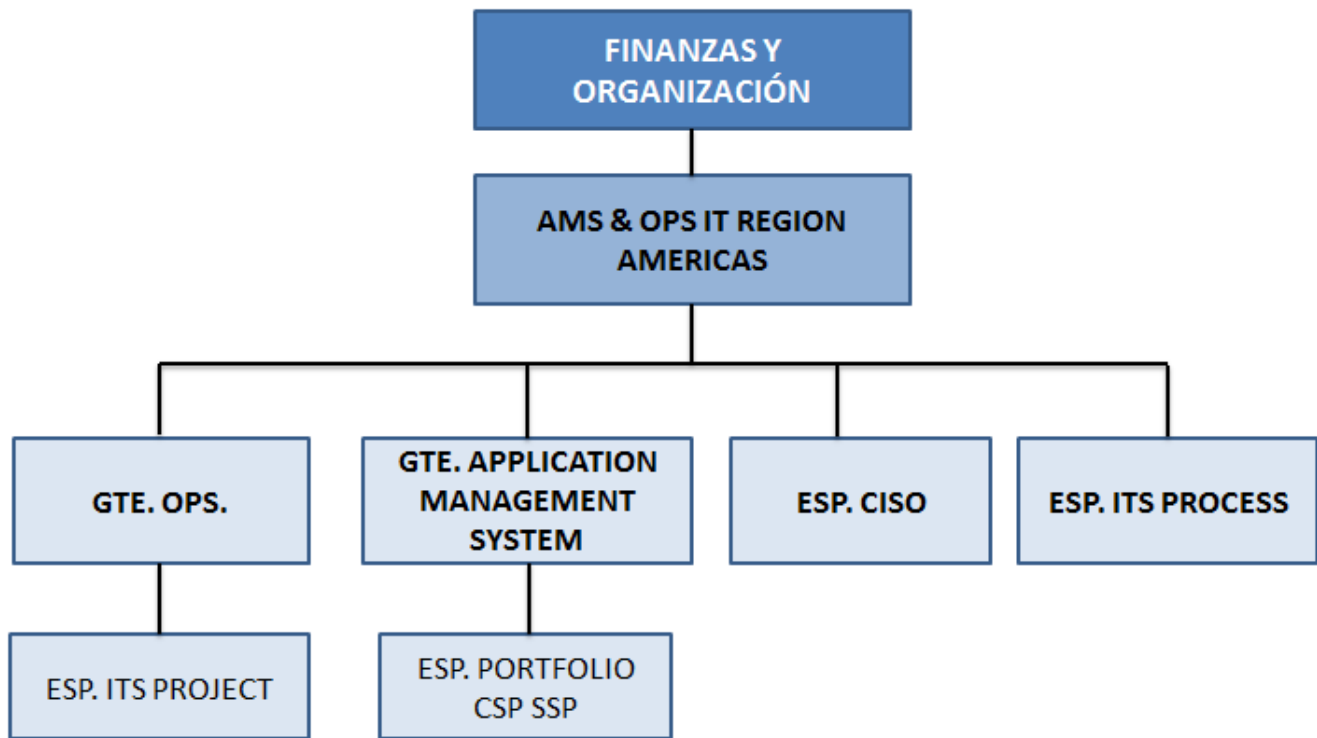


Figura 1.4. Organigrama AMS & OPS IT Región Américas

#### 1.4.2 Antecedentes y definición del problema para la realización del proyecto.

Las compañías que integran Región Américas realizan la solicitud de la cantidad de licencias de software a necesitar el siguiente año de acuerdo a un monitoreo de su utilización, sin embargo, la forma en que toman esta decisión es de manera subjetiva, viendo la gráfica y seleccionando aproximadamente un número de licencias cercano al dato de utilización más alto registrado.

De los 5 países que conforman la Región, Brasil es un caso en que no existe monitoreo y por ende ningún respaldo subjetivo u objetivo del número de licencias necesarias para el siguiente año. Los pedidos anuales los realizan de acuerdo a lo que ya se tenía anteriormente, y si no se han registrado problemas con esa cantidad de licencias, se sigue solicitando la misma.

Dado este antecedente, la definición del problema es el siguiente:

- ✓ Desconocimiento de la cantidad óptima de inventario de licencias de software en relación al nivel de servicio deseado y falta de un método objetivo para la toma de decisión para las diferentes empresas que conforman el área de AMS & OPS IT Región Américas de la empresa Volkswagen de México S.A. de C.V. Cuautlancingo, Puebla, México.



## **1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES.**

### **1.5.1 Alcances**

El proyecto tiene un alcance en el proceso de Gestión de la Capacidad del departamento de Región Américas, con un impacto que engloba a las compañías que conforman el departamento: VW Group of America, VW Group of America Chattanooga, VW Group Canada, VW de México, VW do Brasil, MAN Latin America, VW Argentina, VW of South Africa.

### **1.5.2 Limitaciones**

- La imposibilidad de utilizar un software estadístico para realizar las pruebas y procedimientos necesarios para el proyecto, debido a que implicaría costos de compra de licencia y capacitación futura.
- En algunos países, solo se cuenta con datos históricos a partir de Junio de 2015 al presente.
- La decisión del número óptimo de licencias se necesita para finales del año 2015 y se renueva una vez cada año.
- El hecho de que al trabajar con datos de diferentes países, se dificulta la comunicación para intercambio de información.

**CAPÍTULO 2.**  
**FUNDAMENTO TEÓRICO.**

## 2.1 Tipos de Distribuciones de Probabilidad.

Las distribuciones de probabilidad se clasifican como discretas y continuas. En la distribución de probabilidad discreta está permitido considerar sólo un número limitado de valores. Por ejemplo, en la siguiente figura se muestra un ejemplo de distribución de probabilidad discreta, en la que expresamos las ideas de la candidatura sobre las elecciones que se avecinan. En ella, los votos pueden tomar sólo cuatro valores posibles (1000, 2000, 3000, 4000). De manera análoga, la probabilidad de que una persona haya nacido en un mes dado es también discreta, puesto que sólo hay 12 posibles valores (los 12 meses del año).

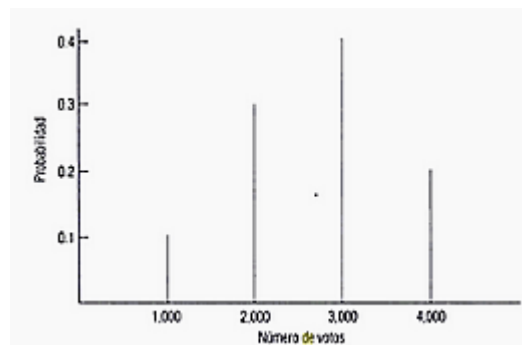


Figura 2.1. Distribución de probabilidad discreta del número de votos.

En una distribución de probabilidad continua, por otro lado, la variable que se está considerando puede tomar cualquier valor dentro de un intervalo dado. Suponga que se está examinando el nivel de afluencia de un cierto número de arroyos, y se mide este nivel en partes de afluencia por millones de partes de agua. Se podría esperar un intervalo bastante continuo de partes por millón (ppm), en todas las corrientes, desde los niveles más bajos en los pequeños arroyos de montaña hasta los niveles en extremo altos en los arroyos contaminados. De hecho, sería muy normal que la variable “partes por millón” tomara una cantidad enorme de valores. Podríamos decir que la distribución de esta variable (ppm) es una distribución continua. Las distribuciones continuas son una forma conveniente de presentar distribuciones discretas que tienen muchos resultados posibles, todos muy cercanos entre sí.

### 2.1.1 Distribución de Probabilidad de Poisson.

La distribución de Poisson da un modelo para variables de tipo conteo, donde los conteos se refieren al registro del número de un evento de interés en una unidad de tiempo o espacio dados (hora, minutos,  $m^2$ ,  $m^3$ , etc.). Corresponde a experimentos en los que observamos la aparición de sucesos puntuales sobre *soporte continuo*<sup>2</sup>.

El proceso de Poisson tiene las siguientes propiedades:

1. Los sucesos son independientes y aparecen en el soporte continuo de forma aleatoria, es decir un proceso sin memoria, donde el resultado que hayan ocurrido anteriormente no influye en los resultados posteriores.
2. El proceso es estable, es decir a largo plazo produce un número medio de sucesos constante  $\lambda$  por unidad de soporte continuo.

Esta distribución se puede derivar de un proceso experimental de observación con las que tengan alguna de las siguientes características:

- Se observa la realización de hechos de cierto tipo durante un cierto periodo de tiempo a lo largo de un espacio de observación.
- Los hechos a observar tienen naturaleza aleatoria; pueden producirse o no de una manera no determinística.
- La probabilidad de que se produzcan un número  $X$  de éxitos en un intervalo de tiempo no depende del origen del intervalo, aunque sí de la amplitud del tiempo.
- La probabilidad de que ocurra un hecho en un intervalo infinitésimo es prácticamente proporcional a la amplitud del intervalo.

Si en estas circunstancias se aleatoriza de forma que la variable aleatoria  $X$  signifique o designe el “número de hechos que se producen en un intervalo de tiempo o espacio”, la variable  $X$  se distribuye con una distribución de parámetro  $\lambda$ .

---

<sup>2</sup> Soporte continuo, en un sentido estadístico, son intervalos de tiempo que se repiten (personas que entra en unos almacenes por unidad de tiempo) o superficies que se repiten (errores por página de un libro), etc.

En esta distribución, la distribución de la varianza es igual a la media, por lo tanto la variabilidad de los conteos aumenta con el nivel medio de los mismos. Este es un caso típico de asociación entre esperanza y varianza

$$\begin{aligned}\mu &= E(X) = \lambda \\ \sigma^2 &= V(X) = \lambda\end{aligned}$$

Ecuación 1. Parámetros de la distribución de probabilidad de Poisson.

La distribución de Poisson corresponde a la generalización del proceso de Bernoulli llevado al soporte continuo, con probabilidad elemental del suceso desfavorable pequeño. Es el modelo de los llamados sucesos raros, con probabilidad elemental inferior a 0.01 ( $p < 0.01$ ).

La función de probabilidad de la distribución de Poisson se obtiene como límite de una distribución Binomial, cuando se cumplen las siguientes condiciones:

1. El número de observaciones se hace grande ( $n$  crece)
2. La probabilidad elemental se hace pequeña ( $p$  decrece)
3. La media de la distribución se hace constante ( $\lambda = n * p = \text{constante}$ )

Tomando la expresión:

$$F(x) = p(x/\lambda) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!}$$

Ecuación 2. Función de Probabilidad de Poisson.

Donde:

$\lambda$  = Media de la distribución ( $n * p$ )

$e$  = Constante Euler = 2.7182818...

$x$  = Número de ocurrencias del evento o fenómeno (probabilidad de que el evento suceda  $x$  veces)

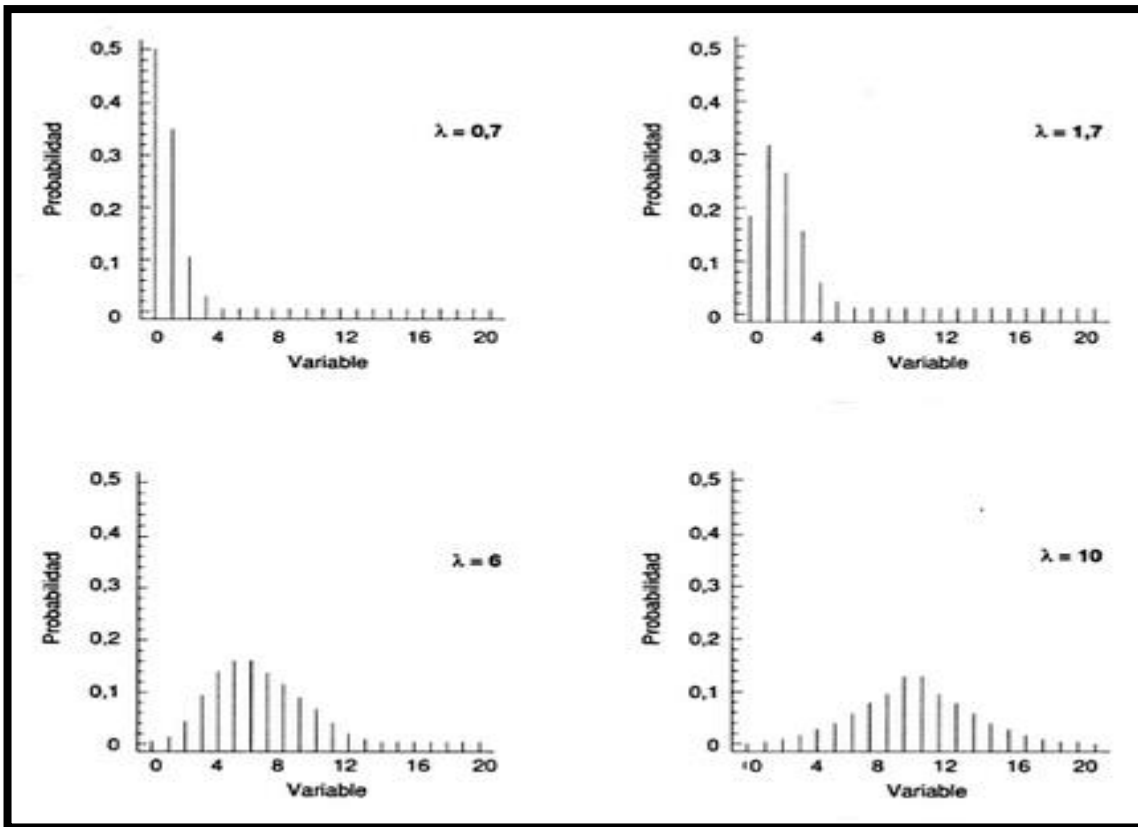


Figura 2.2. Representación gráfica de distribución de Poisson para diferentes valores de  $\lambda$ . Fuente: Serret Moreno, Jaime, Manual de Estadística Universitaria: Inductiva, página 101.

## 2.2 Aproximación de distribución Poisson a Normal.

La distribución de Poisson es aplicable a variables aleatorias discretas. Cuando el parámetro  $\lambda$  es mayor de 10, se puede aproximar a una distribución normal con  $\mu = \lambda$  y  $\sigma = \sqrt{\lambda}$ , ya que la función de distribución de la variable aleatoria tiende a la función de distribución normal estándar (como se puede observar en la figura 6).

Sustituyendo en la fórmula de distribución normal estándar

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Ecuación 3. Función de probabilidad de distribución normal estándar.

Donde

Z = Variable normal estandarizada de la distribución normal.

$\mu$  = Media de la distribución Normal.

$\sigma$  = Desviación estándar de la distribución Normal.

Se obtiene:

$$Z = \frac{X - \lambda}{\sqrt{\lambda}}$$

Ecuación 4. Función de probabilidad de aproximación Normal a Poisson.

Donde

Z = Variable normal estandarizada de la distribución normal.

$\lambda$  = Media de la distribución de Poisson.

$\sqrt{\lambda}$  = Desviación estándar de la distribución de Poisson.

X = Número ajustado de éxitos para la variable aleatoria discreta.

Así que, cuando  $\lambda$  es lo suficientemente grande, la variable aleatoria  $Z$  se distribuye aproximadamente de manera normal

### **2.2.1 Necesidad de una corrección para ajuste de continuidad.**

Hay dos importantes razones para emplea aquí una corrección para ajuste de continuidad.

Primero, hay que recordar que una variable aleatoria discreta como lo es la distribución de Poisson, puede adoptar solo valores específicos, mientras que una variable aleatoria continua puede tomar cualquier valor dentro de un intervalo alrededor de esos valores específicos. Por tanto, al usar la distribución normal para aproximar una distribución discreta como Poisson, es probable obtener aproximaciones más exactas de las probabilidades si se emplea una corrección para el ajuste de continuidad.

Segundo, en una distribución continua, como la normal, la probabilidad de obtener un valor particular de una variable aleatoria es cero. Por otra parte, cuando la distribución normal se usa para aproximar una distribución discreta, puede emplearse una corrección para ajuste de continuidad de tal manera que podamos aproximar la probabilidad de un valor específico de la distribución discreta.

Como ejemplo de ello, se considera un experimento en el que se lanza una moneda no cargada 10 veces y observamos el número de caras. Se desea calcular la probabilidad de obtener exactamente 4 caras. Mientras que una variable aleatoria discreta sólo puede tener un valor específico (como 4), una variable aleatoria continua usada para aproximarla podría tomar cualquier valor dentro de un intervalo de ese valor específico.

La corrección para ajuste de continuidad requiere sumar o restar 0.5 del valor o valores de la variable aleatoria discreta  $X$ , según se requiera. Así, para usar la distribución normal para aproximar la probabilidad de obtener exactamente 4 caras (es decir,  $X=4$ ), se encontraría el área bajo la curva normal desde  $X = 3.5$  hasta  $X = 4.5$ , los límites inferior y superior de 4. Para determinar la probabilidad aproximada de observar al menos 4 caras, se encuentra el área bajo la curva normal desde  $X = 3.5$  y arriba puesto que, en un continuo, 3.5 es el límite inferior de  $X$ . De esta manera similar, para determinar la probabilidad aproximada de observar a lo más 4



caras, se encontraría el área bajo la curva normal desde  $X = 4.5$  y abajo, ya que en un continuo, 4.5 es el límite superior de  $X$ .

### **2.2.2 Grandes tamaños de muestra.**

Se ha visto que si se necesita obtener aproximaciones de probabilidad para valores individuales de la variable aleatoria, es necesario usar la corrección para ajuste de continuidad. Por otra parte, en cuanto a algunos tipos de aproximaciones de probabilidad, no existe ninguna regla estricta y rápida para usar la corrección de ajuste de continuidad. Como se sabe que las ventajas de una mayor exactitud se minimizan con tamaños de muestras mayores y como el empleo de la corrección para ajuste de continuidad incrementa la complejidad del cálculo, dicha corrección puede omitirse cuando los tamaños de muestra son lo bastante grandes como para que las diferencias en las aproximaciones obtenidas al usar o no la corrección para ajuste de continuidad sean despreciables.

### **2.2.3 Ejemplo de aproximación de Normal a Poisson con ajuste de corrección.**

En una cierta planta automotriz el número promedio de interrupciones de trabajo al día debidas a problemas con el equipo durante el proceso de producción es 12. ¿Cuál es la probabilidad aproximada de tener 15 o menos interrupciones de trabajo debido a problemas del equipo en cualquier día dado? De la ecuación 4 se tiene

$$Z = \frac{X - \lambda}{\sqrt{\lambda}} = \frac{15.5 - 12}{\sqrt{12}} = +1.01$$

Aquí, el número ajustado de éxitos es 15.5. En consecuencia, la probabilidad aproximada de que  $X$  no exceda este valor corresponde, en escala  $Z$  estandarizada, a un valor de no más de +1.01. De la tabla del Anexo D se observa que el área bajo la curva normal para  $z = +1.01$  es igual a 0.8438. Por lo tanto, la probabilidad aproximada de tener 15 o menos interrupciones de trabajo debido a problemas del equipo en cualquier día dado es 84.38%. Esta aproximación se compara bastante favorable con la probabilidad de Poisson exacta, 0.8444, obtenida substituyendo los valores en la tabla del Anexo B.

### 2.3 Distribución Chi Cuadrada ( $X^2$ ).

En una población que se distribuye normalmente con varianza  $\sigma^2$ , se selecciona aleatoriamente muestras independientes de tamaño  $n$  y calculamos la varianza muestral  $s^2$  para cada muestra. El estadístico muestral tiene una distribución llamada distribución Chi Cuadrada

$$X^2 = \frac{(n-1)s^2}{\sigma^2} \quad \text{Ecuación 5. Estadístico } X^2.$$

Se denota Chi Cuadrada por  $X^2$ , pronunciada “chi cuadrada”. Para calcular valores críticos de la distribución Chi Cuadrada, puede dirigirse al Anexo C. La distribución Chi Cuadrada se determina por el número de grados de libertad

$$\text{Grados de libertad} = n - 1 \quad \text{Ecuación 6. Grados de Libertad para el estadístico } X^2.$$

La distribución Chi Cuadrada tiene las siguientes propiedades:

1. No es simétrica, a diferencia de las distribuciones normal y  $t$  de Student; conforme el número de grados de libertad se incrementa, la distribución se vuelve más simétrica

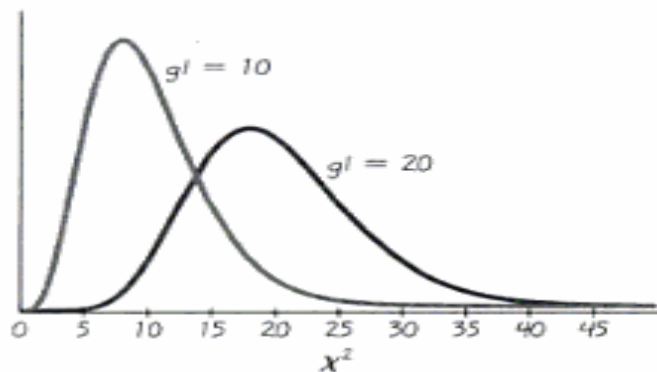


Figura 2.3. Distribución Chi Cuadrada para  $gl=10$  y  $gl=20$

2. Los valores de Chi Cuadrada pueden ser cero o positivos, pero no negativos.
3. La distribución Chi Cuadrada es diferente para cada número de grados de libertad; en esta sección el número de grados de libertad fue dado por  $gl = n-1$ . Conforme el

número de grados de libertad se incrementa, la distribución chi cuadrada se aproxima a la distribución normal (como se observa en la Figura 7).

La distribución Chi Cuadrada es una de las distribuciones más usadas en la estadística aplicada. Unas de sus utilizaciones son para estimar varianzas o desviaciones estándar o para realizar pruebas de independencia o de bondad de ajuste.

## 2.4 Prueba de Hipótesis.

La prueba de hipótesis suele comenzar con alguna teoría, afirmación, o aseveración sobre un parámetro específico de una población. Por ejemplo, suponiendo el proceso de llenado en una fábrica de cereal, la hipótesis inicial es que el proceso está funcionando adecuadamente, lo que significa que el promedio de llenado es de 368 gramos, y que no es necesario emprender acciones correctivas.

La hipótesis de que el parámetro poblacional es igual a la especificación de la empresa se le denomina hipótesis nula. Una hipótesis nula siempre es una de *status quo*<sup>3</sup>, y se denota mediante el símbolo  $H_0$ . Aquí, la hipótesis nula expresa que el proceso de llenado esta funcionando de manera adecuada y, por lo tanto, el llenado medio concuerda con la especificación de 368 gramos. Esto se establece como:

$$H_0: \mu = 368$$

A pesar de que sólo se cuenta con información de la muestra, la hipótesis nula se escribe en términos de la población. Se debe recordar que el interés está en la población de todas las cajas de cereal. El estadístico de muestra se utiliza para hacer inferencias sobre todo el proceso de llenado. Una inferencia podría ser que los resultados observados a partir de los datos de la muestra indican que la hipótesis es falsa. Si se considera que la hipótesis nula es falsa, entonces habrá otra afirmación que debe ser cierta.

Siempre que se especifica una hipótesis nula, también se determina una hipótesis alternativa que debe ser cierta si la hipótesis nula es falsa. La hipótesis alternativa  $H_1$  es opuesta a la hipótesis nula  $H_0$ . En el ejemplo del cereal, esto se determina como:

---

<sup>3</sup> *Status quo*, estado o situación de algo en cierto momento, Wordpress.

$$H_1: \mu \neq 368$$

La hipótesis alternativa representa la conclusión obtenida al rechazar la hipótesis nula. Cuando a partir de la información de la muestra existe suficiente evidencia de que es falsa, se rechaza la hipótesis nula. En el ejemplo del cereal, si los pesos de las cajas muestreadas están lo bastante arriba o debajo de la media de 368 gramos especificada por la empresa, se rechazará la hipótesis nula en favor de la hipótesis alternativa de que el llenado medio es distinto de 368 gramos. Se detiene la producción y emprende la acción necesaria para corregir el problema. Si no se rechaza la hipótesis nula, entonces debe continuar confiando en el status quo de que el proceso funciona correctamente y, por lo tanto, no es necesaria ninguna acción correctiva. En este segundo escenario, no se puede demostrar que el proceso está funcionando de forma correcta, más bien, no se ha podido demostrar que está funcionando de manera incorrecta y, por lo tanto, se continúa confiando en la hipótesis nula.

En la metodología de la prueba de hipótesis, la hipótesis nula se rechaza cuando la evidencia muestral sugiere que es más probable que ésta sea cierta que la hipótesis alternativa. Sin embargo, el no poder rechazar la hipótesis nula no comprueba que sea cierta. Nunca se podrá demostrar que la hipótesis nula es correcta, porque la decisión se basa sólo en información de la muestra, no en toda la población. Por lo tanto, si no rechaza la hipótesis nula, sólo puede concluir que no existe evidencia suficiente para garantizar su rechazo. Los siguientes puntos fundamentales resumen las hipótesis nula y alternativa:

- La hipótesis nula  $H_0$  representa al status quo o creencia actual en una situación.
- La hipótesis alternativa  $H_1$  es lo opuesto a la hipótesis nula y representa una afirmación de investigación o inferencia específica que quisiera demostrar.
- Si se rechaza la hipótesis nula, se tiene una prueba estadística de que la hipótesis alternativa es correcta.
- Si no se rechaza la hipótesis nula, entonces no se ha podido demostrar la hipótesis alternativa. Sin embargo el no poder demostrar la hipótesis alternativa no quiere decir que se haya demostrado la hipótesis nula.
- La hipótesis nula  $H_0$  siempre se refiere a un valor específico del parámetro poblacional (como  $\mu$ ), no a un estadístico de muestra (como  $\bar{x}$ )

- El enunciado que describe la hipótesis nula siempre contiene un signo de igual, mayor que o menor que, relacionado con el valor específico del parámetro poblacional.
- El enunciado que describe la hipótesis alternativa contiene el signo contrario al de la hipótesis nula.

## 2.5 Prueba de Bondad de Ajuste.

Esta prueba tiene una aplicación fundamental cuando se pretende determinar la bondad o calidad del ajuste de una distribución empírica por medio de una distribución teórica.

Tiene especial interés la prueba de normalidad, en que se trata de averiguar si la distribución empírica que resulta de cuantificar los datos de una muestra se aproxima a la distribución normal, condición que es requerida en numerosas situaciones.

En una prueba de bondad de ajuste interviene una única variable que presenta diversas categorías o niveles, de modo que, observada una muestra, se contabiliza el número de individuos que presentan cada una de dichas categorías y se compara con el número de individuos que presentarían esa misma categoría en una distribución hipotética.

Sin embargo, a pesar que la principal utilización de la prueba de bondad de ajuste es para comprobar la normalidad de una distribución, no significa que esta prueba sea únicamente para estos fines, si no que puede realizarse una prueba de ajuste para cualquier otra distribución de probabilidad, como lo especifica el autor Angel F. Arvelo L. EN SU LIBRO Capacidad de Procesos Industriales, “Esta prueba es de carácter completamente general, que se utiliza no solamente para verificar el ajuste a la normalidad, sino también para el ajuste a cualquier otra Distribución teórica de probabilidad”<sup>4</sup>

La prueba de bondad del ajuste considerada aquí se aplica a situaciones en las que se quiere determinar si un conjunto de datos se puede considerar como una muestra aleatoria de una población que tiene una distribución dada.

Suponga que queremos decidir, con base en los datos (frecuencias observadas) de la siguiente tabla, si los 1,341 errores que un cajista hace al componer una galera de tipos es una variable aleatoria que tiene una distribución de Poisson:

---

<sup>4</sup> Arvelo L., Angel Francisco, Capacidad de los Procesos Industriales, Métodos Estadísticos exigidos por las normas ISO9000, Página 26,Caracas,1998.

Tabla 2.1. Frecuencias observadas contra esperadas para una prueba de bondad de ajuste con distribución de Poisson.

| Número de errores | Frecuencia observada $f_i$ | Probabilidades de Poisson con $\lambda=3$ | Frecuencias esperadas $e_i$ |
|-------------------|----------------------------|---|-----------------------------|
| 0                 | 18                         | 0.0498                                    | 21.9                        |
| 1                 | 53                         | 0.1494                                    | 65.7                        |
| 2                 | 103                        | 0.2240                                    | 98.6                        |
| 3                 | 107                        | 0.2240                                    | 98.6                        |
| 4                 | 82                         | 0.1680                                    | 73.9                        |
| 5                 | 46                         | 0.1008                                    | 44.4                        |
| 6                 | 18                         | 0.0504                                    | 22.2                        |
| 7                 | 10                         | 0.0216                                    | 9.5                         |
| 8                 | 2                          | 0.0081                                    | 3.6                         |
| 9                 | 1                          | 0.0038                                    | 1.7                         |
| <b>TOTAL</b>      | <b>440</b>                 | <b>1</b>                                  | <b>440</b>                  |

Para determinar un conjunto correspondiente de frecuencias esperadas para una muestra aleatoria de una población de Poisson, primero se usa la media de la distribución observada para estimar el parámetro de Poisson  $\lambda$ , se obtiene

$$\hat{\lambda} = \frac{1341}{440} = 3.05.$$

Después, se copia las probabilidades de Poisson para  $\lambda = 3$  para cada X de la tabla de probabilidades puntuales de Poisson mostradas en el anexo A, y se multiplica cada uno por 440, la frecuencia total, y se obtiene las frecuencias esperadas mostradas en la columna del lado derecho de la tabla. Para probar la hipótesis nula que las frecuencias observadas constituyen una muestra aleatoria de una población de Poisson, se debe juzgar qué tan buen ajuste se tiene, o qué tan próxima es la correlación, entre los dos conjuntos de frecuencias.

Para ello, es necesario hacer una prueba de hipótesis junto con la ayuda de la distribución de Chi Cuadrada. En general, para probar la hipótesis nula  $H_0$  que un conjunto de datos

observados viene de una población que tiene una distribución especificada contra la alternativa de que la población tiene alguna otra distribución, se calcula:

$$X^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(f_i - e_i)^2}{e_i}$$

Ecuación 7. Estadístico  $X^2$  para el contraste de la bondad de ajuste.

Y se rechaza  $H_0$  en el nivel  $\alpha$  de significancia si

$$X^2 \geq X^2_{\alpha, n-t-1},$$

Ecuación 8. Hipótesis nula para una prueba de hipótesis en la prueba de bondad de ajuste.

donde

$n$  = Es el número de términos en la suma.

$t$  = Es el número de parámetros independientes estimados con base en los datos muestrales.

$\alpha$  = Valor alfa o nivel de significancia, región de rechazo.

En el ejemplo anterior,  $t=1$  puesto que solo se estima un parámetro con base en los datos ( $\lambda$ ), y el número de grados de libertad es entonces  $n-2$ .

Debe notarse que en el estadístico de Chi Cuadrada,  $gl = n-1$  de acuerdo a la ecuación 6, sin embargo en el caso de realizar una prueba de bondad, debemos restarle el número de parámetros estimados  $t$ , así

$$\text{Grados de libertad} = n-t-1$$

Ecuación 9. Grados de Libertad para el estadístico  $X^2$  en una prueba de bondad de ajuste.



### 2.5.1 Ejemplo de Prueba de Bondad de Ajuste para Poisson.

Para los datos de la tabla anterior, probar al nivel 0.05 de significancia si el número de errores que el cajista hace al componer una galera de tipos es una variable aleatoria que tiene una distribución de Poisson.

#### Solución

3.  $H_0$ : El número de errores es una variable aleatoria de Poisson.  
 $H_1$ : El número de errores no es una variable aleatoria de Poisson.  
 $\alpha=0.05$

4. Rechace la hipótesis nula si  $X^2 \geq 14.067$ , donde

$$X^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(f_i - e_i)^2}{e_i}$$

y 14.067 es el valor de  $X^2_{0.05,7}$  ( $\alpha=0.05$  y  $GL=9-1-1=7$ )

5. Al sustituir en la fórmula para  $X^2$ , obtenemos

$$X^2 = \frac{(18 - 21.9)^2}{21.9} + \frac{(53 - 65.7)^2}{65.7} + \dots + \frac{(3 - 5.3)^2}{5.3} = 6.83$$

6. Puesto que  $X^2=6.83$  es menos que 14.067 y se encuentra dentro de la región de aceptación, no se puede rechazar la hipótesis nula; ciertamente, la proximidad de la correlación entre las frecuencias observadas y esperadas sugiere que la distribución de Poisson proporciona un “buen ajuste”.

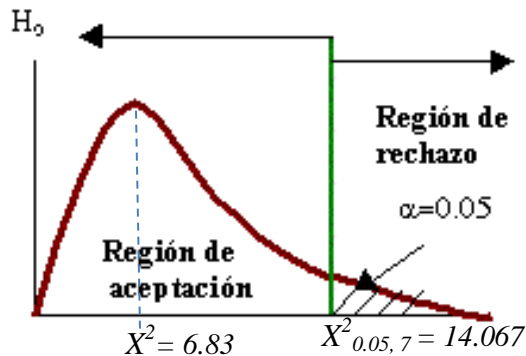


Figura 2.4. Prueba de Hipótesis dentro de la Prueba de Bondad de Ajuste.

## 2.6 Excel

### 2.6.1 Lenguaje VBA

Visual Basic para Aplicaciones (VBA) es el lenguaje de programación común a todas las aplicaciones del paquete Microsoft Office.

Trabajando en Excel, el lenguaje VBA permite:

- ✓ Automatizar acciones repetitivas: con VBA puede realizar en una única operación todo un grupo de comandos de Excel.
- ✓ Interactuar sobre los libros de Excel: el contenido y la presentación de todos los elementos contenidos en un libro (hojas, celdas, gráficos, etc.), se pueden modificar a través de código VBA.
- ✓ Crear formularios personalizados: los formularios son los cuadros de diálogo compuestos por controles ActiveX ( cuadros de texto, listas desplegables, etc.), a los que se les puede asociar código VBA. Los formularios permiten crear interfaces amigables para la entrada o salida de información.
- ✓ Personalizar la interfaz de Excel: la cinta de opciones de Office es totalmente personalizable y se pueden asociar macros creadas en lenguaje VBA a los comandos de la cinta o a la barra de herramientas de acceso rápido.
- ✓ Modificar las opciones de Excel: a cada opción de Excel le corresponde una propiedad de un objeto VBA. Por ejemplo, puede modificar el tipo de fuente por defecto a partir de las propiedades StandardFont (fuente) y StandardFonsize (tamaño de fuente) del objeto Application.
- ✓ Comunicar Excel con otras aplicaciones Microsoft Office: VBA permite intercambiar información entre las aplicaciones Office usando objetos específicos propios de cada uno. Por ejemplo, usted puede insertar una tabla o un gráfico Excel en un archivo de Word, crear Outlook con un archivo Excel adjunto, etc.

### 2.6.1.1 Escritura de código VBA.

Hay dos maneras de crear un procedimiento VBA:

1. Generar automáticamente el código a partir de la grabación de macros.
2. Escribir directamente el código del procedimiento en el Editor de Visual Basic (o entorno VBE).

La primera solución es más sencilla, pero mucho más limitada que la segunda. Los procedimientos generados automáticamente sólo permiten automatizar acciones repetitivas realizadas con Excel (formato de celdas, ordenar datos, etc.).

Si se desea efectuar operaciones específicas: algoritmos de cálculo, intercambio de mensajes y de información con el usuario, controlar la coherencia de datos en un libro o cualquier otra operación que haga uso de estructuras repetitivas o condicionales, se debe crear los procedimientos en el editor de VBA.

### 2.6.2 Las macros de Excel.

- a) Mostrar la ficha Programador en la cinta de opciones

Para escribir macros, ejecutar macros grabadas o crear aplicaciones Excel, se debe mostrar la ficha Programador de la siguiente manera:

1. Hacer clic en la ficha archivo y luego en Opciones.
2. Seleccionar la categoría Personalizar cinta.
3. Dentro de Personalizar la cinta de opciones, en la lista Fichas principales, marcar la opción Programador.
4. Hacer clic en el botón Aceptar: la ficha Programador se añadirá a la cinta de opciones de Excel, a la derecha de la ficha Vista.

- b) Descripción de la ficha Programador

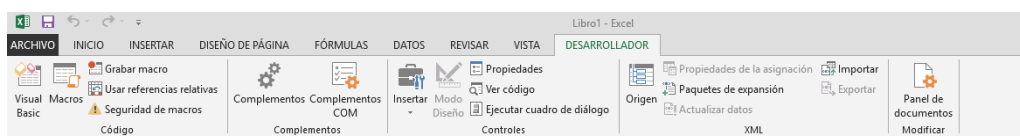


Figura 2.5. Barra de herramientas "Programador" en Excel.













| Nombre del Botón  | Descripción   |
|---|---|
| <br>Visual Basic                 | Abre el entorno de desarrollo. El método abreviado de teclado es Alt+F11.   |
| <br>Macros                       | Muestra la lista de macros. El método abreviado de tecla es Alt+F8.   |
| <br>Grabar macro                 | Comienza la grabación de una macro.   |
| <br>Usar referencias relativas   | Permite usar referencias relativas a la primera celda seleccionada.   |
| <br>Seguridad de macros          | Personaliza la configuración de seguridad de las macros.  |
| <br>Complementos                 | Permite seleccionar macros grabadas como complementos.  |
| <br>Complementos COM           | Permite seleccionar complementos COM (librerías de funciones complementarias).  |
| <br>Insertar                   | Permite insertar controles (formularios o ActiveX) en Excel.  |
| <br>Modo Diseño                | Activa o desactiva el modo Diseño. En el modo Diseño se pueden seleccionar y modificar los controles ActiveX, pero no se pueden ejecutar. |
| <br>Propiedades                | Muestra las propiedades del objeto Excel seleccionado (hoja o control).   |
| <br>Ver código                 | Permite acceder directamente al código asociado al control seleccionado.  |
| <br>Ejecutar cuadro de diálogo | Ejecutar un cuadro de diálogo personalizado.  |

Tabla 2.2. Descripción de Botones de la Barra de Programador en Excel.

### **2.6.2.1 Modificar el código de una macro**

Una macro es un procedimiento escrito en lenguaje VBA. Un procedimiento VBA es una secuencia de instrucciones agrupadas en un bloque de códigos que comienza con “Sub” y termina con “End Sub”.

Para acceder al código de una macro:

1. Hacer clic en el botón “Macros” de la ficha Programador o pulsar el método abreviado Alt+F8.
2. Seleccionar la macro que se desea modificar y hacer clic en el botón “Modificar”.
3. El código de la macro aparecerá en una ventana del entorno Microsoft Visual Basic.
4. Se puede modificar o completar el código dentro de este procedimiento.

### **2.6.2.2 Asignar una macro a botones de comando en la barra de herramientas de acceso rápido.**

Una macro se puede asociar a los siguientes elementos:

- Comandos personalizados en la cinta de opciones.
- Botones de comando en la barra de herramientas de acceso rápido.
- Controles u objetos insertados en las hojas de Excel (botones de comando, imágenes, etc.).

Sin embargo, solo se mencionará como asignar la macro a un botón de comando en la barra de herramientas de acceso rápido, para ello:

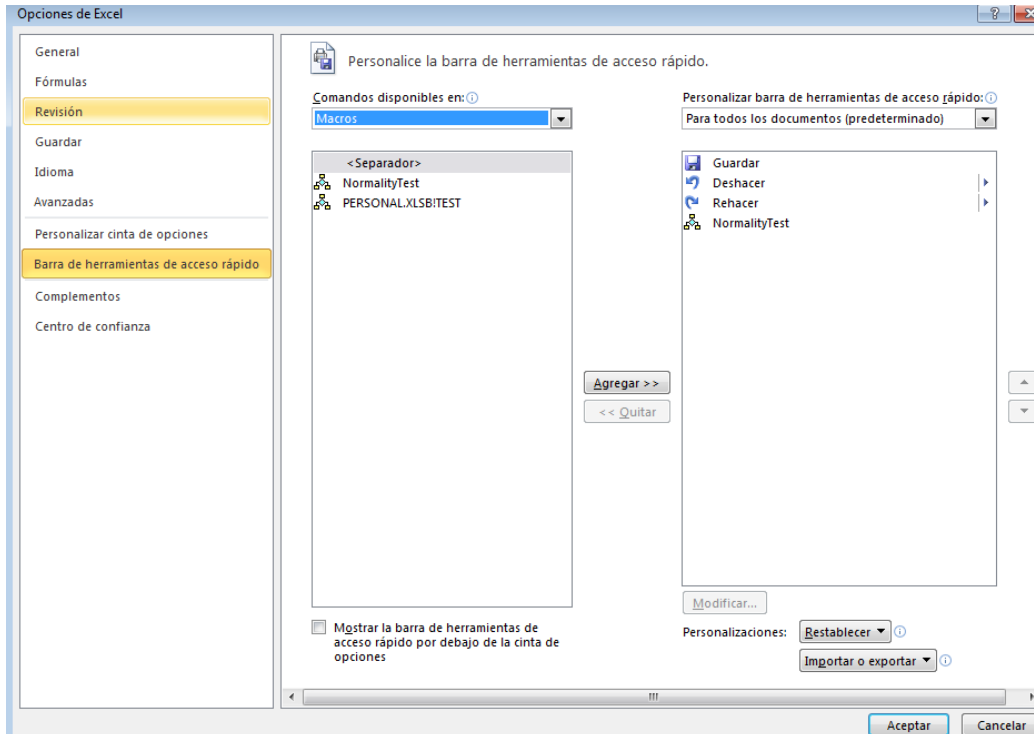


Figura 2.6. Ventana de personalización de la barra de herramientas de acceso rápido en Excel.

1. Hacer clic en el botón en el botón derecho del ratón sobre la barra de herramientas y seleccionar la opción “Personalizar la barra de herramientas de acceso rápido”
2. Dentro de la opción de “Comandos disponibles en” seleccionar la opción “Macros”
3. Agregar la macro que se desea incorporar a la barra de herramientas, y después aceptar.

### 2.6.3 Crear una Función propia en Excel a través de VBA.

Las funciones VBA fueron diseñadas para retornar un valor. A través de una función se puede agrupar un código que ayudará a hacer algún cálculo específico y obtener un resultado de regreso. Una función VBA también es conocida como “Función Definida por el Usuario”, UDF por sus siglas en inglés, y una vez creada puede ser utilizada de la misma manera que las funciones incluidas en Excel como la función SUMAR o la función BUSCARV. Esto hace que las funciones VBA sean una herramienta muy poderosa. Para ello se debe entrar al editor

de VBA y en el apartado “VBAProject (PERSONAL.XLSB)” se da clic derecho e inserta un nuevo módulo, en donde se deberá escribir todo el código de la fórmula.

A continuación se muestra una función que toma un rango y regresa la suma de cada una de sus celdas.

```
Function MiSuma(rango As Range) As Double
    Dim celda As Range
    Dim resultado As Double

    For Each celda In rango.Cells
        resultado = Application.WorksheetFunction.Sum(resultado, celda.Value)
    Next celda

    MiSuma = resultado
End Function
```

Figura 2.7. Función personal para tomar un rango y sumar cada celda.

La primera línea de código comienza con la palabra “Function” la cual define el inicio de la función. La última línea de código es “End Function” que está especificando el término de la función.

Inmediatamente después de la palabra clave Function se debe especificar el nombre de la función que en este ejemplo es “MiSuma” seguida de paréntesis que de manera opcional pueden contener una lista de parámetros.

Los parámetros son el medio por el cual se pasa información de entrada a la función. Algunas funciones necesitarán de dichas entradas para realizar algún cálculo y algunas otras no, es por ello que los parámetros de una función son opcionales. Se pueden incluir tantos parámetros como sean necesarios y solamente se deben separar por una coma. Un parámetro no es más que una variable y por lo tanto se puede observar que en el ejemplo se ha definido la variable “rango” que será del tipo “Range”.

Como se mencionó al principio, la característica principal de una función es que puede regresar un valor. Es por eso que al definir una función se debe indicar el tipo del valor de

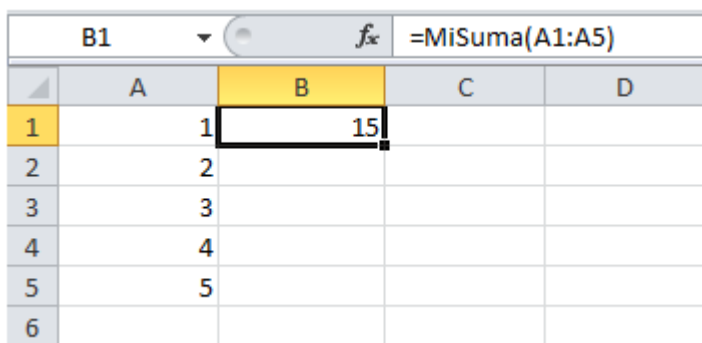
retorno que tendrá dicha función. En este caso el valor de retorno será de tipo “Double” y se está especificado por las palabras “As Double” que aparecen después de los paréntesis.

Una vez definida la función se pueden especificar todas las instrucciones que serán ejecutadas. En el ejemplo se ha comenzado por definir un par de variables, la variable “celda” que será del tipo Range y la variable “resultado” del tipo Double. En ésta última variable es donde se irá acumulando la suma de todas las celdas.

La parte central de la función se encuentra en la instrucción “For Each” ya que realiza un recorrido por todas las celdas del rango que fue especificado como parámetro. Para cada celda que se encuentra se va sumando su contenido en la variable “resultado”.

Una vez que se han hecho los cálculos necesarios, es importante regresar el valor. Para hacerlo es indispensable igualar el nombre de la función al valor o variable que contiene el valor que se desea regresar. En este ejemplo, la variable resultado es la que contiene la suma de todas las celdas por lo que se iguala con el nombre de la función en la línea MiSuma = resultado.

Finalmente se probará la función VBA recién creada dentro de una hoja de Excel. Tal como se definió en el código, el único parámetro de la función debe ser un rango del cual regresará la suma de los valores de la celda, en este caso, el rango es A1:A5.



|   | A | B  | C | D |
|---|---|----|---|---|
| 1 | 1 | 15 |   |   |
| 2 | 2 |    |   |   |
| 3 | 3 |    |   |   |
| 4 | 4 |    |   |   |
| 5 | 5 |    |   |   |
| 6 |   |    |   |   |

Figura 2.8. Ejemplo de función personalizada



**CAPÍTULO 3.**

**PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES  
REALIZADAS.**

### 3.1 Monitoreo y recolección de datos.

El primer paso para poder medir, analizar y optimizar el inventario de licencias de software, inicia con la recolección de datos referentes a su utilización diaria. Para ello, se hace uso del software Altair SAO (Software Asset Optimization), el cual permite administrar de manera fácil y eficiente la utilización de los activos de software de la organización.

El software de monitoreo permite tener una visión general del actual inventario de software y su comportamiento en cuanto a su utilización, además de proveer información detallada basada en la utilización real de las licencias de software.

La siguiente gráfica (obtenida de Altair SAO), muestra la máxima utilización diaria de la licencia "lo1" del software "Catia" desde el 3 de Junio de 2015 hasta el 02 de Octubre de 2015. La línea amarilla horizontal en la parte superior indica la cantidad actual de licencias disponibles.

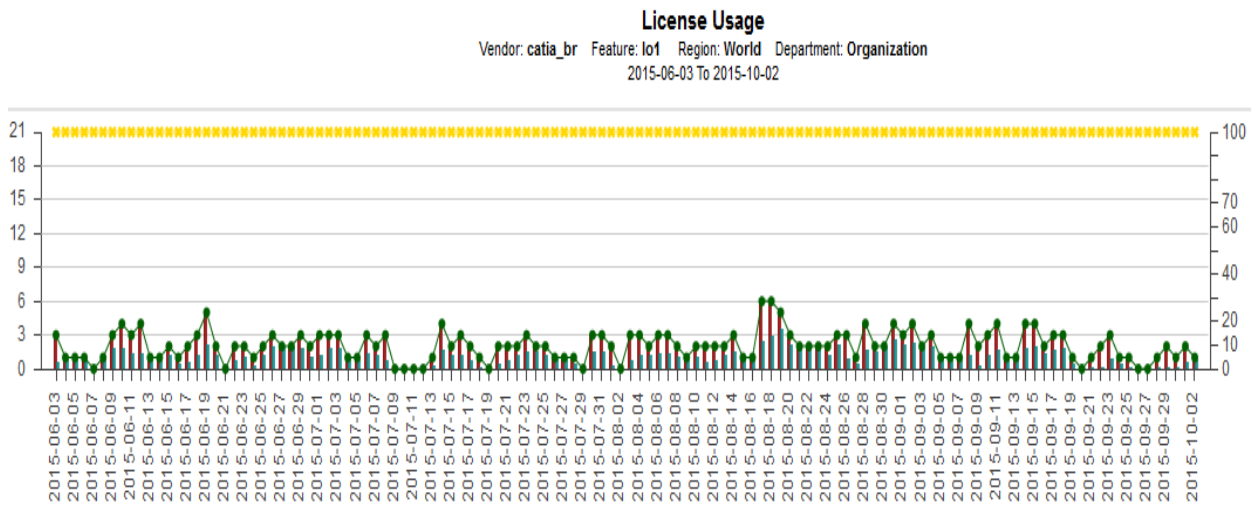


Figura 3.1. Utilización histórica de la licencia "lo1", obtenida de Altair SAO.

Es posible descargar un reporte desde Altair SAO en formato para Microsoft Excel; dicho reporte incluye columnas con información más detallada sobre el comportamiento que se observa en la figura 11.

| License Usage  |                     |           |                |                |      |     |         |               |                      |            |                  |                   |         |
|--|---------------------|-----------|----------------|----------------|------|-----|---------|---------------|----------------------|------------|------------------|-------------------|---------|
| Vendor: catia_br Feature: Io1 Region: World Department: Organization |                     |           |                |                |      |     |         |               |                      |            |                  |                   |         |
| 2015-06-01 To 2015-08-31   |                     |           |                |                |      |     |         |               |                      |            |                  |                   |         |
|  | Date                | Available | Saturation Pct | Distinct Users | Peak | Min | Average | Peak Borrowed | Session Length (Hrs) | Token Hour | Avail Token Hour | Capacity Util Pct | Denials |
| 3  | 2015-06-03 12:00 AM | 21        | 14.29          | 3              | 3    | 0   | 0.60    | 0             | 15.60                | 16.00      | 504.00           | 3.00              | 0       |
| 4  | 2015-06-04 12:00 AM | 21        | 4.76           | 1              | 1    | 1   | 1.00    | 0             | 24.00                | 24.00      | 504.00           | 5.00              | 0       |
| 5  | 2015-06-05 12:00 AM | 21        | 4.76           | 1              | 1    | 1   | 1.00    | 0             | 24.00                | 24.00      | 504.00           | 5.00              | 0       |
| 6  | 2015-06-06 12:00 AM | 21        | 4.76           | 1              | 1    | 1   | 1.00    | 0             | 23.80                | 24.00      | 504.00           | 5.00              | 0       |
| 7  | 2015-06-07 12:00 AM | 21        | 0.00           | 0              | 0    | 0   | 0.00    | 0             | 0.00                 | 0.00       | 504.00           | 0.00              | 0       |
| 8  | 2015-06-08 12:00 AM | 21        | 4.76           | 1              | 1    | 0   | 0.80    | 0             | 19.20                | 19.00      | 504.00           | 4.00              | 0       |
| 9  | 2015-06-09 12:00 AM | 21        | 14.29          | 3              | 3    | 1   | 1.90    | 0             | 45.50                | 46.00      | 504.00           | 9.00              | 0       |
| 10   | 2015-06-10 12:00 AM | 21        | 19.05          | 4              | 4    | 1   | 1.80    | 0             | 42.20                | 42.00      | 504.00           | 8.00              | 0       |
| 11   | 2015-06-11 12:00 AM | 21        | 14.29          | 3              | 3    | 1   | 1.40    | 0             | 33.90                | 34.00      | 504.00           | 7.00              | 0       |
| 12   | 2015-06-12 12:00 AM | 21        | 19.05          | 4              | 4    | 1   | 1.40    | 0             | 33.20                | 33.00      | 504.00           | 7.00              | 0       |
| 13   | 2015-06-13 12:00 AM | 21        | 4.76           | 1              | 1    | 1   | 1.00    | 0             | 24.00                | 24.00      | 504.00           | 5.00              | 0       |
| 14   | 2015-06-14 12:00 AM | 21        | 4.76           | 1              | 1    | 1   | 1.00    | 0             | 24.00                | 24.00      | 504.00           | 5.00              | 0       |
| 15   | 2015-06-15 12:00 AM | 21        | 9.52           | 2              | 2    | 1   | 1.30    | 0             | 31.50                | 32.00      | 504.00           | 6.00              | 0       |
| 16   | 2015-06-16 12:00 AM | 21        | 4.76           | 2              | 1    | 0   | 0.50    | 0             | 12.60                | 13.00      | 504.00           | 2.00              | 0       |
| 17   | 2015-06-17 12:00 AM | 21        | 9.52           | 2              | 2    | 0   | 0.60    | 0             | 13.40                | 13.00      | 504.00           | 3.00              | 0       |
| 18   | 2015-06-18 12:00 AM | 21        | 14.29          | 4              | 3    | 0   | 1.30    | 0             | 31.60                | 32.00      | 504.00           | 6.00              | 0       |
| 19   | 2015-06-19 12:00 AM | 21        | 23.81          | 6              | 5    | 1   | 2.10    | 0             | 50.90                | 51.00      | 504.00           | 10.00             | 0       |
| 20   | 2015-06-20 12:00 AM | 21        | 9.52           | 2              | 2    | 0   | 1.20    | 0             | 27.80                | 28.00      | 504.00           | 6.00              | 0       |
| 21   | 2015-06-21 12:00 AM | 21        | 0.00           | 0              | 0    | 0   | 0.00    | 0             | 0.00                 | 0.00       | 504.00           | 0.00              | 0       |
| 22   | 2015-06-22 12:00 AM | 21        | 9.52           | 2              | 2    | 0   | 0.80    | 0             | 20.30                | 20.00      | 504.00           | 4.00              | 0       |
| 23   | 2015-06-23 12:00 AM | 21        | 9.52           | 2              | 2    | 1   | 1.10    | 0             | 26.20                | 26.00      | 504.00           | 5.00              | 0       |
| 24   | 2015-06-24 12:00 AM | 21        | 4.76           | 1              | 1    | 0   | 0.30    | 0             | 6.70                 | 7.00       | 504.00           | 1.00              | 0       |
| 25   | 2015-06-25 12:00 AM | 21        | 9.52           | 2              | 2    | 0   | 1.30    | 0             | 32.30                | 32.00      | 504.00           | 6.00              | 0       |

Figura 3.2. Reporte de utilización de licencia, descargada desde Altair SAO.

En donde:

Tabla 3.1. Descripción de columnas del reporte de utilización de licencias

| Columna        | Descripción   |
|----------------|---|
| Date           | Indica la fecha en la fecha de monitoreo.   |
| Available      | Indica la cantidad actual de licencias existentes de este software en específico.                 |
| Saturation Pct | Indica el porcentaje de utilización, obtenido dividiendo Peak/Available.                          |
| Distinct Users | Indica los distintos usuarios que solicitaron una licencia.                                       |
| Peak           | Muestra la cantidad máxima de licencias que se solicitaron al mismo tiempo durante el día.        |
| Min            | Muestra la cantidad mínima de licencias que se solicitaron al mismo tiempo durante el día.        |
| Average        | Indica el promedio de licencias utilizadas durante el día.  |
| Denials        | Indica si existieron usuarios que no pudieron acceder a una licencia por falta de disponibilidad. |

### 3.2 Procedimiento para la construcción de la herramienta estadística.

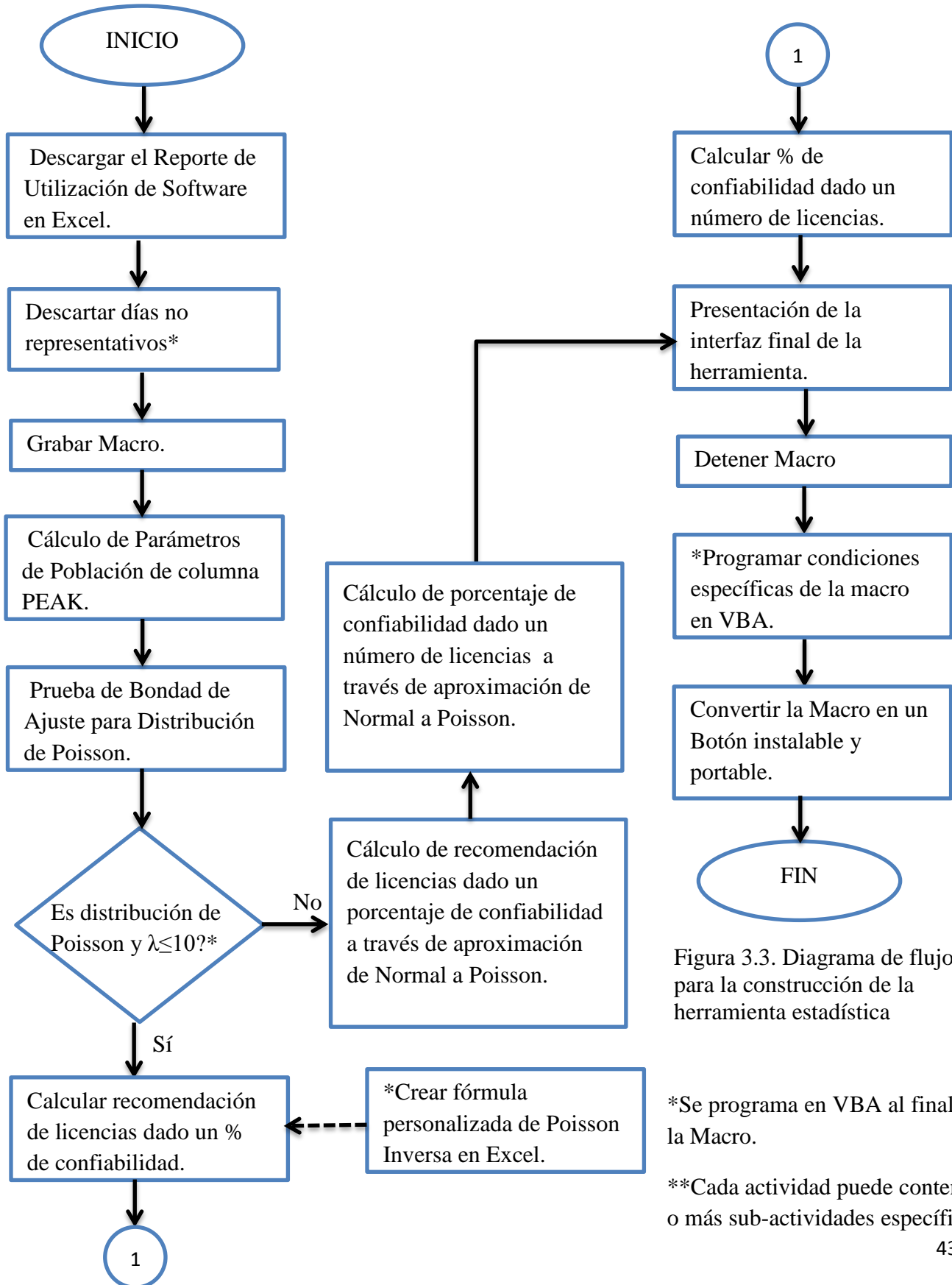


Figura 3.3. Diagrama de flujo para la construcción de la herramienta estadística

\*Se programa en VBA al finalizar la Macro.

\*\*Cada actividad puede contener 1 o más sub-actividades específicas.

### 3.2.1 Descarga del reporte de utilización en formato de Excel.

Se obtiene el reporte como se explicó en el apartado de Monitoreo y Recolección de datos utilizando como instrumento de recolección el software “Altair SAO”.

### 3.2.2 Grabar Macro.

A continuación, todas las instrucciones y operaciones que se realizarán, se grabarán en una Macro dándole clic en la opción de Excel “Grabar Macro” y posteriormente otorgándole nombre y descripción al mismo. Al finalizar, se deberá acceder a la opción “Detener Macro”.

Es importante mencionar que existirán algunas situaciones que es imposible definir las grabando una Macro, por lo que estas se realizarán posteriormente editando el código en VBA, por lo que en esta primera parte, se grabarán todas aquellas actividades que pueden hacerse con facilidad en Excel.

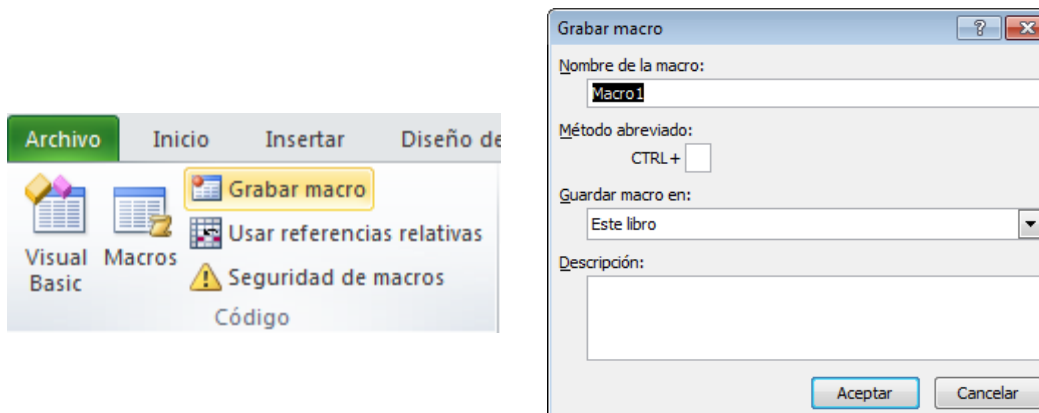


Figura 3.4. Asistente para grabación de Macros en Excel.

### 3.2.3 Cálculo de parámetros de población de la columna PEAK.

Se tomará como objeto de estudio la columna “Peak” debido a que se busca calcular el número de licencias con el que se pueda asegurar con cierto porcentaje de probabilidad que será lo máximo que en algún momento en el año (o periodo de tiempo en estudio) sea demandado. Usando los máximos para calcular dicho número podemos asegurar que la mayor parte del tiempo, el número de licencias recomendado cubrirá siempre la utilización real de la misma.

Días no representativos en la que no se utiliza el software regularmente (Fines de semana, días festivos, vacaciones) deben ser excluidos del análisis. Este comando será agregado posteriormente editando el código en VBA (Ver sección 3.2.11.1).

1. Se procede a colocarse en el título de “Peak” y presionar “ Ctrl + Shift + ↓ ” para seleccionar toda la columna hasta que se registre el último dato.

| License Usage  |           |                |                |      |     |         |               |                      |            |                  |            |  |
|--|-----------|----------------|----------------|------|-----|---------|---------------|----------------------|------------|------------------|------------|--|
| Vendor: catia_br Feature: lo1 Region: World Department: Organization |           |                |                |      |     |         |               |                      |            |                  |            |  |
| 2015-06-03 To 2015-10-02   |           |                |                |      |     |         |               |                      |            |                  |            |  |
| Date   | Available | Saturation Pct | Distinct Users | Peak | Min | Average | Peak Borrowed | Session Length (Hrs) | Token Hour | Avail Token Hour | Capacity U |  |
| 2015-06-03 12:00 AM  | 21        | 14.29          | 3              | 3    | 0   | 0.60    | 0             | 15.60                | 16.00      | 504.00           |            |  |
| 2015-06-04 12:00 AM  | 21        | 4.76           | 1              | 1    | 1   | 1.00    | 0             | 24.00                | 24.00      | 504.00           |            |  |
| 2015-06-05 12:00 AM  | 21        | 4.76           | 1              | 1    | 1   | 1.00    | 0             | 24.00                | 24.00      | 504.00           |            |  |
| 2015-06-08 12:00 AM  | 21        | 4.76           | 1              | 1    | 0   | 0.80    | 0             | 19.20                | 19.00      | 504.00           |            |  |
| 2015-06-09 12:00 AM  | 21        | 14.29          | 3              | 3    | 1   | 1.90    | 0             | 45.50                | 45.00      | 504.00           |            |  |
| 2015-06-10 12:00 AM  | 21        | 19.05          | 4              | 4    | 1   | 1.80    | 0             | 42.20                | 42.00      | 504.00           |            |  |
| 2015-06-11 12:00 AM  | 21        | 14.29          | 3              | 3    | 1   | 1.40    | 0             | 33.90                | 34.00      | 504.00           |            |  |
| 2015-06-12 12:00 AM  | 21        | 19.05          | 4              | 4    | 1   | 1.40    | 0             | 33.20                | 33.00      | 504.00           |            |  |
| 2015-06-15 12:00 AM  | 21        | 9.52           | 2              | 2    | 1   | 1.30    | 0             | 31.50                | 32.00      | 504.00           |            |  |
| 2015-06-16 12:00 AM  | 21        | 4.76           | 2              | 2    | 0   | 0.50    | 0             | 12.60                | 13.00      | 504.00           |            |  |
| 2015-06-17 12:00 AM  | 21        | 9.52           | 2              | 2    | 0   | 0.60    | 0             | 13.40                | 13.00      | 504.00           |            |  |
| 2015-06-18 12:00 AM  | 21        | 14.29          | 4              | 3    | 0   | 1.30    | 0             | 31.60                | 32.00      | 504.00           |            |  |
| 2015-06-19 12:00 AM  | 21        | 23.81          | 6              | 5    | 1   | 2.10    | 0             | 50.90                | 51.00      | 504.00           |            |  |
| 2015-06-22 12:00 AM  | 21        | 9.52           | 2              | 2    | 0   | 0.80    | 0             | 20.30                | 20.00      | 504.00           |            |  |
| 2015-06-23 12:00 AM  | 21        | 9.52           | 2              | 2    | 1   | 1.10    | 0             | 26.20                | 26.00      | 504.00           |            |  |
| 2015-06-24 12:00 AM  | 21        | 4.76           | 1              | 1    | 0   | 0.30    | 0             | 6.70                 | 7.00       | 504.00           |            |  |
| 2015-06-25 12:00 AM  | 21        | 9.52           | 2              | 2    | 0   | 1.30    | 0             | 32.30                | 32.00      | 504.00           |            |  |

Figura 3.5. Selección de la columna Peak.

2. Posteriormente se copia ( Ctrl + C ) y en una nueva pestaña, se coloca el cursor en la celda A1 y se pega ( Ctrl + V ).
3. Se calculan los parámetros necesarios:
  - Para calcular el Máximo, se utiliza la fórmula “=MAX(A:A)”
  - Para calcular el Mínimo, se utiliza la fórmula “=MIN(A:A)”
  - Para calcular la Media, se utiliza la fórmula “=PROMEDIO(A:A)”
  - Para calcular la Desviación estándar, se utiliza la fórmula “=DESVEST(A:A)”
  - Para calcular el Tamaño de Población, se utiliza la fórmula “=CONTAR(A:A)”

4. Se aplica un formato deseado a la tabla, quedando de la siguiente manera:

|    | A    | B | C    | D          |
|----|------|---|------|------------|
| 1  | Peak |   | MAX  | 6          |
| 2  | 3    |   | MIN  | 0          |
| 3  | 1    |   | MEAN | 2.46590909 |
| 4  | 1    |   | STDV | 1.21247219 |
| 5  | 1    |   | N    | 88         |
| 6  | 3    |   |      |            |
| 7  | 4    |   |      |            |
| 8  | 3    |   |      |            |
| 9  | 4    |   |      |            |
| 10 | 2    |   |      |            |
| 11 | 1    |   |      |            |
| 12 | 2    |   |      |            |

Figura 3.6. Cálculo de parámetros de población de la columna Peak.

### 3.2.4 Prueba de bondad de ajuste para Distribución de Poisson.

A continuación se efectuará una prueba de bondad de ajuste para determinar si la población se distribuye y puede ser analizada como distribución de Poisson. Se decidió analizar la población bajo esta distribución debido a que:

- Es una distribución discreta, ya que el resultado se expresa en enteros, ejemplo: 15 licencias, 28 licencias, etc.
- Los sucesos son independientes y de forma aleatoria, es decir, el resultado de un día anterior no influye en resultados de días posteriores, ejemplo: si ayer se utilizaron 20 licencias, no significa que hoy se utilizarán 20 también o que influya en esta situación.
- Refiere a la probabilidad de que suceda cierto evento en un cierto periodo de tiempo, en este caso, la probabilidad de que se alcance una utilización de un máximo de X licencias en el tiempo de estudio, 6 meses, un año, por ejemplo.

Para determinar si es conveniente analizar los datos como distribución de Poisson, es necesario realizar la prueba de bondad de ajuste, siguiendo los siguientes pasos:

## COLUMNA 1 “BIN”

1. Determinar las categorías o clases, iniciando por el número máximo y disminuyendo en uno hasta alcanzar el número mínimo, para que se desarrolle este paso de manera exitosa en todas las posibles pruebas, la primera celda, después del título de la columna, llevará la siguiente fórmula:  
“ =SI(\$D\$1=\$D\$2,"Doesn't Work",\$D\$1)” , la cual hace una prueba en la que compara el máximo y el mínimo, si estos son iguales, arroja el mensaje “No funciona”, ya que significaría que solo existe un valor posible que ocuparía el 100% de probabilidad; si son diferentes, se procederá a anotar el valor Máximo en la celda.
2. En la segunda celda, se disminuirá el número máximo en 1, utilizando la fórmula:  
“=F2-1”
3. A partir de la tercera fila en adelante, se utilizará la fórmula:  
=SI(O((F3=\$D\$2),(F3="")),,"",(SI(O((F3-1)=0,F3="")),,"",F3-1)))  
Hará la prueba que si la celda anterior es igual al número Mínimo, si la celda anterior está vacía o si la celda anterior disminuida en 1 es igual a cero, entonces dejar la celda en blanco, si no, proceder disminuyendo la celda anterior en 1.

## COLUMNA 2 “FREQUENCY”

4. En la siguiente columna se hará una prueba en la que se dictaminará si la celda está vacía, entonces dejarla vacía, si no realizar el conteo de la frecuencia para cada categoría. Se utilizará la fórmula: “ =SI(F2="",,"",CONTAR.SI(A:A,F2))”

## COLUMNA 3 “LOWER LIMIT”

5. En esta columna se calculará el límite inferior de la categoría o clase, por lo que se hará una prueba en que si la celda está vacía, continuará estando vacía, si no lo está, entonces disminuir a la categoría en 0.5, obteniendo la siguiente fórmula:  
“=SI(G2="",,"",F2-0.5)”



#### COLUMNA 4 “LOWER LIMIT AREA”

6. En esta columna se procederá a calcular el área o probabilidad ocupada por el límite inferior de cada categoría, de acuerdo a los parámetros obtenidos y utilizando la distribución de probabilidad de Poisson. Se hará la prueba para determinar si la celda está vacía o no, para poder proseguir con el cálculo de la distribución de Poisson. En esta fórmula, se necesita indicar a la media o lamda ( $\lambda$ ) y si la probabilidad es acumulada o puntual, para lo que se escribe “verdadero”, quedando la fórmula de la siguiente manera: “=SI(H2="", "", POISSON.DIST(H2,\$D\$3,VERDADERO))”

#### COLUMNA 5 “UPPER LIMIT”

7. En esta columna se calculará el límite superior de la categoría o clase, por lo que se hará una prueba en que si la celda está vacía, continuará estando vacía, si no lo está, entonces aumentar a la categoría en 0.5, obteniendo la siguiente fórmula: “=SI(I2="", "", F2+0.5)”

#### COLUMNA 6 “UPPER LIMIT AREA”

8. De manera análoga con la columna 4, se procederá a calcular el área o probabilidad ocupada por el límite superior de cada categoría de acuerdo a los parámetros obtenidos y utilizando la distribución de probabilidad de Poisson, quedando de la siguiente manera: “=SI(J2="", "", POISSON.DIST(J2,\$D\$3,VERDADERO))”

#### COLUMNA 7 “EXACT AREA”

9. En esta columna se calculará la diferencia de áreas o probabilidades entre el límite superior y el límite inferior de las categorías o clases para que, de esta manera, se obtenga la probabilidad puntual de cada categoría. Para ello, se volverá a determinar si la celda está vacía o no para proceder con el cálculo de la diferencia: “=SI(K2="", "", K2-I2)”

COLUMNA 8 “EXPECTED FRECUENCY”

10. En este paso, se obtendrá el valor de la frecuencia esperada, tras efectuar la multiplicación de la probabilidad o área puntual de cada categoría por el tamaño de la población. Al igual que las demás operaciones, se efectuará una prueba para determinar si la celda está vacía o no para proseguir, obteniendo la siguiente fórmula: “=SI(L2="", "", L2\*\$D\$5)”

COLUMNA 9 “(EXPECTED FRECUENCY – FRECUENCY)<sup>2</sup>/EXPECTED FRECUENCY”

11. En esta columna, se procederá a comparar la frecuencia esperada contra la frecuencia real, para posteriormente calcular el valor de X<sup>2</sup> necesaria para la prueba de bondad de ajuste, para se elevará al cuadrado la diferencia entre la frecuencia esperada y la frecuencia observada y posteriormente se dividirá entre la frecuencia esperada. Tras probar que la celda no está vacía se continúa con los cálculos. De esta manera se obtiene la siguiente formula : “=SI(M2="", "", (M2-G2)^2/M2)”

| F   | G         | H           | I          | J           | K          | L          | M                  | N   |
|-----|-----------|-------------|------------|-------------|------------|------------|--------------------|---|
| BIN | FREQUENCY | LOWER LIMIT | L.L. AREA  | UPPER LIMIT | U.L. AREA  | EXACT AREA | EXPECTED FREQUENCY | (EXP. FREQ. - FREQ.) <sup>2</sup> /EXP. FREQ. |
| 6   | 2         | 5.5         | 0.96021754 | 6.5         | 0.98673911 | 0.02652157 | 2.333897801        | 0.047768905                                   |
| 5   | 2         | 4.5         | 0.8956858  | 5.5         | 0.96021754 | 0.06453174 | 5.678792807        | 2.383167862                                   |
| 4   | 10        | 3.5         | 0.76483804 | 4.5         | 0.8956858  | 0.13084776 | 11.51460293        | 0.199227193                                   |
| 3   | 29        | 2.5         | 0.5525873  | 3.5         | 0.76483804 | 0.21225075 | 18.67806558        | 5.704141568                                   |
| 2   | 26        | 1.5         | 0.29436519 | 2.5         | 0.5525873  | 0.2582221  | 22.72354522        | 0.472424344                                   |
| 1   | 16        | 0.5         | 0.0849316  | 1.5         | 0.29436519 | 0.2094336  | 18.43015649        | 0.32043464                                    |
|     |           |             |            |             |            |            |                    |   |

Figura 3.7. Procedimiento para obtener Estadístico Chi Cuadrada en la Prueba de Bondad de Ajuste

TABLA PARA CÁLCULO DE LA PRUEBA DE BONDAD

12. Se crea una tabla con los títulos “X<sup>2</sup>”, “Degrees of Freedom” y “P. Value” para obtener la decisión si es una distribución de Poisson o no. En el apartado de “X<sup>2</sup>” se procede a sumar todos los valores obtenidos en la columna 9, obteniendo de esta manera el estadístico X<sup>2</sup> como se expresa en la ecuación 7. La fórmula utilizada es la siguiente: “=SUMA(N:N)”

13. En el apartado “Degrees of Freedom” se calcula los grados de libertad de acuerdo a la ecuación 9 “ $gl=n-t-1$ ”. Para obtener el número de “n” se necesita saber cuántas categorías existe y como el único parámetro que calculamos y usamos es 1 ( $\lambda$ ) entonces  $t=1$ , quedando la fórmula “=CONTAR(F:F)-2”
14. Se procede a realizar la prueba de hipótesis como lo dicta la ecuación 8, en donde se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ : “Los datos siguen una distribución de poisson” si “ $X^2 \geq X^2_{\alpha, n-t-1}$ ”; sin embargo, haciendo uso de las fórmulas existentes en Excel, se puede llegar al resultado de otra manera.
- Si se utiliza la fórmula: “=DISTR.CHI(\$Q\$1,\$Q\$2)”, ingresando los datos de  $X^2$  y Grados de libertad que se calcularon anteriormente, el resultado es un “P. Value” que es el valor  $\alpha$  con el que se requiere hacer la prueba. Como  $\alpha=0.05$ , entonces P. Value debe ser  $\geq 0.05$  para aceptar  $H_0$ : Los datos siguen una distribución de Poisson; y si es menor, la  $H_0$  es rechazada. Este procedimiento es el utilizado en la programación de la macro. En este paso, solo se limitará a calcular P.Value, la condición de cómo proseguir si es aceptada o rechazada la hipótesis debe programarse posteriormente en VBA (Ver sección 3.2.11.2).

| P                         | Q                  | R                           |
|---------------------------|--------------------|-----------------------------|
| <b>X^2</b>                | 9.127164513        |                             |
| <b>DEGREES OF FREEDOM</b> | 4                  |                             |
| <b>P.VALUE</b>            | <b>0.057998388</b> | <b>POISSON DISTRIBUTION</b> |

Figura 3.8. Prueba de Hipótesis para determinar si es Distribución de Poisson o no.

### 3.2.5 Cálculo de recomendación de licencias dado un porcentaje de confiabilidad.

Si el resultado de la prueba de hipótesis es que sí es una distribución de Poisson (Dicha prueba se programará después en VBA) y además  $\lambda \leq 10$ , entonces se procede a hacer lo siguiente.

1. Se construirá una tabla llamada “Licenses Optimization” en la cual se determinará una celda dedicada para colocar un porcentaje, el cual representaría nuestra probabilidad acumulada de que un máximo de licencias se alcance en el periodo de tiempo estudiado. Por defecto, se utilizará un porcentaje de 99%, sin embargo cabe resaltar que dicho porcentaje puede ser modificado por el usuario de acuerdo a sus necesidades.
2. Dentro de la tabla, se pondrá al lado una celda dedicada para arrojar el número de licencias recomendadas, esto significa que existe un 99% de probabilidad de que 7 licencias (en este caso) son el máximo de licencias que se utilizarían al mismo tiempo en el siguiente periodo de tiempo. Dejando así solo un 1% de probabilidad de que se requieran más de 7 licencias. Para obtener este resultado necesitamos usar una fórmula de Poisson Inversa, el cual dado un porcentaje arroje un número; sin embargo, Excel no cuenta con esta fórmula, por lo que es necesario crear una fórmula propia que realice la operación que se busca, de acuerdo al apartado 3.2.11.4. Después de tener lista la fórmula personal, la fórmula quedaría: “=PERSONAL.XLSB!PoissonInv(\$P\$13,\$D\$3)”, donde “\$P\$13” refiere el porcentaje que se necesita y “\$D\$3” refiere a lambda ( $\lambda$ ).

| LICENSES OPTIMIZATION                  |                                |
|--|--------------------------------|
| *Please enter the % of Accuracy needed |                                |
| % of Accuracy Needed                   | Number of Licenses Recommended |
| Enter-> 99%                            | 7                              |

Figura 3.9. Número de licencias recomendadas dado un porcentaje.

### 3.2.6 Cálculo de porcentaje de confiabilidad dado un número de licencias.

De manera inversa al punto 3.2.5, en esta parte se busca conocer el porcentaje de confiabilidad con respecto a un número dado de licencias, permitiendo así la posibilidad de efectuar un “¿Qué pasaría si fueran más o menos licencias?” y obtener un porcentaje de confiabilidad de acuerdo a las necesidades. Para ello, son necesarios los siguientes pasos:

1. Dentro de la misma tabla de “Licenses Optimization”, se incluirá un apartado en donde se deba introducir el número de licencias que se desea probar.
2. Del otro lado de la celda, se dedicará un espacio para colocar el porcentaje de confiabilidad obtenido de acuerdo al número de licencias deseado. La ecuación 2 muestra la probabilidad puntual dado un número deseado, para obtener la probabilidad acumulada, deberá sumarse la probabilidad de todos los números anteriores al 7, esto es  $p(0) + p(1) + p(2) + \dots + p(7)$ . Microsoft Excel posee una fórmula que permite obtener la probabilidad acumulada a través de una misma fórmula, quedando de la siguiente manera: “=POISSON.DIST(\$P\$18,\$D\$3,VERDADERO)”, donde “\$P\$18” refiere al número de licencias deseadas (x); “\$D\$3” refiere a lamda ( $\lambda$ ) y la sentencia “Verdadero” significa que se calculará la probabilidad acumulada.

La tabla completa de Optimización de Licencias quedaría de la siguiente manera:

| LICENSES OPTIMIZATION                   |                           |                                |
|---|---------------------------|--------------------------------|
| *Please enter the % of Accuracy needed  |                           |                                |
|   | % of Accuracy Needed      | Number of Licenses Recommended |
| Enter->                                 | 99%                       | 7                              |
| Or, enter the number of licenses wanted |                           |                                |
|   | Number of Licenses wanted | % of Accuracy obtained         |
| Enter->                                 | 9                         | 99.98%                         |

Figura 3.10. Tabla de resultados de Optimización de Licencias.

Las celdas en verde podrán modificarse, permitiendo de esta manera conocer la recomendación de licencias con menos o más porcentaje de confiabilidad, o bien, conocer el porcentaje de confiabilidad si se disminuye o aumenta el número de licencias que la recomendación dicta originalmente.

A partir de este punto, el procedimiento continua con el arreglo de la interfaz final de la herramienta, como se observa en el apartado 3.2.9.

### **3.2.7 Cálculo de recomendación de licencias dado un porcentaje de confiabilidad a través de aproximación de Distribución Normal a Poisson.**

Si el resultado de la prueba de hipótesis es que no es una distribución de Poisson (Dicha prueba se programará después en VBA) y/o  $\lambda \geq 10$  entonces se procede a utilizar una aproximación de la Distribución Normal a Poisson.

1. El procedimiento es similar al del apartado 3.2.5, con la diferencia que en lugar de utilizar la fórmula personal para calcular Poisson Inversa, se utiliza la distribución normal inversa, es decir, dado un porcentaje arrojará un número de licencias, quedando la fórmula de la siguiente manera: “=DISTR.NORM.INV(\$P\$13;\$D\$3;(\$D\$3)^(1/2))”, en donde “\$P\$13” refiere al porcentaje que se quiere analizar; “\$D\$3” refiere a la media de la población, haciendo la función de  $\lambda$ ; y “(\$D\$3)^(1/2)” refiere a la desviación estándar, el cual, como se explica en el apartado 2.2, la desviación estándar es igual a  $\sqrt{\lambda}$ .
2. Debido a que la distribución normal es una distribución de probabilidad continua, el resultado obtenido en el paso anterior está dado en enteros y decimales. Por esta situación y de acuerdo al apartado 2.2.1, es necesario un ajuste por continuidad. Por facilidad y términos prácticos se decidió realizar dicho ajuste redondeando los resultados siempre hacia arriba. Para ello se agrega una celda extra en el que indicará el número de licencias recomendadas expresadas en enteros, usando la fórmula “=REDONDEAR.MAS(\$Q\$13;0)”

|    | O       | P                                      | Q                                     | R                               |
|----|---------|--|---------------------------------------|---------------------------------|
| 9  |         | <b>LICENSES OPTIMIZATION</b>           |                                       |                                 |
| 10 |         |  |                                       |                                 |
| 11 |         | *Please enter the % of Accuracy needed |                                       |                                 |
| 12 |         | <b>% of Accuracy Needed</b>            | <b>Number of Licenses Recommended</b> | <b># of Licenses Rounded up</b> |
| 13 | Enter-> | 99%                                    | 6,119022787                           | 7                               |
| 14 |         |  |                                       |                                 |

Figura 3.11. Número de licencias recomendadas dado un porcentaje a través de Aproximación Normal a Poisson

### 3.2.8 Cálculo de porcentaje de confiabilidad dado un número de licencias a través de Distribución Normal a Poisson.

En este apartado, el proceso es similar al apartado 3.2.6, con la diferencia que en vez de utilizar una fórmula de distribución de Poisson, se hará uso de una fórmula de distribución Normal para calcular el porcentaje de confianza dado un determinado número de licencias. La fórmula que reemplazaría la distribución de Poisson quedaría de la siguiente manera: “=DISTR.NORM(\$P\$18;\$D\$3;(\$D\$3)^(1/2);VERDADERO)”, en donde “\$P\$18” hace referencia al número de licencias o (x) que se desea calcular el porcentaje de confianza, “\$D\$3” hace referencia a la media poblacional, “(\$D\$3)^(1/2)” hace referencia a la desviación estándar y la leyenda “Verdadero” refiere a que se busca la probabilidad acumulada, y no la puntual. La tabla de Optimización de Licencias, haciendo uso de una aproximación de Normal a Poisson quedaría de la siguiente manera:

|    | O       | P                                       | Q                                     | R                               |
|----|---------|---|---------------------------------------|---------------------------------|
| 9  |         | <b>LICENSES OPTIMIZATION</b>            |                                       |                                 |
| 10 |         |   |                                       |                                 |
| 11 |         | *Please enter the % of Accuracy needed  |                                       |                                 |
| 12 |         | <b>% of Accuracy Needed</b>             | <b>Number of Licenses Recommended</b> | <b># of Licenses Rounded up</b> |
| 13 | Enter-> | 99%                                     | 6,119022787                           | 7                               |
| 14 |         |   |                                       |                                 |
| 15 |         |   |                                       |                                 |
| 16 |         | Or, enter the number of licenses wanted |                                       |                                 |
| 17 |         | <b>Number of Licenses wanted</b>        | <b>% of Accuracy obtained</b>         |                                 |
| 18 | Enter-> | 6,119022787                             | 99,00%                                |                                 |
| 19 |         |   |                                       |                                 |
| 20 |         |   |                                       |                                 |

Figura 3.12. Tabla de resultados de Optimización de Licencias a través de Aproximación Normal a Poisson.

A partir de este punto, el procedimiento continúa con el arreglo de la interfaz final de la herramienta, como se observa en el apartado 3.2.9.

### 3.2.9 Presentación de la interfaz final de la herramienta.

En este punto, se ha llegado al objetivo del proyecto, el cual es “Proponer la cantidad óptima de inventario de licencias de software a través de la distribución de Poisson y aproximación de distribución normal a Poisson en relación al nivel de servicio, menor costo y disponibilidad deseada en las compañías que integran Región Américas, coordinadas en Volkswagen de México S.A. de C.V., Cuautlancingo, Puebla, México”. Sin embargo, el procedimiento para llegar al resultado puede resultar complicado para comprender o bien, irrelevante para un usuario, por lo que en este punto se busca arreglar de manera estética la presentación de la herramienta.

Por facilidad, se procederá a ocultar las filas y columnas que no son de interés para conocer el resultado final, dejando visible solamente la tabla de Optimización de Licencias. Para ello se deben seguir estos pasos:

1. Formato->Ocultar y mostrar->Ocultar Filas.
2. Formato->Ocultar y mostrar->Ocultar Columnas.

| Peak | MAX | MIN | MEAN     | STDEV    | N  | DBN | FRECUEN | LOWER LIMIT | UPPER LIMIT | ARE | UPPER LIMIT | ARE      | EXACT      | EXPECTED FREQ | EXP. FREQ. | FREQ. F2 | EXP. FREQ.  | CHI-SQ | DEGREES OF FREEDOM | P-VALUE | POISSON DISTRIBUTION |
|------|-----|-----|----------|----------|----|-----|---------|-------------|-------------|-----|-------------|----------|------------|---------------|------------|----------|-------------|--------|--------------------|---------|----------------------|
| 1    | 6   | 0   | 2.465903 | 1.212472 | 88 | 6   | 2       | 5.5         | 0.902016    | 0.5 | 0.267129    | 0.020522 | 2.33207001 | 0.04776392    | 0.12764513 | 4        | 0.057998168 | 4      |                    |         |                      |



|    | O       | P                                       | Q | R                                     |
|----|---------|---|---|---------------------------------------|
| 9  |         | <b>LICENSES OPTIMIZATION</b>            |   |                                       |
| 10 |         | *Please enter the % of Accuracy needed  |   |                                       |
| 11 |         | <b>% of Accuracy Needed</b>             |   | <b>Number of Licenses Recommended</b> |
| 12 | Enter-> | 99%                                     |   | 7                                     |
| 13 |         | Or, enter the number of licenses wanted |   |                                       |
| 14 |         | <b>Number of Licenses wanted</b>        |   | <b>% of Accuracy obtained</b>         |
| 15 | Enter-> | 7                                       |   | 99.61%                                |

Figura 3.13. Interfaz final de la herramienta de optimización de licencias.



### 3.2.10 Detener grabación de Macro.

Todas las actividades que pueden programarse a través del grabador de macros se han completado, por lo que es momento de detener la grabación de la macro, haciendo clic en “Detener grabación”.

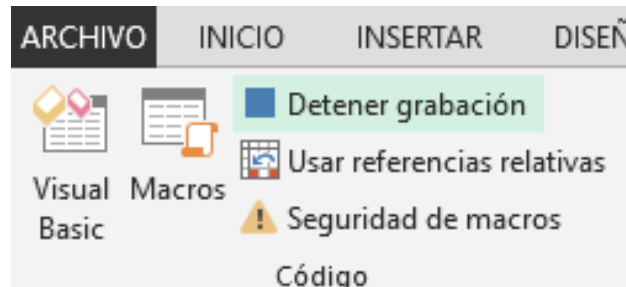


Figura 3.14. Detener grabación de Macro.

### 3.2.11 Programar condiciones específicas de la macro en VBA.

Las condiciones específicas que no son posibles determinar a través del grabador de Macros deben programarse a través de VBA.

#### 3.2.11.1 Descartar días no representativos.

Como se explica en el apartado 3.2.3, es necesario eliminar los días no representativos del análisis, para asegurar la confiabilidad del estudio. Días no representativos como fines de semana, días no laborales, vacaciones, paros programados, entre otros, deberá eliminarse.

Debido a que los días no laborales, vacaciones y paros programados varían dependiendo el país y de circunstancias específicas, estos datos se deberán descartar manualmente por un experto que conozca del proceso. De este modo, los únicos días no representativos que con certeza deben retirarse del análisis son los fines de semana.

Para descartarlos, se hace uso de la fórmula de Excel “=DIASEM(A3,2)”, el cual toma la fecha que se encuentra en la primera columna del reporte descargado de Altair SAO y devuelve los días de la semana en forma de número, siendo Lunes representado por el número 1, Martes por el número 2, Miércoles por el número 3, y de la misma manera hasta completar los días de la semana.

|    | A                   | B         | C              | D              | E         |
|----|---------------------|-----------|----------------|----------------|-----------|
| 1  |                     |           |                |                | Vendor: c |
| 2  | Date                | Available | Saturation Pct | Distinct Users | Peak      |
| 3  | 2015-06-03 12:00 AM | 21        | 14.29          | 3              | 3         |
| 4  | 2015-06-04 12:00 AM | 21        | 4.76           | 1              | 1         |
| 5  | 2015-06-05 12:00 AM | 21        | 4.76           | 1              | 1         |
| 6  | 2015-06-08 12:00 AM | 21        | 4.76           | 1              | 1         |
| 7  | 2015-06-09 12:00 AM | 21        | 14.29          | 3              | 3         |
| 8  | 2015-06-10 12:00 AM | 21        | 19.05          | 4              | 4         |
| 9  | 2015-06-11 12:00 AM | 21        | 14.29          | 3              | 3         |
| 10 | 2015-06-12 12:00 AM | 21        | 19.05          | 4              | 4         |
| 11 | 2015-06-15 12:00 AM | 21        | 9.52           | 2              | 2         |
| 12 | 2015-06-16 12:00 AM | 21        | 4.76           | 2              | 1         |
| 13 | 2015-06-17 12:00 AM | 21        | 9.52           | 2              | 2         |
| 14 | 2015-06-18 12:00 AM | 21        | 14.29          | 4              | 3         |
| 15 | 2015-06-19 12:00 AM | 21        | 23.81          | 6              | 5         |
| 16 | 2015-06-22 12:00 AM | 21        | 9.52           | 2              | 2         |
| 17 | 2015-06-23 12:00 AM | 21        | 9.52           | 2              | 2         |
| 18 | 2015-06-24 12:00 AM | 21        | 4.76           | 1              | 1         |
| 19 | 2015-06-25 12:00 AM | 21        | 9.52           | 2              | 2         |

Figura 3.15. Columna con fechas del reporte de Altair SAO.

A continuación se programa la condición que si el número de la semana es  $> 5$ , es decir, si es Sábado o Domingo, entonces eliminar toda la fila. Posteriormente, seguirá haciendo la prueba con la celda de abajo, y así hasta que encuentre una celda vacía.

La programación en VBA quedaría de la siguiente manera.

```
' quita_lineas Macro
Dim dia As Integer
'Hacemos un bucle Do While el cual se ejecutará hasta que haya una celda vacía
'
    Range("A3").Select
Do While ActiveCell.Value <> ""
    dia = 0
    dia = (Weekday(ActiveCell, 2))
    If dia > 5 Then
        ActiveCell.EntireRow.Delete
        ActiveCell.Offset(-1, 0).Select
    Else
        End If
    'Recorre una fila hacia abajo
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
```

Figura 3.16. Código programado en VBA para eliminar fines de semana del análisis.

### 3.2.11.2 Prueba de Hipótesis para determinar comportamiento de Distribución de Poisson.

En esta sección, solo se necesita programar la toma de decisión sobre qué hacer si resulta que la  $H_0$ : “Es una distribución de Poisson” se acepta o se rechaza. Para efectuar esta programación, se deben declarar las variables que se necesita probar. Se declara con el nombre “a” al número obtenido en la celda de “P.Value”, lo que nos muestra la región de aceptación o rechazo dependiendo si excede o no  $\alpha=0.05$ . Se declara de igual manera con el nombre “l” a lambda ( $\lambda$ ), que es la media de los datos.

Una vez que ya se encuentran declaradas las variables, se procede a hacer la condición “If...Then”, en donde se especifica que si se cumple la condición que  $a \geq 0.05$  y  $l \leq 10$ , entonces deberá proceder a analizarse como Distribución de Poisson (Then). Si alguna de estas condiciones es incorrecta, entonces procederá a analizarse como Aproximación de Distribución Normal a Poisson (Else). Al finalizar esta prueba, se debe cerrar el comando “If” con “End If”.

La programación quedaría de la siguiente manera:

```
Set a = Cells(3, 17)
Set l = Cells(3, 4)
If a >= 0.05 And l <= 10 Then
    .
    . (Código para analizarse como
    . Distribución de Poisson.)
Else
    .
    . (Código para analizarse como aproximación de
    . Distribución Normal a Poisson.)
    .
End If
```

Figura 3.17. Código programado en VBA para realizar Prueba de Hipótesis.

La programación del código completo puede consultarse en la sección de Anexos.

### 3.2.11.3 Toma de decisión sobre considerar recomendación o continuar con el inventario actual de licencias.

Este apartado refiere a programar una prueba que determina si es necesario aceptar o ignorar la recomendación sobre el número de licencias obtenido tras el análisis.

El fundamento de esta situación es que existen ciertas licencias en las que tienen un tope de licencias disponibles muy similar a su utilización, por mencionar un ejemplo, imagine un software que tiene disponibles 3 licencias, su utilización puede variar entre 0 y 3 licencias. En un supuesto se registran una utilización máxima de entre 2 y 3 veces cada día,  $\lambda$  tomaría un valor muy cercano a las licencias disponibles actualmente (en este caso 3), lo que a la hora de solicitar la una probabilidad de confianza alta como 99%, el software podrá sugerir más de las 3 licencias actuales, por ejemplo en este caso podría recomendar 5 licencias.

Esta recomendación de aumentar el número actual de licencias solo sería válido si se han registrado negaciones (denials) de licencias debido a que ya no hay más disponibles, y por ende, un usuario no puede acceder a usar el software. Solo en este caso, si es necesario aumentar el inventario de licencias de este software. Si no se han registrado negaciones, significa entonces que existen 3 licencias del software porque solo 3 personas diferentes lo utilizan, por lo que aumentar el número de licencias sería innecesario.

|    | I                    | J          | K                | L                 | M       |
|----|----------------------|------------|------------------|-------------------|---------|
| 1  | ganization           |            |                  |                   |         |
| 2  | Session Length (Hrs) | Token Hour | Avail Token Hour | Capacity Util Pct | Denials |
| 3  | 15.60                | 16.00      | 504.00           | 3.00              | 0       |
| 4  | 24.00                | 24.00      | 504.00           | 5.00              | 0       |
| 5  | 24.00                | 24.00      | 504.00           | 5.00              | 0       |
| 6  | 19.20                | 19.00      | 504.00           | 4.00              | 0       |
| 7  | 45.50                | 46.00      | 504.00           | 9.00              | 0       |
| 8  | 42.20                | 42.00      | 504.00           | 8.00              | 0       |
| 9  | 33.90                | 34.00      | 504.00           | 7.00              | 0       |
| 10 | 33.20                | 33.00      | 504.00           | 7.00              | 0       |
| 11 | 31.50                | 32.00      | 504.00           | 6.00              | 0       |
| 12 | 12.60                | 13.00      | 504.00           | 2.00              | 0       |
| 13 | 13.40                | 13.00      | 504.00           | 3.00              | 0       |
| 14 | 31.60                | 32.00      | 504.00           | 6.00              | 0       |
| 15 | 50.90                | 51.00      | 504.00           | 10.00             | 0       |
| 16 | 20.30                | 20.00      | 504.00           | 4.00              | 0       |
| 17 | 26.20                | 26.00      | 504.00           | 5.00              | 0       |
| 18 | 6.70                 | 7.00       | 504.00           | 1.00              | 0       |
| 19 | 32.30                | 32.00      | 504.00           | 6.00              | 0       |

Figura 3.18. Columna de Negaciones (Denials) en el reporte de Altair SAO.

Por esta razón, es necesario realizar una prueba que determine cuando la recomendación de la herramienta es mayor al actual número de licencias disponibles, verifique si existen negaciones para proceder a considerar el resultado de la herramienta, o ignorarlo y seguir con el actual inventario de licencias.

1. Para ello, primeramente se debe grabar en una celda de la macro la fórmula “=SUMA(SAO!M3:M49)”, la cual hace una suma de la columna que contiene las negaciones en el reporte de Altair SAO.
2. De igual manera, en otra celda se utiliza el comando “Ctrl + ↓” sobre la columna de licencias disponibles (Available), para determinar el número actual de licencias.
3. Después de ello, se procede a definir las variables. Con el nombre “c” se refiere a la suma de la columna de negaciones del reporte de Altair SAO. La variable “d” refiere al número actual de licencias disponibles. La variable “e” refiere a la recomendación dada por la herramienta con un 99% de confianza como está definido por defecto.
4. Una vez definidas las variables, se procede a programar la condición, en donde si la recomendación que da la herramienta es mayor al número actual de licencias pero no existe alguna negación, significa que no es necesario aumentar el número de licencias, y aparecerá una leyenda diciendo que se recomienda mantener el actual número de licencias. Por otro lado, si la recomendación es mayor al número actual de licencias y si existen negaciones, entonces si se necesita aumentar el inventario de licencias, por lo que no se modifica nada y se sigue aceptando la recomendación ya dada.

La programación quedaría de la siguiente manera:

```
Set c = Cells(1, 19)
Set d = Cells(2, 19)
Set e = Cells(13, 17)

If e > d And c = 0 Then
    .
    (Código para hacer aparecer la
    leyenda especificando la situación.)
    .
Else
End If
```

Figura 3.19. Código modificado en VBA para establecer si se acepta o no la recomendación de licencias.

El código completo puede consultarse en el Anexo E.

### 3.2.11.4 Construcción de Fórmula personalizada de Poisson Inversa.

Como se mencionó anteriormente debido a que Excel no incluye dentro de sus fórmulas existentes la de “Poisson Inversa”, es necesario elaborar una fórmula personalizada para poder utilizarla. En el apartado 2.6.3 se explica la parte teórica y un ejemplo para realizar este procedimiento. A continuación se explicará cómo construir la fórmula que se necesita.

1. Primero, se abre el editor de VBA y en la sección del lado izquierdo, se da clic derecho en “VBAProject (PERSONAL.XLSB)”->Insertar->Módulo.

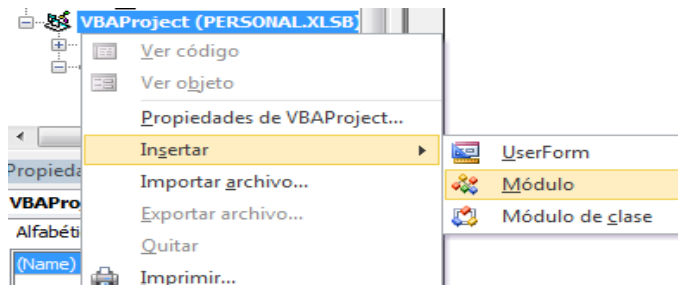


Figura 3.20. Insertar nuevo módulo personal en VBA.

2. Se abrirá una página en donde se deberá escribir la programación de la fórmula.

```
Function PoissonInv(dP As Double, dMu As Double) As Variant

    Dim iX As Long
    Dim dCDF As Double
    Dim dExpMu As Double
    Dim dTerm As Double

    Dim dX As Double
    Dim dSigma As Double
    Dim dMuThreshold As Double

    dMuThreshold = 10

    If (dP < 0 Or dP >= 1) Or dMu < 0 Then
        PoissonInv = CVErr(xlErrValue)
    ElseIf dMu > dMuThreshold Then
        dSigma = Sqr(dMu)
        dX = WorksheetFunction.NormInv(dP, dMu, dSigma)
        iX = WorksheetFunction.Max(WorksheetFunction.RoundUp(dX, 0), 0)
        dCDF = WorksheetFunction.Poisson(iX, dMu, True)

        If dCDF < dP Then
            Do While dCDF < dP
                iX = iX + 1
                dCDF = dCDF + WorksheetFunction.Poisson(iX, dMu, False)
            Loop
        Else
            Do While dCDF >= dP
                dCDF = dCDF - WorksheetFunction.Poisson(iX, dMu, False)
                iX = iX - 1
            Loop
            iX = iX + 1
        End If
    Else

```

Figura 3.21. Código para fórmula personal de Poisson Inversa en VBA.

Como ejemplo, originalmente, la fórmula otorgada por Excel permite calcular la probabilidad de Poisson dado un número (x) y lambda ( $\lambda$ ).

$$P = \text{POISSON}(8, 20, \text{TRUE}) = 0.002087259$$

Con la formula personal, se podrá calcular el número (x) dada una probabilidad y lambda ( $\lambda$ ).

$$X = \text{PERSONAL.XLSB!PoissonInv}(0.002087259, 20) = 8$$

A partir de este momento, la función personal se puede utilizar en cualquier hoja de Excel de la computadora en que se trabaja. Es importante denotar que para que la función sirva en otra PC, ésta deberá tener también instalada la misma función personal. En el apartado 3.2.12.1 se explicará cómo solucionar esta situación.

### **3.2.12 Convertir la herramienta estadística en un botón instalable y portable.**

Hasta este momento, la herramienta está disponible en la sección de Macros, y para poder seleccionarla, se deberá ir a este apartado y dar clic.

Una limitante para utilizar esta herramienta, es que para compartirse con los diferentes usuarios, sería necesario enviar un archivo de Excel con la macro lista, y posteriormente trabajar sobre ella con el reporte de Altair SAO, sin mencionar que al utilizar fórmulas personales, sería necesario instalarse estas en cada PC en que se quiera utilizar.

Para un uso e instalación más fácil, se necesitará instalar los archivos referentes a la macro y la función personal en los folders de instalación de Microsoft Office en la PC que quiera utilizarse.

1. El archivo “.xlam” el cual contiene herramienta debe estar en la dirección:

C:\Users\user<sup>5</sup>\AppData\Roaming\Microsoft\Complementos

---

<sup>5</sup> Se debe sustituir por el usuario de PC propio.

Por ello, para compartir la herramienta a otra PC, se deberá copiar este archivo (existente actualmente en nuestra PC) y pegarla en la dirección anterior de la PC de destino.

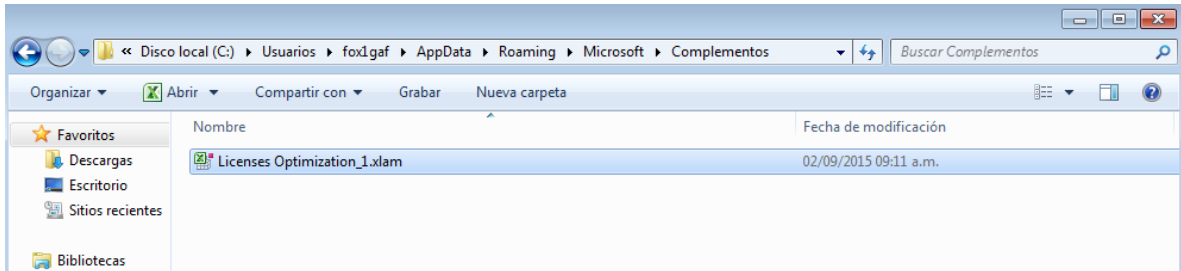


Figura 3.22. Dirección de destino del archivo .xlam

2. De la misma manera, el archivo “.xlsb” el cual contiene la fórmula personal debe estar en la dirección

`C:\Users\user*\AppData\Roaming\Microsoft\Excel\XLSTART`

Para compartir la herramienta a otra PC, también deberá copiarse este archivo (existente actualmente en nuestra PC) y pegarla en la dirección anterior de la PC de destino.

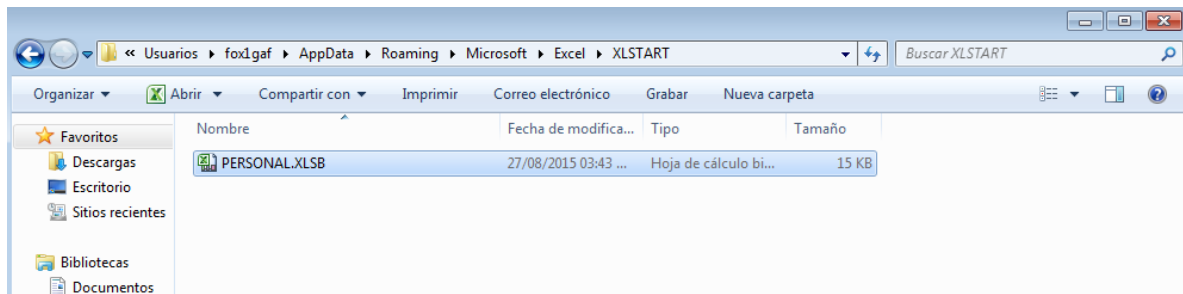


Figura 3.23. Dirección de destino del archivo .xlsb

3. Una vez que se tiene la certeza que estos dos archivos se encuentran en las carpetas de Microsoft Office, se procede a instalarse en Excel. Para ello, en una hoja de Excel, se da clic en Archivo->Opciones->Complementos->Administrar->Complementos de Excel-> Ir.



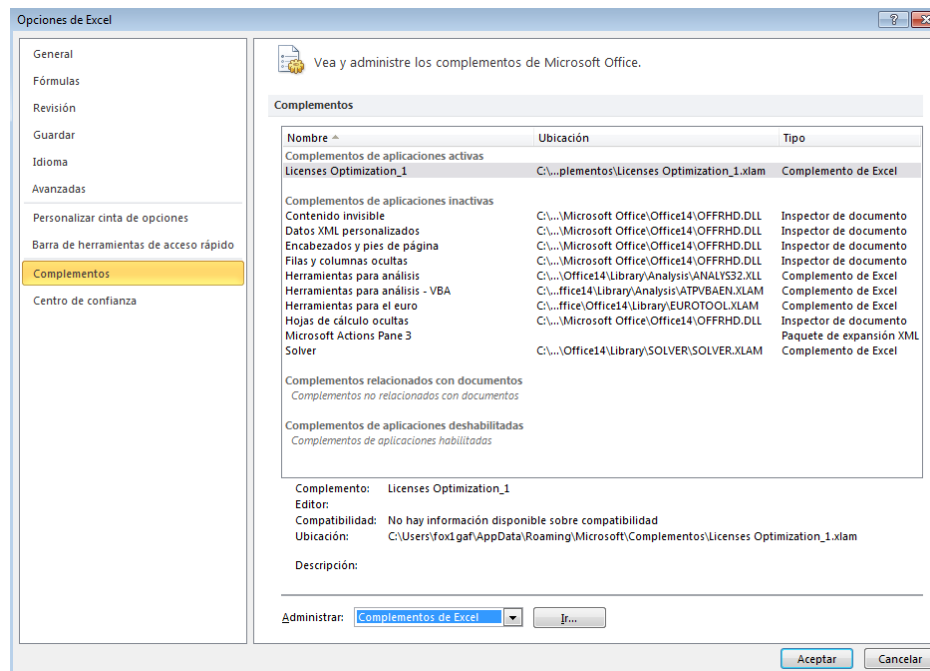


Figura 3.24. Ventana de Opciones de Excel, Complementos.

- Se abrirá una ventana que contiene todos los complementos de Excel existentes, se deberá palomear “Licenses Optimization\_1” y aceptar. A partir de ahora, la herramienta está instalada en Excel.

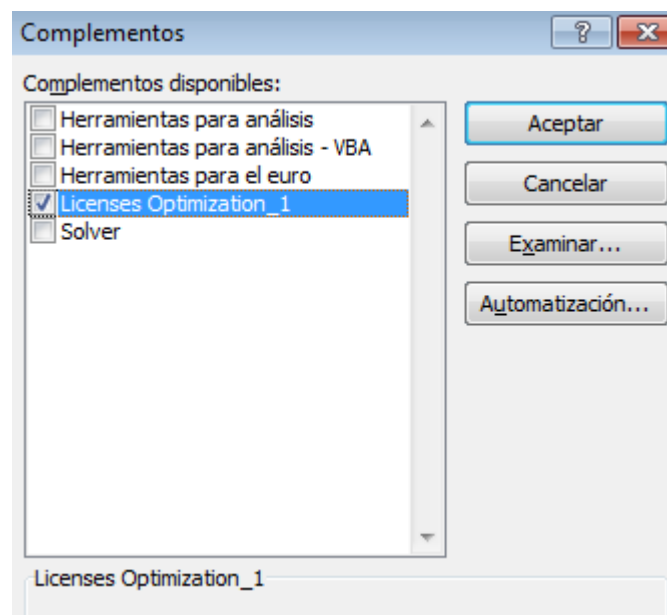


Figura 3.25. Ventana de Complementos de Excel.

5. Una vez instalada, se procede a convertir la herramienta en un botón dentro de la barra de herramientas, para ello se da clic derecho en la barra de herramientas y se selecciona la opción “Personalizar barra de herramientas de acceso rápido”

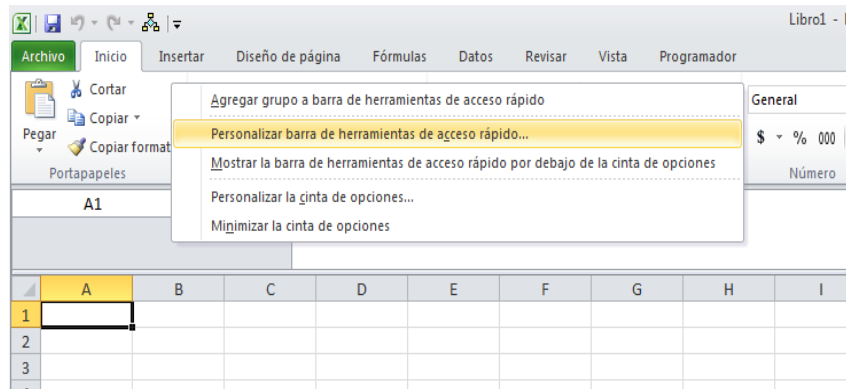


Figura 3.26. Personalizar barra de herramientas de acceso rápido.

6. En la sección de “comandos disponibles en” seleccionar “Macros”. En este momento aparecerán la herramienta y la función personal que se instalaron anteriormente. Se agrega la que haga referencia a la herramienta, en este caso tiene el nombre de “NormalityTest”, y se acepta.

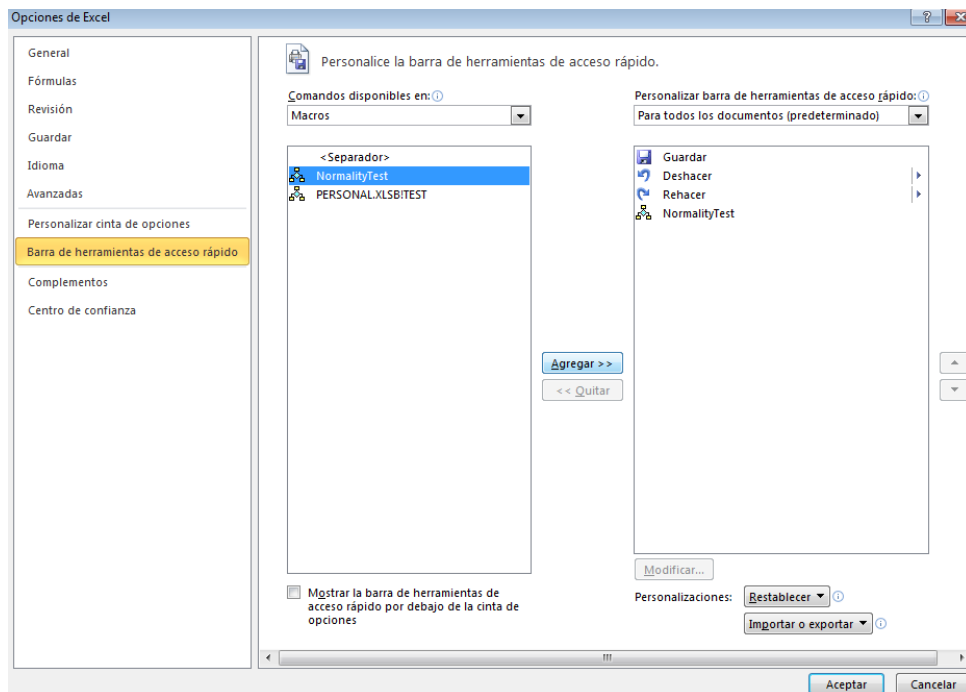


Figura 3.27. Comandos disponibles en Macros.

A partir de este momento, aparecerá un botón nuevo en la parte superior izquierda de la barra de herramientas, el cual, bastará con darle un clic para que se ejecute todo el proceso de análisis.

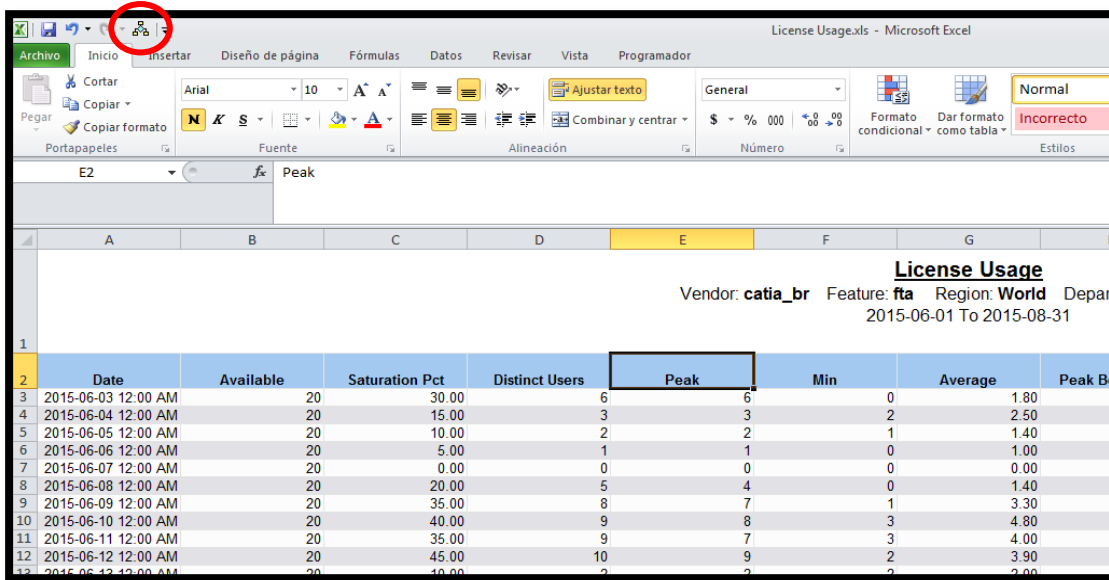


Figura 3.28. Botón de la herramienta de optimización.

Es importante mencionar que la herramienta actúa directamente sobre las hojas de reporte de Altair SAO, por lo que una vez descargadas las mismas, solo bastará con dar un clic y obtener una recomendación óptima de acuerdo a su utilización.

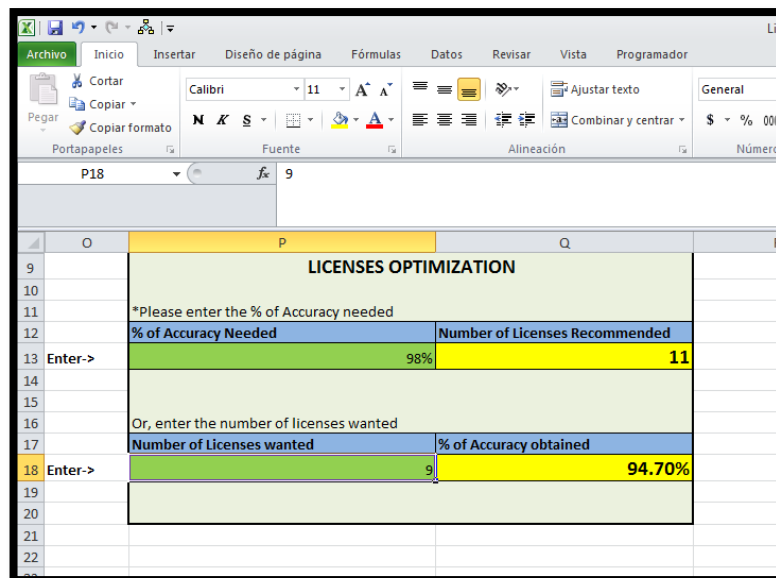


Figura 3.29. Resultado del uso de la herramienta.

**CAPÍTULO 4.**  
**RESULTADOS.**

#### 4.1 Resultados Obtenidos

Después de utilizar la herramienta en cada licencia de software existente, se obtuvo la tabla 4 en el cual muestra el número de licencias que se tiene actualmente instaladas para el software de CATIA en sus diferentes módulos y la propuesta de mejora obtenida tras poner en marcha la herramienta creada sobre cada una de las licencias, haciendo propuestas con diferentes porcentajes de confianza, dependiendo de la disponibilidad que se desea para cada licencia. Esto cumple con el objetivo general “Proponer la cantidad óptima de inventario de licencias de software a través de la distribución de Poisson y aproximación de distribución normal a Poisson en relación al nivel de servicio, menor costo y disponibilidad deseada en las compañías que integran Región Américas, coordinadas en Volkswagen de México S.A. de C.V., Cuautlancingo, Puebla, México”

Tabla 4.1. Antes y después de número de licencias.

| ANTES               |                    | DESPUÉS       |               |               |               |
|---------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| LICENCIA            | Licencias Actuales | 99% Confianza | 97% Confianza | 95% Confianza | 93% Confianza |
| HD2-DMNDT1FITKINSPA | 248                | 226           | 220           | 216           | 214           |
| DEX (DEXCV10)       | 30                 | 7             | 6             | 6             | 6             |
| DM2-FITKIN          | 12                 | 3             | 3             | 2             | 2             |
| FTA                 | 20                 | 12            | 11            | 10            | 9             |
| LO1                 | 21                 | 7             | 6             | 6             | 5             |
| PX1                 | 71                 | 48            | 46            | 44            | 43            |
| REX (REXCV10)       | 18                 | 4             | 3             | 3             | 2             |
| N3G                 | 25                 | 15            | 14            | 13            | 13            |
| DM1                 | 46                 | 35            | 33            | 32            | 31            |
| AP2                 | 2                  | 1             | 1             | 1             | 1             |
| DP2                 | 4                  | 1             | 1             | 1             | 1             |
| EHF                 | 3                  | 3             | 3             | 2             | 2             |
| SMD                 | 11                 | 11            | 10            | 10            | 9             |
| KWE                 | 2                  | 1             | 1             | 1             | 1             |
| KWA                 | 3                  | 1             | 1             | 1             | 1             |
| DM2                 | 3                  | 3             | 2             | 2             | 2             |
| PDL                 | 3                  | 2             | 1             | 1             | 1             |
| K19*                | 3                  | 1             | 1             | 1             | 1             |
| K18*                | 3                  | 1             | 1             | 1             | 1             |

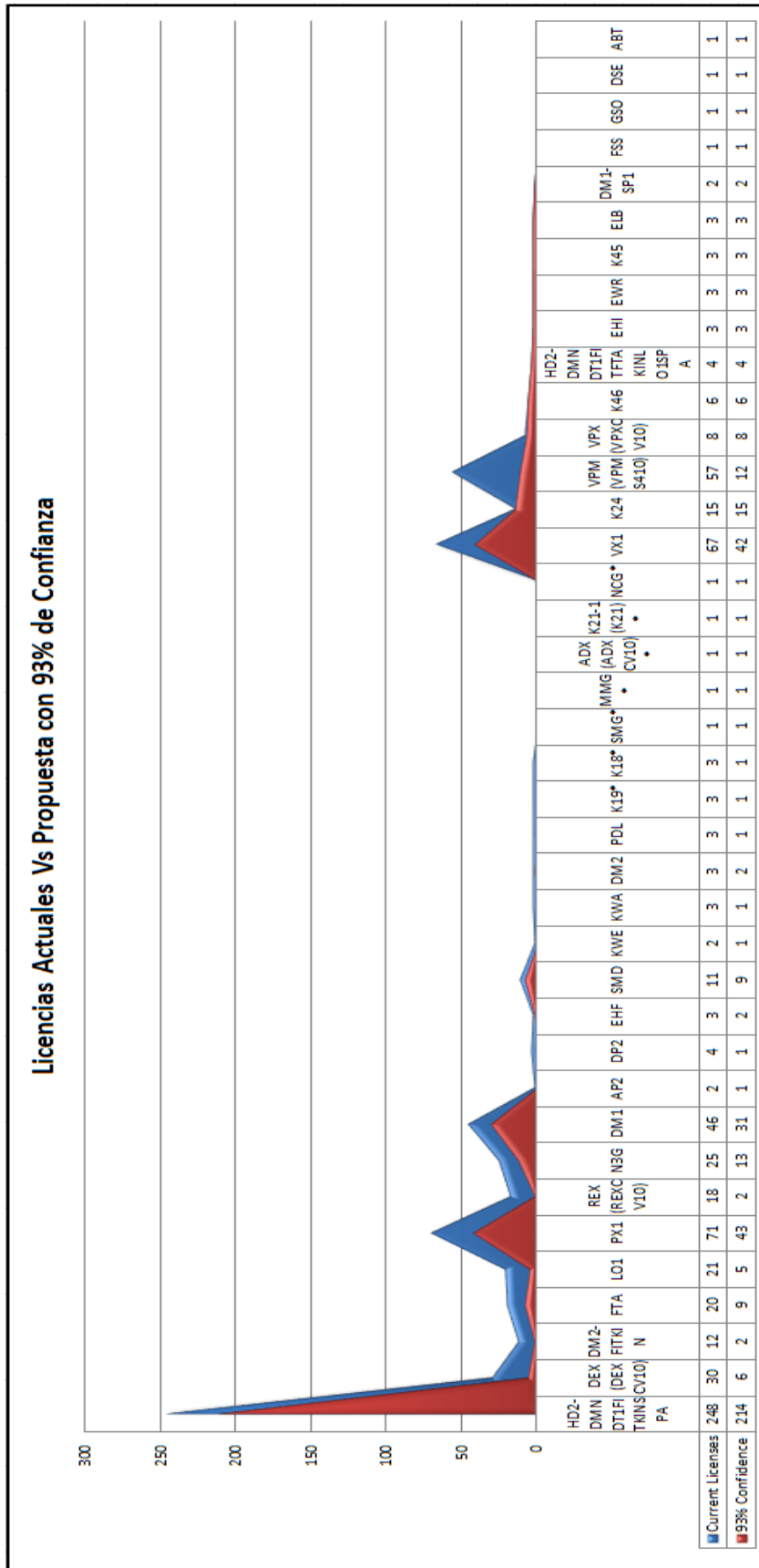
|                                   |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------|----|----|----|----|----|
| SMG*                              | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| MMG*                              | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| ADX (ADXCV10)*                    | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| K21-1 (K21)*                      | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| NCG*                              | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| VX1                               | 67 | 47 | 45 | 43 | 42 |
| K24                               | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| VPM (VPMS410)                     | 57 | 14 | 13 | 13 | 12 |
| VPX (VPXCV10)                     | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  |
| K46                               | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  |
| HD2-<br>DMNDT1FITFTAKINLO1S<br>PA | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  |
| EHI                               | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| EWR                               | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| K45                               | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| ELB                               | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| DM1-SP1                           | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  |
| FSS                               | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| GSO                               | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| DSE                               | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| ABT                               | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |

De manera gráfica, se puede apreciar que existe una reducción en número de licencias, incluso si se utiliza un 99% de confiabilidad, significando que 99% de las veces siempre habrá una licencia disponible. De igual manera existen algunos casos en los que se mantuvo la propuesta igual con lo que está instalado actualmente.

A continuación se muestran dos gráficas (figura 4.1 y 4.2 ), una con 99% y otra con 93% en donde se observa la reducción con respecto a las licencias actuales, y además un contraste entre las dos propuestas al sacrificar un poco la confiabilidad.



Figura 4.2. Licencias Actuales Vs Propuestas con 93%





Los resultados obtenidos también se reflejan en lo deseado en los objetivos específicos, ya que se obtuvo una herramienta estadística programada en Visual Basic en Excel, fácil de usar para el cálculo de inventario en futuros periodos y, que al poderse compartir e instalar en cualquier ordenador, dicha herramienta sirve para cualquier compañía de Volkswagen en Región Américas.

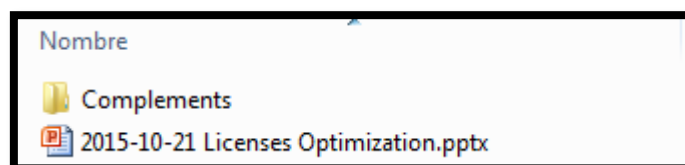


Figura 4.3. Archivos finales entregables.

Los archivos finales que se comparten están divididos en dos partes, la primera es un folder llamado “complementos” que contiene el archivo de la herramienta en formato .xlam y la fórmula personal en formato .xlsb, así como la dirección de las carpetas en donde deberían estar estos complementos.

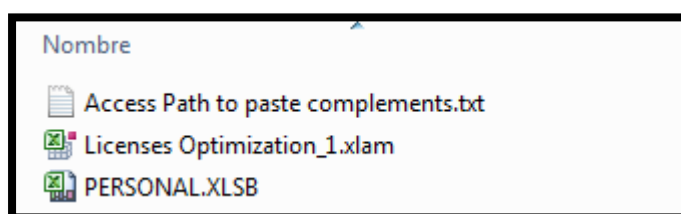


Figura 4.4. Archivos instalables, dentro de la carpeta de complementos.

La segunda parte del archivo compartido es una presentación, en donde explica los beneficios de la herramienta, así como un instructivo de su instalación y su forma de uso. Este paquete de archivos es el compartido a los representantes de cada compañía en la Región Américas del Grupo Volkswagen, encargados de monitorear y definir el número de licencias necesarios para sus operaciones.

Proporcionando esta herramienta, permite estandarizar el uso de un monitoreo y análisis de los software instalados en las compañías de Región Américas para la solicitud anual de software con un respaldo confiable, cumpliendo con esto un segundo objetivo específico.

Además, otro resultado es que, al tener una metodología y herramienta clara para tener sólo el software necesario, da pauta de una segunda etapa de optimización de recursos, donde se espera unificar todas las licencias de Región Américas, compartiendo licencias entre todas las compañías, aprovechando además la diferencia de horarios existentes entre cada país.

## 4.2 Análisis de los Resultados

Tras efectuar un análisis con los costos y las nuevas cantidades de licencias para cada una de las propuestas, se obtienen porcentajes de ahorros que van desde 0% en algunos casos hasta 88% de ahorros en otras situaciones, dependiendo del nivel de servicio deseado para cada licencia. Los ahorros que se obtienen para cada propuesta son los siguientes:

Tabla 4.2. Porcentaje de ahorros obtenidos para cada propuesta, de acuerdo a la tabla 4.1.

| LICENCIA            | Ahorros 99% | Ahorros 97% | Ahorros 95% | Ahorros 93% |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| HD2-DMNDT1FITKINSPA | 8.87%       | 11.29%      | 11.29%      | 13.71%      |
| DEX (DEXCV10)       | 76.67%      | 80.00%      | 80.00%      | 80.00%      |
| DM2-FITKIN          | 75.00%      | 75.00%      | 75.00%      | 83.33%      |
| FTA                 | 40.00%      | 45.00%      | 45.00%      | 55.00%      |
| LO1                 | 66.67%      | 71.43%      | 71.43%      | 76.19%      |
| PX1                 | 32.39%      | 35.21%      | 35.21%      | 39.44%      |
| REX (REXCV10)       | 77.78%      | 83.33%      | 83.33%      | 88.89%      |
| N3G                 | 40.00%      | 44.00%      | 44.00%      | 48.00%      |
| DM1                 | 23.91%      | 28.26%      | 28.26%      | 32.61%      |
| AP2                 | 50.00%      | 50.00%      | 50.00%      | 50.00%      |
| DP2                 | 75.00%      | 75.00%      | 75.00%      | 75.00%      |
| EHF                 | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       | 33.33%      |
| SMD                 | 0.00%       | 9.09%       | 9.09%       | 18.18%      |
| KWE                 | 50.00%      | 50.00%      | 50.00%      | 50.00%      |
| KWA                 | 66.67%      | 66.67%      | 66.67%      | 66.67%      |
| DM2                 | 0.00%       | 33.33%      | 33.33%      | 33.33%      |
| PDL                 | 33.33%      | 66.67%      | 66.67%      | 66.67%      |
| K19*                | 66.67%      | 66.67%      | 66.67%      | 66.67%      |
| K18*                | 66.67%      | 66.67%      | 66.67%      | 66.67%      |
| SMG*                | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       |
| MMG*                | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       |
| ADX (ADXC10)*       | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       |
| K21-1 (K21)*        | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       |
| NCG*                | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       |
| VX1                 | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       |
| K24                 | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       |
| VPM (VPMS410)       | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       |

|                               |       |       |       |       |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| VPX (VPXCV10)                 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| K46                           | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| HD2-<br>DMNDT1FITFTAKINLO1SPA | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| EHI                           | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| EWR                           | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| K45                           | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| ELB                           | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| DM1-SP1                       | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| FSS                           | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| GSO                           | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| DSE                           | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| ABT                           | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |

Se puede observar en la tabla anterior que existen ciertas licencias con un “\*” al lado de ellas, esto es debido a que no se registró actividad durante el periodo analizado. Esto no siempre significa que dicha licencia no se use, y por ende, la recomendación sea no seguir comprándola, sino que es posible que el lapso de utilización es muy corto que no es registrado por Altair SAO. En la sección de conclusiones, recomendaciones y propuestas de mejora, se menciona con más detalle esta situación.

Aquellas licencias que muestran un 0% de ahorros, significa que el número actual de licencias con el que se está trabajando es suficiente de acuerdo a su utilización, y por ende, no necesitaron un aumento o reducción en la recomendación, reflejándose así, como un 0% en los ahorros.

Por otro lado, aquellas licencias que mostraron alto porcentaje de ahorros, como el caso de DM2-FITKIN por ejemplo, puede significar dos situaciones:

1. Actualmente existen muchas licencias que no se usan, y la recomendación es reducir el número drásticamente
2. Si existen licencias de sobra, pero el precio unitario por licencia es demasiado alto, por lo que al reducir unas cuantas, el impacto económico es alto.

De manera general, llevando a cabo cada una de las propuestas, representa ahorros en el monto total de efectivo dedicado a la compra de licencias, en donde, teniendo un alto porcentaje de confianza (99%) se logra a alcanzar hasta un 15.2% de ahorros en el costo total. Como puede observarse, tras sacrificar puntos porcentuales de confiabilidad, ajustando más a los usuarios a trabajar con menos licencias, se alcanzan ahorros mayores, sin embargo esta decisión debe considerarse el nivel de servicio deseado para cada licencia en específico. Dicho análisis es tarea del especialista a cargo de esta decisión.

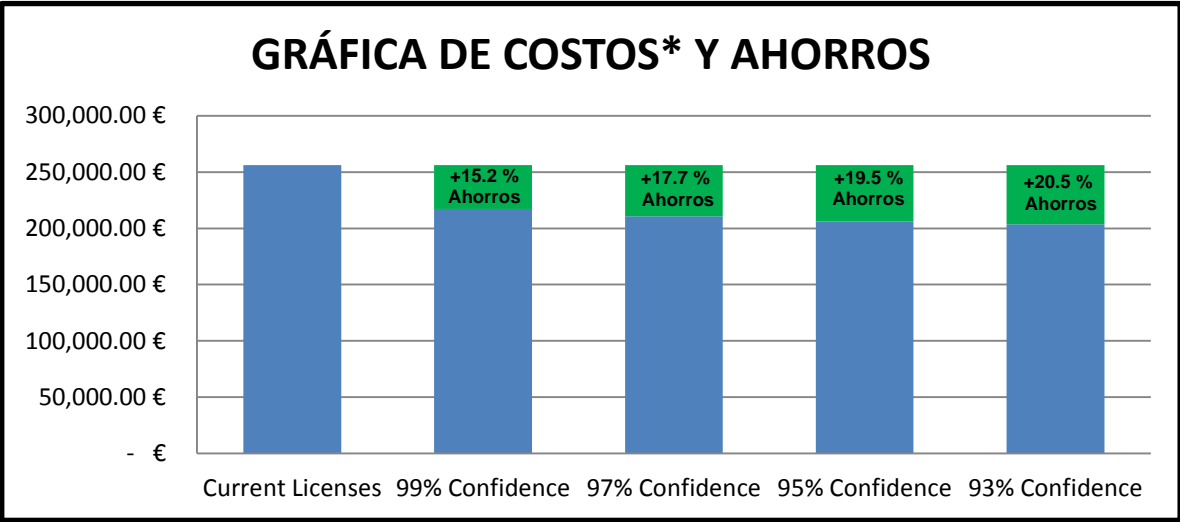


Figura 5. Gráfica de costos y ahorros. \*Los costos son con fines ilustrativos y no representan ningún dato verídico de Volkswagen de México.

**CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y PROPUESTA DE  
MEJORA.**

## Conclusiones

En conclusión, como resultado del proyecto “Análisis y Optimización Estadística del Inventario de Licencias de Software” realizado en el departamento de AMS & OPS IT Región Américas en Volkswagen de México, se obtuvo:

- ✓ Una herramienta estadística fácil de utilizar e instalable para cualquier usuario, para determinar un número recomendado de licencias de acuerdo a su utilización y haciendo uso de los reportes de monitoreo en formato de Excel descargados de Altair SAO.
- ✓ Un estándar de uso para la determinación de la cantidad de licencias necesarias para cada software con un fundamento científico.
- ✓ Ahorros potenciales tras implementar las recomendaciones dependiendo del nivel de servicio deseado para cada software.
- ✓ Pauta para continuar con una segunda etapa de ahorros, en donde, en un nuevo proyecto, se buscará unificar todas las licencias de Región Américas en un solo servidor, aumentando los beneficios económicos.

Mi experiencia personal al desarrollar este proyecto fue de reto, al desarrollar una herramienta haciendo uso de conocimientos relacionados con la carrera de Ingeniería Industrial, como lo es el pensamiento estadístico y probabilístico, y por otro lado, adquiriendo por cuenta propia competencias no tan relacionadas con la carrera, como lo son la programación en Visual Basic en Excel.

A pesar de las limitaciones y retos, los resultados fueron satisfactorios y aprobados para su uso interno dentro de la compañía.

## Recomendaciones y Propuestas de Mejora

Para un correcto uso e interpretación de los resultados otorgados por la herramienta estadística, es importante tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Tras instalar el complemento, se debe aceptar todas las notificaciones que aparezcan al abrir el documento de Excel.
2. Si se desea evitar esas notificaciones cuando no es necesario utilizar la herramienta, se puede deshabilitar temporalmente el complemento en la ventana de la figura 3.25.
3. Esta herramienta elimina automáticamente los fines de semana por no ser representativos. Es deber del analista descartar otros días no representativos, o bien, incluirlos si existe algún cambio.
4. La validez de estos resultados son para un futuro con el mismo lapso de tiempo analizado, es decir, si se analizan datos de un año, la recomendación es confiable para el siguiente año.
5. El número de licencias propuestas por esta herramienta es una recomendación de acuerdo a su utilización histórica. Otras variables externas que puedan afectar esta recomendación deben ser analizados e incluirlos.
6. Altair SAO registra cada 5 minutos el actual número de usuarios para cada licencia y registra el máximo ocurrido en el día. Por ello, es tarea del especialista interpretar si aquellas licencias que no registran actividad realmente no están siendo utilizadas o su utilización es demasiado corta para poder ser registrado por Altair SAO.
7. Incluso si la licencia es utilizada solo una vez al año, dicha licencia debe mantenerse.
8. Esta herramienta funciona solamente con los reportes de utilización descargados en formato de Excel de ALTAIR SAO.



## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

## **Libros**

Arvelo L., Angel Francisco, Capacidad de los Procesos Industriales, Métodos Estadísticos exigidos por las normas ISO9000, Página 26, Caracas, 1998.

Freund, John E. y Miller, Irwin, Estadística Matemática con Aplicaciones, 6ª. Ed. Pearson Educación, México, 2000.

Vargas Sabadías, Antonio, Estadística Descriptiva e Inferencial, Cuenca, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, 1995.

Serret Moreno, Jaime, Manual de Estadística Universitaria: Inductiva, ESIC Editorial, Madrid, 1995.

Di Rienzo, Julio Alejandro, Estadística para las Ciencias Agropecuarias, Séptima Edición, Editorial Brujas, Argentina, 2008.

L. Berenson, Mark, Estadística Básica en Administración, Conceptos y Aplicaciones, Sexta Edición, Pearson Education, Estados Unidos, 1996.

Walpole, Ronald E, Probabilidad y Estadística para Ingenieros, Sexta Edición, Pearson Education, México, 1999.

Herrerías, Rafael, Ejercicios Resueltos de Inferencia Estadística y del Modelo Lineal Simple, Edición Revisada, Madrid, 2008.

Álvarez Cáceres, Rafael, Estadística Aplicada a las Ciencias de la Salud, Días de Santos, 2007.

Luceño Vázquez, Alberto, Métodos Estadísticos para Medir, describir y controlar la variabilidad, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria, 2004.

Levine, David M., Estadística para Administración, Cuarta Edición, Pearson Education, Estados Unidos.

## Medios Electrónicos

TSO. (2007), ITIL Service Design página 92. [www.tsoshop.co.uk](http://www.tsoshop.co.uk). Consultado el 5 de Octubre, 2015.

Facultad Regional Mendoza, UTN, Distribución de Poisson, [http://www1.frm.utn.edu.ar/estadistica/documentos/TD3\\_PoissonPuntual.pdf](http://www1.frm.utn.edu.ar/estadistica/documentos/TD3_PoissonPuntual.pdf) Consultado el 18 de Octubre 2015.

<http://www.disfrutalasmaticas.com/numeros/e-euler-numero.html> Consultado el 19 de Octubre 2015.

<https://www.uv.es/ceaces/base/modelos%20de%20probabilidad/poisson.htm> Consultado el 19 de Octubre de 2015.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n\\_de\\_Poisson](https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_de_Poisson) Consultado el 19 de Octubre de 2015.

<http://www.mat.uda.cl/hsalinas/cursos/2012/eyp1/TABLAS.pdf> Consultado el 20 de Octubre de 2015.

## **ANEXOS**

**ANEXO A. TABLA DE DISTRIBUCIÓN PUNTUAL DE POISSON.**

Tabla D.3: DISTRIBUCIÓN DE POISSON:  $f(x)$

| $\lambda = \mu$ | 0,1    | 0,2    | 0,3    | 0,4    | 0,5    | 0,6    | 0,7    | 0,8    | 0,9    | 1      | 1,5    | 2      | 2,5    | 3      | 3,5    | 4      | $\lambda = \mu$ |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|
| x               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | x               |
| 0               | 0,9048 | 0,8187 | 0,7408 | 0,6703 | 0,6065 | 0,5488 | 0,4966 | 0,4493 | 0,4066 | 0,3679 | 0,2231 | 0,1353 | 0,0821 | 0,0498 | 0,0302 | 0,0183 | 0               |
| 1               | 0,0905 | 0,1637 | 0,2222 | 0,2681 | 0,3033 | 0,3293 | 0,3476 | 0,3595 | 0,3659 | 0,3679 | 0,3347 | 0,2707 | 0,2052 | 0,1494 | 0,1057 | 0,0733 | 1               |
| 2               | 0,0045 | 0,0164 | 0,0333 | 0,0536 | 0,0758 | 0,0988 | 0,1217 | 0,1438 | 0,1647 | 0,1839 | 0,2510 | 0,2707 | 0,2565 | 0,2240 | 0,1850 | 0,1465 | 2               |
| 3               | 0,0002 | 0,0011 | 0,0033 | 0,0072 | 0,0126 | 0,0198 | 0,0284 | 0,0383 | 0,0494 | 0,0613 | 0,1255 | 0,1804 | 0,2138 | 0,2240 | 0,2158 | 0,1954 | 3               |
| 4               | 0,0000 | 0,0001 | 0,0003 | 0,0007 | 0,0016 | 0,0030 | 0,0050 | 0,0077 | 0,0111 | 0,0153 | 0,0471 | 0,0902 | 0,1336 | 0,1680 | 0,1888 | 0,1954 | 4               |
| 5               |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0004 | 0,0007 | 0,0012 | 0,0020 | 0,0031 | 0,0141 | 0,0361 | 0,0668 | 0,1008 | 0,1322 | 0,1563 | 5               |
| 6               |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0005 | 0,0035 | 0,0120 | 0,0278 | 0,0504 | 0,0771 | 0,1042 | 6               |
| 7               |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0008 | 0,0034 | 0,0099 | 0,0216 | 0,0385 | 0,0595 | 7               |
| 8               |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0001 | 0,0009 | 0,0031 | 0,0081 | 0,0169 | 0,0298 | 8               |
| 9               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0002 | 0,0009 | 0,0027 | 0,0066 | 0,0132 | 9               |
| 10              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0002 | 0,0008 | 0,0023 | 0,0053 | 10              |
| 11              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0002 | 0,0007 | 0,0019 | 11              |
| 12              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0001 | 0,0002 | 0,0006 | 12              |
| 13              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0001 | 0,0002 | 13              |
| 14              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0001 | 14              |
| 15              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 15              |

| $\lambda = \mu$ | 4,5    | 5      | 5,5    | 6      | 6,5    | 7      | 7,5    | 8      | 8,5    | 9      | 9,5    | 10     | 10,5   | 11     | 11,5   | 12     | $\lambda = \mu$ |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|
| x               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | x               |
| 0               | 0,0111 | 0,0067 | 0,0041 | 0,0025 | 0,0015 | 0,0009 | 0,0006 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0               |
| 1               | 0,0500 | 0,0337 | 0,0225 | 0,0149 | 0,0098 | 0,0064 | 0,0041 | 0,0027 | 0,0017 | 0,0011 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 1               |
| 2               | 0,1125 | 0,0842 | 0,0618 | 0,0446 | 0,0318 | 0,0223 | 0,0156 | 0,0107 | 0,0074 | 0,0050 | 0,0034 | 0,0023 | 0,0015 | 0,0010 | 0,0007 | 0,0004 | 2               |
| 3               | 0,1687 | 0,1404 | 0,1133 | 0,0892 | 0,0688 | 0,0521 | 0,0389 | 0,0286 | 0,0208 | 0,0150 | 0,0107 | 0,0076 | 0,0053 | 0,0037 | 0,0026 | 0,0018 | 3               |
| 4               | 0,1898 | 0,1755 | 0,1558 | 0,1339 | 0,1118 | 0,0912 | 0,0729 | 0,0573 | 0,0443 | 0,0337 | 0,0254 | 0,0189 | 0,0139 | 0,0102 | 0,0074 | 0,0053 | 4               |
| 5               | 0,1708 | 0,1755 | 0,1714 | 0,1606 | 0,1454 | 0,1277 | 0,1094 | 0,0916 | 0,0752 | 0,0607 | 0,0483 | 0,0378 | 0,0293 | 0,0224 | 0,0170 | 0,0127 | 5               |
| 6               | 0,1281 | 0,1462 | 0,1571 | 0,1606 | 0,1575 | 0,1490 | 0,1367 | 0,1221 | 0,1066 | 0,0911 | 0,0764 | 0,0631 | 0,0513 | 0,0411 | 0,0325 | 0,0255 | 6               |
| 7               | 0,0824 | 0,1044 | 0,1234 | 0,1377 | 0,1462 | 0,1490 | 0,1465 | 0,1396 | 0,1294 | 0,1171 | 0,1037 | 0,0901 | 0,0769 | 0,0646 | 0,0535 | 0,0437 | 7               |
| 8               | 0,0463 | 0,0653 | 0,0849 | 0,1033 | 0,1188 | 0,1304 | 0,1373 | 0,1396 | 0,1375 | 0,1318 | 0,1232 | 0,1126 | 0,1009 | 0,0888 | 0,0769 | 0,0655 | 8               |
| 9               | 0,0232 | 0,0363 | 0,0519 | 0,0688 | 0,0858 | 0,1014 | 0,1144 | 0,1241 | 0,1299 | 0,1318 | 0,1300 | 0,1251 | 0,1177 | 0,1085 | 0,0982 | 0,0874 | 9               |
| 10              | 0,0104 | 0,0181 | 0,0285 | 0,0413 | 0,0558 | 0,0710 | 0,0858 | 0,0993 | 0,1104 | 0,1186 | 0,1235 | 0,1251 | 0,1236 | 0,1194 | 0,1129 | 0,1048 | 10              |
| 11              | 0,0043 | 0,0082 | 0,0143 | 0,0225 | 0,0330 | 0,0452 | 0,0585 | 0,0722 | 0,0853 | 0,0970 | 0,1067 | 0,1137 | 0,1180 | 0,1194 | 0,1181 | 0,1144 | 11              |
| 12              | 0,0016 | 0,0034 | 0,0065 | 0,0113 | 0,0179 | 0,0263 | 0,0366 | 0,0481 | 0,0604 | 0,0728 | 0,0844 | 0,0948 | 0,1032 | 0,1094 | 0,1131 | 0,1144 | 12              |
| 13              | 0,0006 | 0,0013 | 0,0028 | 0,0052 | 0,0089 | 0,0142 | 0,0211 | 0,0296 | 0,0395 | 0,0504 | 0,0617 | 0,0729 | 0,0834 | 0,0926 | 0,1001 | 0,1056 | 13              |
| 14              | 0,0002 | 0,0005 | 0,0011 | 0,0022 | 0,0041 | 0,0071 | 0,0113 | 0,0169 | 0,0240 | 0,0324 | 0,0419 | 0,0521 | 0,0625 | 0,0728 | 0,0822 | 0,0905 | 14              |
| 15              | 0,0001 | 0,0002 | 0,0004 | 0,0009 | 0,0018 | 0,0033 | 0,0057 | 0,0090 | 0,0136 | 0,0194 | 0,0265 | 0,0347 | 0,0438 | 0,0534 | 0,0630 | 0,0724 | 15              |
| 16              | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0003 | 0,0007 | 0,0014 | 0,0026 | 0,0045 | 0,0072 | 0,0109 | 0,0157 | 0,0217 | 0,0287 | 0,0367 | 0,0453 | 0,0543 | 16              |
| 17              |        |        | 0,0000 | 0,0001 | 0,0003 | 0,0006 | 0,0012 | 0,0021 | 0,0036 | 0,0058 | 0,0088 | 0,0128 | 0,0177 | 0,0237 | 0,0306 | 0,0383 | 17              |
| 18              |        |        |        | 0,0000 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0005 | 0,0009 | 0,0017 | 0,0029 | 0,0046 | 0,0071 | 0,0104 | 0,0145 | 0,0196 | 0,0255 | 18              |
| 19              |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0004 | 0,0008 | 0,0014 | 0,0023 | 0,0037 | 0,0057 | 0,0084 | 0,0119 | 0,0161 | 19              |
| 20              |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0006 | 0,0011 | 0,0019 | 0,0030 | 0,0046 | 0,0068 | 0,0097 | 20              |
| 21              |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0003 | 0,0005 | 0,0009 | 0,0015 | 0,0024 | 0,0037 | 0,0055 | 21              |
| 22              |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0004 | 0,0007 | 0,0012 | 0,0020 | 0,0030 | 22              |
| 23              |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0006 | 0,0010 | 0,0016 | 23              |
| 24              |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0003 | 0,0005 | 0,0008 | 24              |
| 25              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0004 | 25              |
| 26              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 26              |
| 27              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 27              |
| 28              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 28              |

**Tabla D.3: DISTRIBUCIÓN DE POISSON:  $f(x)$**

| $\lambda = \mu$ | 12,5   | 13     | 13,5   | 14     | 14,5   | 15     | 15,5   | 16     | 16,5   | 17     | 17,5   | 18     | 18,5   | 19     | 19,5   | 20     | $\lambda = \mu$ |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|
| x               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | x               |
| 0               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0               |
| 1               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1               |
| 2               | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 2               |
| 3               | 0,0012 | 0,0008 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 3               |
| 4               | 0,0038 | 0,0027 | 0,0019 | 0,0013 | 0,0009 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 4               |
| 5               | 0,0095 | 0,0070 | 0,0051 | 0,0037 | 0,0027 | 0,0019 | 0,0014 | 0,0010 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 5               |
| 6               | 0,0197 | 0,0152 | 0,0115 | 0,0087 | 0,0065 | 0,0048 | 0,0036 | 0,0026 | 0,0019 | 0,0014 | 0,0010 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 6               |
| 7               | 0,0353 | 0,0281 | 0,0222 | 0,0174 | 0,0135 | 0,0104 | 0,0079 | 0,0060 | 0,0045 | 0,0034 | 0,0025 | 0,0019 | 0,0014 | 0,0010 | 0,0007 | 0,0005 | 7               |
| 8               | 0,0551 | 0,0457 | 0,0375 | 0,0304 | 0,0244 | 0,0194 | 0,0153 | 0,0120 | 0,0093 | 0,0072 | 0,0055 | 0,0042 | 0,0031 | 0,0024 | 0,0018 | 0,0013 | 8               |
| 9               | 0,0765 | 0,0661 | 0,0563 | 0,0473 | 0,0394 | 0,0324 | 0,0264 | 0,0213 | 0,0171 | 0,0135 | 0,0107 | 0,0083 | 0,0065 | 0,0050 | 0,0038 | 0,0029 | 9               |
| 10              | 0,0956 | 0,0859 | 0,0760 | 0,0663 | 0,0571 | 0,0486 | 0,0409 | 0,0341 | 0,0281 | 0,0230 | 0,0186 | 0,0150 | 0,0120 | 0,0095 | 0,0074 | 0,0058 | 10              |
| 11              | 0,1087 | 0,1015 | 0,0932 | 0,0844 | 0,0753 | 0,0663 | 0,0577 | 0,0496 | 0,0422 | 0,0355 | 0,0297 | 0,0245 | 0,0201 | 0,0164 | 0,0132 | 0,0106 | 11              |
| 12              | 0,1132 | 0,1099 | 0,1049 | 0,0984 | 0,0910 | 0,0829 | 0,0745 | 0,0661 | 0,0580 | 0,0504 | 0,0432 | 0,0368 | 0,0310 | 0,0259 | 0,0214 | 0,0176 | 12              |
| 13              | 0,1089 | 0,1099 | 0,1089 | 0,1060 | 0,1014 | 0,0956 | 0,0888 | 0,0814 | 0,0736 | 0,0658 | 0,0582 | 0,0509 | 0,0441 | 0,0378 | 0,0322 | 0,0271 | 13              |
| 14              | 0,0972 | 0,1021 | 0,1050 | 0,1060 | 0,1051 | 0,1024 | 0,0983 | 0,0930 | 0,0868 | 0,0800 | 0,0728 | 0,0655 | 0,0583 | 0,0514 | 0,0448 | 0,0387 | 14              |
| 15              | 0,0810 | 0,0885 | 0,0945 | 0,0989 | 0,1016 | 0,1024 | 0,1016 | 0,0992 | 0,0955 | 0,0906 | 0,0849 | 0,0786 | 0,0719 | 0,0650 | 0,0582 | 0,0516 | 15              |
| 16              | 0,0633 | 0,0719 | 0,0798 | 0,0866 | 0,0920 | 0,0960 | 0,0984 | 0,0992 | 0,0985 | 0,0963 | 0,0929 | 0,0884 | 0,0831 | 0,0772 | 0,0710 | 0,0646 | 16              |
| 17              | 0,0465 | 0,0550 | 0,0633 | 0,0713 | 0,0785 | 0,0847 | 0,0897 | 0,0934 | 0,0956 | 0,0963 | 0,0956 | 0,0936 | 0,0904 | 0,0863 | 0,0814 | 0,0760 | 17              |
| 18              | 0,0323 | 0,0397 | 0,0475 | 0,0554 | 0,0632 | 0,0706 | 0,0773 | 0,0830 | 0,0876 | 0,0909 | 0,0929 | 0,0936 | 0,0930 | 0,0911 | 0,0882 | 0,0844 | 18              |
| 19              | 0,0213 | 0,0272 | 0,0337 | 0,0409 | 0,0483 | 0,0557 | 0,0630 | 0,0699 | 0,0761 | 0,0814 | 0,0856 | 0,0887 | 0,0905 | 0,0911 | 0,0905 | 0,0888 | 19              |
| 20              | 0,0133 | 0,0177 | 0,0228 | 0,0286 | 0,0350 | 0,0418 | 0,0489 | 0,0559 | 0,0628 | 0,0692 | 0,0749 | 0,0798 | 0,0837 | 0,0866 | 0,0883 | 0,0888 | 20              |
| 21              | 0,0079 | 0,0109 | 0,0146 | 0,0191 | 0,0242 | 0,0299 | 0,0361 | 0,0426 | 0,0493 | 0,0560 | 0,0624 | 0,0684 | 0,0738 | 0,0783 | 0,0820 | 0,0846 | 21              |
| 22              | 0,0045 | 0,0065 | 0,0090 | 0,0121 | 0,0159 | 0,0204 | 0,0254 | 0,0310 | 0,0370 | 0,0433 | 0,0496 | 0,0560 | 0,0620 | 0,0676 | 0,0727 | 0,0769 | 22              |
| 23              | 0,0024 | 0,0037 | 0,0053 | 0,0074 | 0,0100 | 0,0133 | 0,0171 | 0,0216 | 0,0265 | 0,0320 | 0,0378 | 0,0438 | 0,0499 | 0,0559 | 0,0616 | 0,0669 | 23              |
| 24              | 0,0013 | 0,0020 | 0,0030 | 0,0043 | 0,0061 | 0,0083 | 0,0111 | 0,0144 | 0,0182 | 0,0226 | 0,0275 | 0,0328 | 0,0385 | 0,0442 | 0,0500 | 0,0557 | 24              |
| 25              | 0,0006 | 0,0010 | 0,0016 | 0,0024 | 0,0035 | 0,0050 | 0,0069 | 0,0092 | 0,0120 | 0,0154 | 0,0193 | 0,0237 | 0,0285 | 0,0336 | 0,0390 | 0,0446 | 25              |
| 26              | 0,0003 | 0,0005 | 0,0008 | 0,0013 | 0,0020 | 0,0029 | 0,0041 | 0,0057 | 0,0076 | 0,0101 | 0,0130 | 0,0164 | 0,0202 | 0,0246 | 0,0293 | 0,0343 | 26              |
| 27              | 0,0001 | 0,0002 | 0,0004 | 0,0007 | 0,0011 | 0,0016 | 0,0023 | 0,0034 | 0,0047 | 0,0063 | 0,0084 | 0,0109 | 0,0139 | 0,0173 | 0,0211 | 0,0254 | 27              |
| 28              | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0005 | 0,0009 | 0,0013 | 0,0019 | 0,0028 | 0,0038 | 0,0053 | 0,0070 | 0,0092 | 0,0117 | 0,0147 | 0,0181 | 28              |
| 29              | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0007 | 0,0011 | 0,0016 | 0,0023 | 0,0032 | 0,0044 | 0,0058 | 0,0077 | 0,0099 | 0,0125 | 29              |
| 30              |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0004 | 0,0006 | 0,0009 | 0,0013 | 0,0019 | 0,0026 | 0,0036 | 0,0049 | 0,0064 | 0,0083 | 30              |
| 31              |        |        | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0005 | 0,0007 | 0,0010 | 0,0015 | 0,0022 | 0,0030 | 0,0040 | 0,0054 | 0,0073 | 31              |
| 32              |        |        |        | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0004 | 0,0006 | 0,0009 | 0,0012 | 0,0018 | 0,0025 | 0,0034 | 32              |
| 33              |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0005 | 0,0007 | 0,0010 | 0,0015 | 0,0020 | 33              |
| 34              |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0004 | 0,0006 | 0,0008 | 0,0012 | 34              |
| 35              |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0005 | 0,0007 | 35              |
| 36              |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0006 | 36              |
| 37              |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 37              |
| 38              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 38              |
| 39              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 39              |
| 40              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 40              |

Tabla D.3: DISTRIBUCIÓN DE POISSON:  $f(x)$

| $\lambda = \mu$ | 20,5   | 21     | 21,5   | 22     | 22,5   | 23     | 23,5   | 24     | 24,5   | 25     | 25,5   | 26     | 26,5   | 27     | 27,5   | 28     | $\lambda = \mu$ |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|
| x               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | x               |
| 0               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0               |
| 1               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1               |
| 2               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 2               |
| 3               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 3               |
| 4               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 4               |
| 5               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 5               |
| 6               | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 6               |
| 7               | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 7               |
| 8               | 0,0010 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 8               |
| 9               | 0,0022 | 0,0017 | 0,0012 | 0,0009 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 9               |
| 10              | 0,0045 | 0,0035 | 0,0027 | 0,0020 | 0,0016 | 0,0012 | 0,0009 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 10              |
| 11              | 0,0084 | 0,0067 | 0,0052 | 0,0041 | 0,0032 | 0,0024 | 0,0019 | 0,0014 | 0,0011 | 0,0008 | 0,0006 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | 11              |
| 12              | 0,0144 | 0,0116 | 0,0094 | 0,0075 | 0,0059 | 0,0047 | 0,0037 | 0,0029 | 0,0022 | 0,0017 | 0,0013 | 0,0010 | 0,0008 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0003 | 12              |
| 13              | 0,0227 | 0,0188 | 0,0155 | 0,0127 | 0,0103 | 0,0083 | 0,0067 | 0,0053 | 0,0042 | 0,0033 | 0,0026 | 0,0020 | 0,0016 | 0,0012 | 0,0009 | 0,0007 | 13              |
| 14              | 0,0332 | 0,0282 | 0,0238 | 0,0199 | 0,0165 | 0,0136 | 0,0112 | 0,0091 | 0,0074 | 0,0059 | 0,0047 | 0,0038 | 0,0030 | 0,0024 | 0,0018 | 0,0014 | 14              |
| 15              | 0,0454 | 0,0395 | 0,0341 | 0,0292 | 0,0248 | 0,0209 | 0,0175 | 0,0146 | 0,0120 | 0,0099 | 0,0081 | 0,0066 | 0,0053 | 0,0042 | 0,0034 | 0,0027 | 15              |
| 16              | 0,0581 | 0,0518 | 0,0458 | 0,0401 | 0,0349 | 0,0301 | 0,0257 | 0,0219 | 0,0184 | 0,0155 | 0,0129 | 0,0106 | 0,0088 | 0,0072 | 0,0058 | 0,0047 | 16              |
| 17              | 0,0701 | 0,0640 | 0,0580 | 0,0520 | 0,0462 | 0,0407 | 0,0356 | 0,0309 | 0,0266 | 0,0227 | 0,0193 | 0,0163 | 0,0137 | 0,0114 | 0,0094 | 0,0078 | 17              |
| 18              | 0,0798 | 0,0747 | 0,0692 | 0,0635 | 0,0577 | 0,0520 | 0,0464 | 0,0412 | 0,0362 | 0,0316 | 0,0273 | 0,0235 | 0,0201 | 0,0171 | 0,0144 | 0,0121 | 18              |
| 19              | 0,0861 | 0,0826 | 0,0783 | 0,0735 | 0,0684 | 0,0629 | 0,0574 | 0,0520 | 0,0466 | 0,0415 | 0,0367 | 0,0322 | 0,0280 | 0,0243 | 0,0209 | 0,0178 | 19              |
| 20              | 0,0883 | 0,0867 | 0,0842 | 0,0809 | 0,0769 | 0,0724 | 0,0675 | 0,0624 | 0,0571 | 0,0519 | 0,0468 | 0,0418 | 0,0372 | 0,0327 | 0,0287 | 0,0249 | 20              |
| 21              | 0,0862 | 0,0867 | 0,0862 | 0,0847 | 0,0824 | 0,0793 | 0,0755 | 0,0713 | 0,0667 | 0,0618 | 0,0568 | 0,0518 | 0,0469 | 0,0421 | 0,0375 | 0,0332 | 21              |
| 22              | 0,0803 | 0,0828 | 0,0842 | 0,0847 | 0,0843 | 0,0829 | 0,0807 | 0,0778 | 0,0742 | 0,0702 | 0,0659 | 0,0612 | 0,0565 | 0,0517 | 0,0469 | 0,0423 | 22              |
| 23              | 0,0716 | 0,0756 | 0,0788 | 0,0810 | 0,0824 | 0,0829 | 0,0824 | 0,0812 | 0,0791 | 0,0763 | 0,0730 | 0,0692 | 0,0651 | 0,0607 | 0,0561 | 0,0515 | 23              |
| 24              | 0,0611 | 0,0661 | 0,0705 | 0,0743 | 0,0773 | 0,0794 | 0,0807 | 0,0812 | 0,0807 | 0,0795 | 0,0776 | 0,0750 | 0,0718 | 0,0682 | 0,0643 | 0,0601 | 24              |
| 25              | 0,0501 | 0,0555 | 0,0607 | 0,0654 | 0,0695 | 0,0731 | 0,0759 | 0,0779 | 0,0791 | 0,0795 | 0,0791 | 0,0780 | 0,0762 | 0,0737 | 0,0707 | 0,0673 | 25              |
| 26              | 0,0395 | 0,0449 | 0,0502 | 0,0553 | 0,0602 | 0,0646 | 0,0686 | 0,0719 | 0,0746 | 0,0765 | 0,0776 | 0,0780 | 0,0776 | 0,0765 | 0,0748 | 0,0725 | 26              |
| 27              | 0,0300 | 0,0349 | 0,0400 | 0,0451 | 0,0502 | 0,0551 | 0,0597 | 0,0639 | 0,0677 | 0,0708 | 0,0733 | 0,0751 | 0,0762 | 0,0765 | 0,0762 | 0,0752 | 27              |
| 28              | 0,0220 | 0,0262 | 0,0307 | 0,0354 | 0,0403 | 0,0452 | 0,0501 | 0,0548 | 0,0592 | 0,0632 | 0,0668 | 0,0697 | 0,0721 | 0,0738 | 0,0748 | 0,0752 | 28              |
| 29              | 0,0155 | 0,0190 | 0,0227 | 0,0269 | 0,0313 | 0,0359 | 0,0406 | 0,0453 | 0,0500 | 0,0545 | 0,0587 | 0,0625 | 0,0659 | 0,0687 | 0,0710 | 0,0726 | 29              |
| 30              | 0,0106 | 0,0133 | 0,0163 | 0,0197 | 0,0235 | 0,0275 | 0,0318 | 0,0363 | 0,0408 | 0,0454 | 0,0499 | 0,0542 | 0,0582 | 0,0618 | 0,0650 | 0,0677 | 30              |
| 31              | 0,0070 | 0,0090 | 0,0113 | 0,0140 | 0,0170 | 0,0204 | 0,0241 | 0,0281 | 0,0323 | 0,0366 | 0,0410 | 0,0454 | 0,0498 | 0,0539 | 0,0577 | 0,0612 | 31              |
| 32              | 0,0045 | 0,0059 | 0,0076 | 0,0096 | 0,0120 | 0,0147 | 0,0177 | 0,0211 | 0,0247 | 0,0286 | 0,0327 | 0,0369 | 0,0412 | 0,0454 | 0,0496 | 0,0535 | 32              |
| 33              | 0,0028 | 0,0038 | 0,0049 | 0,0064 | 0,0082 | 0,0102 | 0,0126 | 0,0153 | 0,0183 | 0,0217 | 0,0253 | 0,0291 | 0,0331 | 0,0372 | 0,0413 | 0,0454 | 33              |
| 34              | 0,0017 | 0,0023 | 0,0031 | 0,0041 | 0,0054 | 0,0069 | 0,0087 | 0,0108 | 0,0132 | 0,0159 | 0,0190 | 0,0222 | 0,0258 | 0,0295 | 0,0334 | 0,0374 | 34              |
| 35              | 0,0010 | 0,0014 | 0,0019 | 0,0026 | 0,0035 | 0,0045 | 0,0059 | 0,0074 | 0,0093 | 0,0114 | 0,0138 | 0,0165 | 0,0195 | 0,0228 | 0,0263 | 0,0299 | 35              |
| 36              | 0,0006 | 0,0008 | 0,0011 | 0,0016 | 0,0022 | 0,0029 | 0,0038 | 0,0049 | 0,0063 | 0,0079 | 0,0098 | 0,0119 | 0,0144 | 0,0171 | 0,0201 | 0,0233 | 36              |
| 37              | 0,0003 | 0,0005 | 0,0007 | 0,0009 | 0,0013 | 0,0018 | 0,0024 | 0,0032 | 0,0042 | 0,0053 | 0,0067 | 0,0084 | 0,0103 | 0,0125 | 0,0149 | 0,0176 | 37              |
| 38              | 0,0002 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0008 | 0,0011 | 0,0015 | 0,0020 | 0,0027 | 0,0035 | 0,0045 | 0,0057 | 0,0072 | 0,0089 | 0,0108 | 0,0130 | 38              |
| 39              | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0009 | 0,0012 | 0,0017 | 0,0023 | 0,0030 | 0,0038 | 0,0049 | 0,0061 | 0,0076 | 0,0093 | 39              |
| 40              | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0007 | 0,0010 | 0,0014 | 0,0019 | 0,0025 | 0,0032 | 0,0041 | 0,0052 | 0,0065 | 40              |
| 41              |        | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0006 | 0,0009 | 0,0012 | 0,0016 | 0,0021 | 0,0027 | 0,0035 | 0,0045 | 41              |
| 42              |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0007 | 0,0010 | 0,0013 | 0,0018 | 0,0023 | 0,0030 | 42              |
| 43              |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0006 | 0,0008 | 0,0011 | 0,0015 | 0,0019 | 43              |
| 44              |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0005 | 0,0007 | 0,0009 | 0,0012 | 44              |
| 45              |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0006 | 0,0008 | 45              |
| 46              |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0005 | 46              |
| 47              |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 47              |
| 48              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0002 | 48              |
| 49              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 49              |
| 50              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 50              |
| 51              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 | 0,0000 | 51              |



Tabla D.3: DISTRIBUCIÓN DE POISSON:  $f(x)$

| $\lambda = \mu$ | 28,5   | 29     | 29,5   | 30     | 30,5   | 31     | 31,5   | 32     | 32,5   | 33     | 33,5   | 34     | 34,5   | 35     | 35,5   | 36     | $\lambda = \mu$ |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|
| 0               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0               |
| 1               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1               |
| 2               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 2               |
| 3               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 3               |
| 4               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 4               |
| 5               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 5               |
| 6               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 6               |
| 7               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 7               |
| 8               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 8               |
| 9               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 9               |
| 10              | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 10              |
| 11              | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 11              |
| 12              | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 12              |
| 13              | 0,0006 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 13              |
| 14              | 0,0011 | 0,0009 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 14              |
| 15              | 0,0021 | 0,0017 | 0,0013 | 0,0010 | 0,0008 | 0,0006 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 15              |
| 16              | 0,0038 | 0,0030 | 0,0024 | 0,0019 | 0,0015 | 0,0012 | 0,0009 | 0,0007 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 16              |
| 17              | 0,0064 | 0,0052 | 0,0042 | 0,0034 | 0,0027 | 0,0022 | 0,0017 | 0,0014 | 0,0011 | 0,0009 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 17              |
| 18              | 0,0101 | 0,0084 | 0,0069 | 0,0057 | 0,0046 | 0,0038 | 0,0030 | 0,0024 | 0,0020 | 0,0016 | 0,0012 | 0,0010 | 0,0008 | 0,0006 | 0,0005 | 0,0004 | 18              |
| 19              | 0,0151 | 0,0128 | 0,0107 | 0,0089 | 0,0074 | 0,0061 | 0,0050 | 0,0041 | 0,0034 | 0,0027 | 0,0022 | 0,0018 | 0,0014 | 0,0011 | 0,0009 | 0,0007 | 19              |
| 20              | 0,0215 | 0,0185 | 0,0158 | 0,0134 | 0,0113 | 0,0095 | 0,0079 | 0,0066 | 0,0055 | 0,0045 | 0,0037 | 0,0030 | 0,0024 | 0,0020 | 0,0016 | 0,0013 | 20              |
| 21              | 0,0292 | 0,0256 | 0,0222 | 0,0192 | 0,0164 | 0,0140 | 0,0119 | 0,0101 | 0,0084 | 0,0071 | 0,0059 | 0,0049 | 0,0040 | 0,0033 | 0,0027 | 0,0022 | 21              |
| 22              | 0,0379 | 0,0337 | 0,0298 | 0,0261 | 0,0228 | 0,0198 | 0,0171 | 0,0146 | 0,0125 | 0,0106 | 0,0089 | 0,0075 | 0,0063 | 0,0052 | 0,0043 | 0,0036 | 22              |
| 23              | 0,0469 | 0,0425 | 0,0382 | 0,0341 | 0,0302 | 0,0266 | 0,0234 | 0,0203 | 0,0176 | 0,0152 | 0,0130 | 0,0111 | 0,0094 | 0,0080 | 0,0067 | 0,0056 | 23              |
| 24              | 0,0557 | 0,0513 | 0,0469 | 0,0426 | 0,0384 | 0,0344 | 0,0307 | 0,0271 | 0,0239 | 0,0209 | 0,0182 | 0,0157 | 0,0135 | 0,0116 | 0,0099 | 0,0084 | 24              |
| 25              | 0,0635 | 0,0595 | 0,0554 | 0,0511 | 0,0469 | 0,0427 | 0,0386 | 0,0347 | 0,0310 | 0,0276 | 0,0244 | 0,0214 | 0,0187 | 0,0162 | 0,0140 | 0,0121 | 25              |
| 26              | 0,0697 | 0,0664 | 0,0628 | 0,0590 | 0,0550 | 0,0509 | 0,0468 | 0,0427 | 0,0388 | 0,0350 | 0,0314 | 0,0280 | 0,0248 | 0,0219 | 0,0192 | 0,0167 | 26              |
| 27              | 0,0735 | 0,0713 | 0,0686 | 0,0655 | 0,0621 | 0,0584 | 0,0546 | 0,0507 | 0,0467 | 0,0428 | 0,0389 | 0,0352 | 0,0317 | 0,0283 | 0,0252 | 0,0223 | 27              |
| 28              | 0,0748 | 0,0739 | 0,0723 | 0,0702 | 0,0677 | 0,0647 | 0,0614 | 0,0579 | 0,0542 | 0,0504 | 0,0466 | 0,0428 | 0,0391 | 0,0354 | 0,0320 | 0,0287 | 28              |
| 29              | 0,0735 | 0,0739 | 0,0736 | 0,0726 | 0,0711 | 0,0692 | 0,0667 | 0,0639 | 0,0607 | 0,0574 | 0,0538 | 0,0502 | 0,0465 | 0,0428 | 0,0391 | 0,0356 | 29              |
| 30              | 0,0699 | 0,0714 | 0,0723 | 0,0726 | 0,0723 | 0,0715 | 0,0700 | 0,0681 | 0,0658 | 0,0631 | 0,0601 | 0,0568 | 0,0534 | 0,0499 | 0,0463 | 0,0427 | 30              |
| 31              | 0,0642 | 0,0668 | 0,0688 | 0,0703 | 0,0712 | 0,0715 | 0,0712 | 0,0703 | 0,0690 | 0,0672 | 0,0649 | 0,0623 | 0,0595 | 0,0563 | 0,0530 | 0,0496 | 31              |
| 32              | 0,0572 | 0,0605 | 0,0635 | 0,0659 | 0,0678 | 0,0692 | 0,0701 | 0,0703 | 0,0701 | 0,0693 | 0,0680 | 0,0662 | 0,0641 | 0,0616 | 0,0588 | 0,0558 | 32              |
| 33              | 0,0494 | 0,0532 | 0,0567 | 0,0599 | 0,0627 | 0,0650 | 0,0669 | 0,0682 | 0,0690 | 0,0693 | 0,0690 | 0,0683 | 0,0670 | 0,0654 | 0,0633 | 0,0609 | 33              |
| 34              | 0,0414 | 0,0454 | 0,0492 | 0,0529 | 0,0562 | 0,0593 | 0,0620 | 0,0642 | 0,0660 | 0,0672 | 0,0680 | 0,0683 | 0,0680 | 0,0673 | 0,0661 | 0,0645 | 34              |
| 35              | 0,0337 | 0,0376 | 0,0415 | 0,0453 | 0,0490 | 0,0525 | 0,0558 | 0,0587 | 0,0613 | 0,0634 | 0,0651 | 0,0663 | 0,0670 | 0,0673 | 0,0670 | 0,0663 | 35              |
| 36              | 0,0267 | 0,0303 | 0,0340 | 0,0378 | 0,0415 | 0,0452 | 0,0488 | 0,0522 | 0,0553 | 0,0581 | 0,0606 | 0,0626 | 0,0642 | 0,0654 | 0,0661 | 0,0663 | 36              |
| 37              | 0,0206 | 0,0237 | 0,0271 | 0,0306 | 0,0342 | 0,0379 | 0,0415 | 0,0451 | 0,0486 | 0,0518 | 0,0548 | 0,0575 | 0,0599 | 0,0619 | 0,0634 | 0,0645 | 37              |
| 38              | 0,0154 | 0,0181 | 0,0210 | 0,0242 | 0,0275 | 0,0309 | 0,0344 | 0,0380 | 0,0415 | 0,0450 | 0,0483 | 0,0515 | 0,0544 | 0,0570 | 0,0593 | 0,0611 | 38              |
| 39              | 0,0113 | 0,0135 | 0,0159 | 0,0186 | 0,0215 | 0,0246 | 0,0278 | 0,0312 | 0,0346 | 0,0381 | 0,0415 | 0,0449 | 0,0481 | 0,0511 | 0,0539 | 0,0564 | 39              |
| 40              | 0,0080 | 0,0098 | 0,0117 | 0,0139 | 0,0164 | 0,0190 | 0,0219 | 0,0249 | 0,0281 | 0,0314 | 0,0348 | 0,0382 | 0,0415 | 0,0447 | 0,0479 | 0,0508 | 40              |
| 41              | 0,0056 | 0,0069 | 0,0084 | 0,0102 | 0,0122 | 0,0144 | 0,0168 | 0,0195 | 0,0223 | 0,0253 | 0,0284 | 0,0316 | 0,0349 | 0,0382 | 0,0414 | 0,0446 | 41              |
| 42              | 0,0038 | 0,0048 | 0,0059 | 0,0073 | 0,0088 | 0,0106 | 0,0126 | 0,0148 | 0,0173 | 0,0199 | 0,0227 | 0,0256 | 0,0287 | 0,0318 | 0,0350 | 0,0382 | 42              |
| 43              | 0,0025 | 0,0032 | 0,0041 | 0,0051 | 0,0063 | 0,0077 | 0,0092 | 0,0110 | 0,0130 | 0,0152 | 0,0177 | 0,0203 | 0,0230 | 0,0259 | 0,0289 | 0,0320 | 43              |
| 44              | 0,0016 | 0,0021 | 0,0027 | 0,0035 | 0,0044 | 0,0054 | 0,0066 | 0,0080 | 0,0096 | 0,0114 | 0,0134 | 0,0156 | 0,0180 | 0,0206 | 0,0233 | 0,0262 | 44              |
| 45              | 0,0010 | 0,0014 | 0,0018 | 0,0023 | 0,0029 | 0,0037 | 0,0046 | 0,0057 | 0,0070 | 0,0084 | 0,0100 | 0,0118 | 0,0138 | 0,0160 | 0,0184 | 0,0210 | 45              |
| 46              | 0,0006 | 0,0009 | 0,0011 | 0,0015 | 0,0020 | 0,0025 | 0,0032 | 0,0040 | 0,0049 | 0,0060 | 0,0073 | 0,0087 | 0,0104 | 0,0122 | 0,0142 | 0,0164 | 46              |
| 47              | 0,0004 | 0,0005 | 0,0007 | 0,0010 | 0,0013 | 0,0017 | 0,0021 | 0,0027 | 0,0034 | 0,0042 | 0,0052 | 0,0063 | 0,0076 | 0,0091 | 0,0107 | 0,0126 | 47              |
| 48              | 0,0002 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0006 | 0,0008 | 0,0011 | 0,0014 | 0,0018 | 0,0023 | 0,0029 | 0,0036 | 0,0045 | 0,0055 | 0,0066 | 0,0079 | 0,0094 | 48              |
| 49              | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0007 | 0,0009 | 0,0012 | 0,0015 | 0,0020 | 0,0025 | 0,0031 | 0,0039 | 0,0047 | 0,0057 | 0,0069 | 49              |
| 50              | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0006 | 0,0008 | 0,0010 | 0,0013 | 0,0017 | 0,0021 | 0,0027 | 0,0033 | 0,0041 | 0,0050 | 50              |
| 51              | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0008 | 0,0011 | 0,0014 | 0,0018 | 0,0023 | 0,0028 | 0,0035 | 51              |

**ANEXO B. TABLA DE DISTRIBUCIÓN ACUMULADA DE POISSON.**

Tabla D.4: DISTRIBUCIÓN DE POISSON: F(x)

| $\lambda = \mu$ | 0,1    | 0,2    | 0,3    | 0,4    | 0,5    | 0,6    | 0,7    | 0,8    | 0,9    | 1      | 1,5    | 2      | 2,5    | 3      | 3,5    | 4      | $\lambda = \mu$ |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|
| x               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | x               |
| 0               | 0,9048 | 0,8187 | 0,7408 | 0,6703 | 0,6065 | 0,5488 | 0,4966 | 0,4493 | 0,4066 | 0,3679 | 0,2231 | 0,1353 | 0,0821 | 0,0498 | 0,0302 | 0,0183 | 0               |
| 1               | 0,9953 | 0,9825 | 0,9631 | 0,9384 | 0,9098 | 0,8781 | 0,8442 | 0,8088 | 0,7725 | 0,7358 | 0,5578 | 0,4060 | 0,2873 | 0,1991 | 0,1359 | 0,0916 | 1               |
| 2               | 0,9998 | 0,9989 | 0,9964 | 0,9921 | 0,9856 | 0,9769 | 0,9659 | 0,9526 | 0,9371 | 0,9197 | 0,8088 | 0,6767 | 0,5438 | 0,4232 | 0,3208 | 0,2381 | 2               |
| 3               | 1,0000 | 0,9999 | 0,9997 | 0,9992 | 0,9982 | 0,9966 | 0,9942 | 0,9909 | 0,9865 | 0,9810 | 0,9344 | 0,8571 | 0,7576 | 0,6472 | 0,5366 | 0,4335 | 3               |
| 4               |        | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9992 | 0,9986 | 0,9977 | 0,9963 | 0,9814 | 0,9473 | 0,8912 | 0,8153 | 0,7254 | 0,6288 | 4               |
| 5               |        |        |        | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9997 | 0,9994 | 0,9955 | 0,9834 | 0,9580 | 0,9161 | 0,8576 | 0,7851 | 5               |
| 6               |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9991 | 0,9955 | 0,9858 | 0,9665 | 0,9347 | 0,8893 | 6               |
| 7               |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9998 | 0,9989 | 0,9958 | 0,9881 | 0,9733 | 0,9489 | 7               |
| 8               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9998 | 0,9989 | 0,9962 | 0,9901 | 0,9786 | 8               |
| 9               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9997 | 0,9989 | 0,9967 | 0,9919 | 9               |
| 10              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,9999 | 0,9997 | 0,9990 | 0,9972 | 10              |
| 11              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9997 | 0,9991 | 11              |
| 12              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9997 | 12              |
| 13              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 13              |
| 14              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 14              |

| $\lambda = \mu$ | 4,5    | 5      | 5,5    | 6      | 6,5    | 7      | 7,5    | 8      | 8,5    | 9      | 9,5    | 10     | 10,5   | 11     | 11,5   | 12     | $\lambda = \mu$ |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|
| x               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | x               |
| 0               | 0,0111 | 0,0067 | 0,0041 | 0,0025 | 0,0015 | 0,0009 | 0,0006 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0               |
| 1               | 0,0611 | 0,0404 | 0,0266 | 0,0174 | 0,0113 | 0,0073 | 0,0047 | 0,0030 | 0,0019 | 0,0012 | 0,0008 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 1               |
| 2               | 0,1736 | 0,1247 | 0,0884 | 0,0620 | 0,0430 | 0,0296 | 0,0203 | 0,0138 | 0,0093 | 0,0062 | 0,0042 | 0,0028 | 0,0018 | 0,0012 | 0,0008 | 0,0005 | 2               |
| 3               | 0,3423 | 0,2650 | 0,2017 | 0,1512 | 0,1118 | 0,0818 | 0,0591 | 0,0424 | 0,0301 | 0,0212 | 0,0149 | 0,0103 | 0,0071 | 0,0049 | 0,0034 | 0,0023 | 3               |
| 4               | 0,5321 | 0,4405 | 0,3575 | 0,2851 | 0,2237 | 0,1730 | 0,1321 | 0,0996 | 0,0744 | 0,0550 | 0,0403 | 0,0293 | 0,0211 | 0,0151 | 0,0107 | 0,0076 | 4               |
| 5               | 0,7029 | 0,6160 | 0,5289 | 0,4457 | 0,3690 | 0,3007 | 0,2414 | 0,1912 | 0,1496 | 0,1157 | 0,0885 | 0,0671 | 0,0504 | 0,0375 | 0,0277 | 0,0203 | 5               |
| 6               | 0,8311 | 0,7622 | 0,6860 | 0,6063 | 0,5265 | 0,4497 | 0,3782 | 0,3134 | 0,2562 | 0,2068 | 0,1649 | 0,1301 | 0,1016 | 0,0786 | 0,0603 | 0,0458 | 6               |
| 7               | 0,9134 | 0,8666 | 0,8095 | 0,7440 | 0,6728 | 0,5987 | 0,5246 | 0,4530 | 0,3856 | 0,3239 | 0,2687 | 0,2202 | 0,1785 | 0,1432 | 0,1137 | 0,0895 | 7               |
| 8               | 0,9597 | 0,9319 | 0,8944 | 0,8472 | 0,7916 | 0,7291 | 0,6620 | 0,5925 | 0,5231 | 0,4557 | 0,3918 | 0,3328 | 0,2794 | 0,2320 | 0,1906 | 0,1550 | 8               |
| 9               | 0,9829 | 0,9682 | 0,9462 | 0,9161 | 0,8774 | 0,8305 | 0,7764 | 0,7166 | 0,6530 | 0,5874 | 0,5218 | 0,4579 | 0,3971 | 0,3405 | 0,2888 | 0,2424 | 9               |
| 10              | 0,9933 | 0,9863 | 0,9747 | 0,9574 | 0,9332 | 0,9015 | 0,8622 | 0,8159 | 0,7634 | 0,7060 | 0,6453 | 0,5830 | 0,5207 | 0,4599 | 0,4017 | 0,3472 | 10              |
| 11              | 0,9976 | 0,9945 | 0,9890 | 0,9799 | 0,9661 | 0,9467 | 0,9208 | 0,8881 | 0,8487 | 0,8030 | 0,7520 | 0,6968 | 0,6387 | 0,5793 | 0,5198 | 0,4616 | 11              |
| 12              | 0,9992 | 0,9980 | 0,9955 | 0,9912 | 0,9840 | 0,9730 | 0,9573 | 0,9362 | 0,9091 | 0,8758 | 0,8364 | 0,7916 | 0,7420 | 0,6887 | 0,6329 | 0,5760 | 12              |
| 13              | 0,9997 | 0,9993 | 0,9983 | 0,9964 | 0,9929 | 0,9872 | 0,9784 | 0,9658 | 0,9486 | 0,9261 | 0,8981 | 0,8645 | 0,8253 | 0,7813 | 0,7330 | 0,6815 | 13              |
| 14              | 0,9999 | 0,9998 | 0,9994 | 0,9986 | 0,9970 | 0,9943 | 0,9897 | 0,9827 | 0,9726 | 0,9585 | 0,9400 | 0,9165 | 0,8879 | 0,8540 | 0,8153 | 0,7720 | 14              |
| 15              | 1,0000 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9995 | 0,9988 | 0,9976 | 0,9954 | 0,9918 | 0,9862 | 0,9780 | 0,9665 | 0,9513 | 0,9317 | 0,9074 | 0,8783 | 0,8444 | 15              |
| 16              |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9990 | 0,9980 | 0,9963 | 0,9934 | 0,9889 | 0,9823 | 0,9730 | 0,9604 | 0,9441 | 0,9236 | 0,8987 | 16              |
| 17              |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9992 | 0,9984 | 0,9970 | 0,9947 | 0,9911 | 0,9857 | 0,9781 | 0,9678 | 0,9542 | 0,9370 | 17              |
| 18              |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9997 | 0,9993 | 0,9987 | 0,9976 | 0,9957 | 0,9928 | 0,9885 | 0,9823 | 0,9738 | 0,9626 | 18              |
| 19              |        |        |        |        | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9997 | 0,9995 | 0,9989 | 0,9980 | 0,9965 | 0,9942 | 0,9907 | 0,9857 | 0,9787 | 19              |
| 20              |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9991 | 0,9984 | 0,9972 | 0,9953 | 0,9925 | 0,9884 | 0,9844 | 20              |
| 21              |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9993 | 0,9987 | 0,9977 | 0,9962 | 0,9939 | 0,9920 | 21              |
| 22              |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9997 | 0,9994 | 0,9990 | 0,9982 | 0,9970 | 0,9955 | 22              |
| 23              |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9995 | 0,9992 | 0,9985 | 0,9975 | 23              |
| 24              |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9993 | 0,9985 | 24              |
| 25              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9997 | 0,9995 | 25              |
| 26              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 26              |
| 27              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 27              |
| 28              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 28              |

Tabla D.4: DISTRIBUCIÓN DE POISSON: F(x)

| $\lambda = \mu$ | 12,5   | 13     | 13,5   | 14     | 14,5   | 15     | 15,5   | 16     | 16,5   | 17     | 17,5   | 18     | 18,5   | 19     | 19,5   | 20     | $\lambda = \mu$ |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|
| 0               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0               |
| 1               | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1               |
| 2               | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 2               |
| 3               | 0,0016 | 0,0011 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 3               |
| 4               | 0,0053 | 0,0037 | 0,0026 | 0,0018 | 0,0012 | 0,0009 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 4               |
| 5               | 0,0148 | 0,0107 | 0,0077 | 0,0055 | 0,0039 | 0,0028 | 0,0020 | 0,0014 | 0,0010 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 5               |
| 6               | 0,0346 | 0,0259 | 0,0193 | 0,0142 | 0,0105 | 0,0076 | 0,0055 | 0,0040 | 0,0029 | 0,0021 | 0,0015 | 0,0010 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0003 | 6               |
| 7               | 0,0698 | 0,0540 | 0,0415 | 0,0316 | 0,0239 | 0,0180 | 0,0135 | 0,0100 | 0,0074 | 0,0054 | 0,0040 | 0,0029 | 0,0021 | 0,0015 | 0,0011 | 0,0008 | 7               |
| 8               | 0,1249 | 0,0998 | 0,0790 | 0,0621 | 0,0484 | 0,0374 | 0,0288 | 0,0220 | 0,0167 | 0,0126 | 0,0095 | 0,0071 | 0,0052 | 0,0039 | 0,0028 | 0,0021 | 8               |
| 9               | 0,2014 | 0,1658 | 0,1353 | 0,1094 | 0,0878 | 0,0699 | 0,0552 | 0,0433 | 0,0337 | 0,0261 | 0,0201 | 0,0154 | 0,0117 | 0,0089 | 0,0067 | 0,0050 | 9               |
| 10              | 0,2971 | 0,2517 | 0,2112 | 0,1757 | 0,1449 | 0,1185 | 0,0961 | 0,0774 | 0,0619 | 0,0491 | 0,0387 | 0,0304 | 0,0237 | 0,0183 | 0,0141 | 0,0108 | 10              |
| 11              | 0,4058 | 0,3532 | 0,3045 | 0,2600 | 0,2201 | 0,1848 | 0,1538 | 0,1270 | 0,1041 | 0,0847 | 0,0684 | 0,0549 | 0,0438 | 0,0347 | 0,0273 | 0,0214 | 11              |
| 12              | 0,5190 | 0,4631 | 0,4093 | 0,3585 | 0,3111 | 0,2676 | 0,2283 | 0,1931 | 0,1621 | 0,1350 | 0,1116 | 0,0917 | 0,0748 | 0,0606 | 0,0488 | 0,0390 | 12              |
| 13              | 0,6278 | 0,5730 | 0,5182 | 0,4644 | 0,4125 | 0,3632 | 0,3171 | 0,2745 | 0,2357 | 0,2009 | 0,1699 | 0,1426 | 0,1189 | 0,0984 | 0,0809 | 0,0661 | 13              |
| 14              | 0,7250 | 0,6751 | 0,6233 | 0,5704 | 0,5176 | 0,4657 | 0,4154 | 0,3675 | 0,3225 | 0,2808 | 0,2426 | 0,2081 | 0,1771 | 0,1497 | 0,1257 | 0,1049 | 14              |
| 15              | 0,8060 | 0,7636 | 0,7178 | 0,6694 | 0,6192 | 0,5681 | 0,5170 | 0,4667 | 0,4180 | 0,3715 | 0,3275 | 0,2867 | 0,2490 | 0,2148 | 0,1840 | 0,1565 | 15              |
| 16              | 0,8693 | 0,8355 | 0,7975 | 0,7559 | 0,7112 | 0,6641 | 0,6154 | 0,5660 | 0,5165 | 0,4677 | 0,4204 | 0,3751 | 0,3321 | 0,2920 | 0,2550 | 0,2211 | 16              |
| 17              | 0,9158 | 0,8905 | 0,8609 | 0,8272 | 0,7897 | 0,7489 | 0,7052 | 0,6593 | 0,6120 | 0,5640 | 0,5160 | 0,4686 | 0,4226 | 0,3784 | 0,3364 | 0,2970 | 17              |
| 18              | 0,9481 | 0,9302 | 0,9084 | 0,8826 | 0,8530 | 0,8195 | 0,7825 | 0,7423 | 0,6996 | 0,6550 | 0,6089 | 0,5622 | 0,5156 | 0,4695 | 0,4246 | 0,3814 | 18              |
| 19              | 0,9694 | 0,9573 | 0,9421 | 0,9235 | 0,9012 | 0,8752 | 0,8455 | 0,8122 | 0,7757 | 0,7363 | 0,6945 | 0,6509 | 0,6061 | 0,5606 | 0,5151 | 0,4703 | 19              |
| 20              | 0,9827 | 0,9750 | 0,9649 | 0,9521 | 0,9362 | 0,9170 | 0,8944 | 0,8682 | 0,8385 | 0,8055 | 0,7694 | 0,7307 | 0,6898 | 0,6472 | 0,6034 | 0,5591 | 20              |
| 21              | 0,9906 | 0,9859 | 0,9796 | 0,9712 | 0,9604 | 0,9469 | 0,9304 | 0,9108 | 0,8878 | 0,8615 | 0,8319 | 0,7991 | 0,7636 | 0,7255 | 0,6854 | 0,6437 | 21              |
| 22              | 0,9951 | 0,9924 | 0,9885 | 0,9833 | 0,9763 | 0,9673 | 0,9558 | 0,9418 | 0,9248 | 0,9047 | 0,8815 | 0,8551 | 0,8256 | 0,7931 | 0,7580 | 0,7206 | 22              |
| 23              | 0,9975 | 0,9960 | 0,9938 | 0,9907 | 0,9863 | 0,9805 | 0,9730 | 0,9633 | 0,9513 | 0,9367 | 0,9193 | 0,8989 | 0,8755 | 0,8490 | 0,8196 | 0,7875 | 23              |
| 24              | 0,9988 | 0,9980 | 0,9968 | 0,9950 | 0,9924 | 0,9888 | 0,9840 | 0,9777 | 0,9696 | 0,9594 | 0,9468 | 0,9317 | 0,9139 | 0,8933 | 0,8697 | 0,8432 | 24              |
| 25              | 0,9994 | 0,9990 | 0,9984 | 0,9974 | 0,9959 | 0,9938 | 0,9909 | 0,9869 | 0,9816 | 0,9748 | 0,9661 | 0,9554 | 0,9424 | 0,9269 | 0,9087 | 0,8878 | 25              |
| 26              | 0,9997 | 0,9995 | 0,9992 | 0,9987 | 0,9979 | 0,9967 | 0,9950 | 0,9925 | 0,9892 | 0,9848 | 0,9791 | 0,9718 | 0,9626 | 0,9514 | 0,9380 | 0,9221 | 26              |
| 27              | 0,9999 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9994 | 0,9989 | 0,9983 | 0,9973 | 0,9959 | 0,9939 | 0,9912 | 0,9875 | 0,9827 | 0,9765 | 0,9687 | 0,9591 | 0,9475 | 27              |
| 28              | 1,0000 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9997 | 0,9995 | 0,9991 | 0,9986 | 0,9978 | 0,9967 | 0,9950 | 0,9928 | 0,9897 | 0,9857 | 0,9805 | 0,9739 | 0,9657 | 28              |
| 29              |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9993 | 0,9989 | 0,9982 | 0,9973 | 0,9959 | 0,9941 | 0,9915 | 0,9882 | 0,9838 | 0,9782 | 29              |
| 30              |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9997 | 0,9994 | 0,9991 | 0,9986 | 0,9978 | 0,9967 | 0,9951 | 0,9930 | 0,9902 | 0,9865 | 30              |
| 31              |        |        |        | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9997 | 0,9995 | 0,9993 | 0,9988 | 0,9982 | 0,9973 | 0,9960 | 0,9943 | 0,9919 | 31              |
| 32              |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9994 | 0,9990 | 0,9985 | 0,9978 | 0,9967 | 0,9953 | 32              |
| 33              |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9997 | 0,9995 | 0,9992 | 0,9988 | 0,9982 | 0,9973 | 33              |
| 34              |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9994 | 0,9990 | 0,9985 | 34              |
| 35              |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9997 | 0,9995 | 0,9992 | 35              |
| 36              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9997 | 0,9996 | 36              |
| 37              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 37              |
| 38              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 38              |
| 39              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 39              |
| 40              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 40              |
| 41              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 41              |

Tabla D.4: DISTRIBUCIÓN DE POISSON: F(x)

| $\lambda = \mu$ | 20,5   | 21     | 21,5   | 22     | 22,5   | 23     | 23,5   | 24     | 24,5   | 25     | 25,5   | 26     | 26,5   | 27     | 27,5   | 28     | $\lambda = \mu$ |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|
| 0               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0               |
| 1               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1               |
| 2               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 2               |
| 3               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 3               |
| 4               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 4               |
| 5               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 5               |
| 6               | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 6               |
| 7               | 0,0006 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 7               |
| 8               | 0,0015 | 0,0011 | 0,0008 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 8               |
| 9               | 0,0037 | 0,0028 | 0,0020 | 0,0015 | 0,0011 | 0,0008 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 9               |
| 10              | 0,0082 | 0,0063 | 0,0047 | 0,0035 | 0,0027 | 0,0020 | 0,0015 | 0,0011 | 0,0008 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 10              |
| 11              | 0,0167 | 0,0129 | 0,0099 | 0,0076 | 0,0058 | 0,0044 | 0,0033 | 0,0025 | 0,0019 | 0,0014 | 0,0011 | 0,0008 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 11              |
| 12              | 0,0310 | 0,0245 | 0,0193 | 0,0151 | 0,0118 | 0,0091 | 0,0070 | 0,0054 | 0,0041 | 0,0031 | 0,0024 | 0,0018 | 0,0014 | 0,0010 | 0,0008 | 0,0006 | 12              |
| 13              | 0,0537 | 0,0434 | 0,0348 | 0,0278 | 0,0221 | 0,0174 | 0,0137 | 0,0107 | 0,0083 | 0,0065 | 0,0050 | 0,0038 | 0,0029 | 0,0022 | 0,0017 | 0,0013 | 13              |
| 14              | 0,0869 | 0,0716 | 0,0586 | 0,0477 | 0,0386 | 0,0311 | 0,0249 | 0,0198 | 0,0157 | 0,0124 | 0,0097 | 0,0076 | 0,0059 | 0,0046 | 0,0035 | 0,0027 | 14              |
| 15              | 0,1323 | 0,1111 | 0,0927 | 0,0769 | 0,0634 | 0,0520 | 0,0424 | 0,0344 | 0,0278 | 0,0223 | 0,0178 | 0,0142 | 0,0112 | 0,0088 | 0,0069 | 0,0054 | 15              |
| 16              | 0,1904 | 0,1629 | 0,1385 | 0,1170 | 0,0983 | 0,0821 | 0,0681 | 0,0563 | 0,0462 | 0,0377 | 0,0307 | 0,0248 | 0,0200 | 0,0160 | 0,0128 | 0,0101 | 16              |
| 17              | 0,2605 | 0,2270 | 0,1965 | 0,1690 | 0,1445 | 0,1228 | 0,1037 | 0,0871 | 0,0728 | 0,0605 | 0,0500 | 0,0411 | 0,0336 | 0,0274 | 0,0222 | 0,0179 | 17              |
| 18              | 0,3403 | 0,3017 | 0,2657 | 0,2325 | 0,2022 | 0,1748 | 0,1502 | 0,1283 | 0,1090 | 0,0920 | 0,0773 | 0,0646 | 0,0537 | 0,0445 | 0,0366 | 0,0300 | 18              |
| 19              | 0,4265 | 0,3843 | 0,3440 | 0,3060 | 0,2705 | 0,2377 | 0,2076 | 0,1803 | 0,1556 | 0,1336 | 0,1140 | 0,0968 | 0,0818 | 0,0687 | 0,0575 | 0,0478 | 19              |
| 20              | 0,5148 | 0,4710 | 0,4282 | 0,3869 | 0,3474 | 0,3101 | 0,2751 | 0,2426 | 0,2128 | 0,1855 | 0,1608 | 0,1387 | 0,1189 | 0,1015 | 0,0861 | 0,0727 | 20              |
| 21              | 0,6010 | 0,5577 | 0,5144 | 0,4716 | 0,4298 | 0,3894 | 0,3507 | 0,3139 | 0,2794 | 0,2473 | 0,2176 | 0,1905 | 0,1658 | 0,1436 | 0,1237 | 0,1060 | 21              |
| 22              | 0,6813 | 0,6405 | 0,5987 | 0,5564 | 0,5141 | 0,4723 | 0,4313 | 0,3917 | 0,3537 | 0,3175 | 0,2835 | 0,2517 | 0,2223 | 0,1952 | 0,1706 | 0,1483 | 22              |
| 23              | 0,7528 | 0,7160 | 0,6774 | 0,6374 | 0,5965 | 0,5551 | 0,5138 | 0,4728 | 0,4328 | 0,3939 | 0,3565 | 0,3209 | 0,2874 | 0,2559 | 0,2267 | 0,1998 | 23              |
| 24              | 0,8140 | 0,7822 | 0,7480 | 0,7117 | 0,6738 | 0,6346 | 0,5945 | 0,5540 | 0,5135 | 0,4734 | 0,4341 | 0,3959 | 0,3592 | 0,3242 | 0,2910 | 0,2599 | 24              |
| 25              | 0,8641 | 0,8377 | 0,8086 | 0,7771 | 0,7433 | 0,7077 | 0,6704 | 0,6319 | 0,5926 | 0,5529 | 0,5132 | 0,4739 | 0,4354 | 0,3979 | 0,3617 | 0,3272 | 25              |
| 26              | 0,9037 | 0,8826 | 0,8588 | 0,8324 | 0,8035 | 0,7723 | 0,7390 | 0,7038 | 0,6672 | 0,6294 | 0,5908 | 0,5519 | 0,5130 | 0,4744 | 0,4365 | 0,3997 | 26              |
| 27              | 0,9337 | 0,9175 | 0,8988 | 0,8775 | 0,8537 | 0,8274 | 0,7987 | 0,7677 | 0,7348 | 0,7002 | 0,6641 | 0,6270 | 0,5892 | 0,5509 | 0,5127 | 0,4749 | 27              |
| 28              | 0,9557 | 0,9436 | 0,9294 | 0,9129 | 0,8940 | 0,8726 | 0,8488 | 0,8225 | 0,7940 | 0,7634 | 0,7309 | 0,6967 | 0,6613 | 0,6247 | 0,5876 | 0,5500 | 28              |
| 29              | 0,9712 | 0,9626 | 0,9522 | 0,9398 | 0,9253 | 0,9085 | 0,8894 | 0,8679 | 0,8440 | 0,8179 | 0,7896 | 0,7593 | 0,7271 | 0,6935 | 0,6585 | 0,6226 | 29              |
| 30              | 0,9818 | 0,9758 | 0,9685 | 0,9595 | 0,9487 | 0,9360 | 0,9212 | 0,9042 | 0,8849 | 0,8633 | 0,8395 | 0,8134 | 0,7853 | 0,7553 | 0,7236 | 0,6903 | 30              |
| 31              | 0,9888 | 0,9848 | 0,9798 | 0,9735 | 0,9657 | 0,9564 | 0,9453 | 0,9322 | 0,9172 | 0,8999 | 0,8805 | 0,8589 | 0,8351 | 0,8092 | 0,7813 | 0,7515 | 31              |
| 32              | 0,9933 | 0,9907 | 0,9874 | 0,9831 | 0,9777 | 0,9711 | 0,9630 | 0,9533 | 0,9419 | 0,9285 | 0,9132 | 0,8958 | 0,8763 | 0,8546 | 0,8309 | 0,8051 | 32              |
| 33              | 0,9961 | 0,9945 | 0,9923 | 0,9895 | 0,9859 | 0,9813 | 0,9756 | 0,9686 | 0,9602 | 0,9502 | 0,9385 | 0,9249 | 0,9094 | 0,8918 | 0,8722 | 0,8505 | 33              |
| 34              | 0,9978 | 0,9968 | 0,9954 | 0,9936 | 0,9913 | 0,9882 | 0,9843 | 0,9794 | 0,9734 | 0,9662 | 0,9574 | 0,9472 | 0,9352 | 0,9213 | 0,9056 | 0,8879 | 34              |
| 35              | 0,9988 | 0,9982 | 0,9974 | 0,9962 | 0,9947 | 0,9927 | 0,9902 | 0,9868 | 0,9827 | 0,9775 | 0,9713 | 0,9637 | 0,9547 | 0,9441 | 0,9319 | 0,9178 | 35              |
| 36              | 0,9993 | 0,9990 | 0,9985 | 0,9978 | 0,9969 | 0,9956 | 0,9940 | 0,9918 | 0,9890 | 0,9854 | 0,9810 | 0,9756 | 0,9691 | 0,9612 | 0,9519 | 0,9411 | 36              |
| 37              | 0,9997 | 0,9995 | 0,9992 | 0,9988 | 0,9982 | 0,9974 | 0,9964 | 0,9950 | 0,9932 | 0,9908 | 0,9878 | 0,9840 | 0,9793 | 0,9737 | 0,9668 | 0,9587 | 37              |
| 38              | 0,9998 | 0,9997 | 0,9996 | 0,9993 | 0,9990 | 0,9985 | 0,9979 | 0,9970 | 0,9958 | 0,9943 | 0,9923 | 0,9897 | 0,9865 | 0,9825 | 0,9776 | 0,9717 | 38              |
| 39              | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9995 | 0,9992 | 0,9988 | 0,9983 | 0,9975 | 0,9966 | 0,9953 | 0,9936 | 0,9914 | 0,9887 | 0,9852 | 0,9810 | 39              |
| 40              | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9997 | 0,9996 | 0,9993 | 0,9990 | 0,9986 | 0,9980 | 0,9971 | 0,9961 | 0,9946 | 0,9928 | 0,9905 | 0,9875 | 40              |
| 41              |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9995 | 0,9992 | 0,9988 | 0,9983 | 0,9976 | 0,9967 | 0,9955 | 0,9940 | 0,9920 | 41              |
| 42              |        |        | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9997 | 0,9995 | 0,9993 | 0,9990 | 0,9986 | 0,9980 | 0,9973 | 0,9963 | 0,9950 | 42              |
| 43              |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9995 | 0,9992 | 0,9989 | 0,9984 | 0,9977 | 0,9969 | 43              |
| 44              |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9997 | 0,9996 | 0,9993 | 0,9991 | 0,9987 | 0,9981 | 44              |
| 45              |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9995 | 0,9992 | 0,9989 | 45              |
| 46              |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9997 | 0,9996 | 0,9994 | 46              |
| 47              |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9996 | 47              |
| 48              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 48              |
| 49              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 49              |
| 50              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 0,9999 | 50              |
| 51              |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 1,0000 | 51              |

Tabla D.4: DISTRIBUCIÓN DE POISSON: F(x)

| $\lambda = \mu$ | 28,5   | 29     | 29,5   | 30     | 30,5   | 31     | 31,5   | 32     | 32,5   | 33     | 33,5   | 34     | 34,5   | 35     | 35,5   | 36     | $\lambda = \mu$ |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|
| x               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | x               |
| 0               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0               |
| 1               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1               |
| 2               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 2               |
| 3               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 3               |
| 4               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 4               |
| 5               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 5               |
| 6               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 6               |
| 7               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 7               |
| 8               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 8               |
| 9               | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 9               |
| 10              | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 10              |
| 11              | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 11              |
| 12              | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 12              |
| 13              | 0,0010 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 13              |
| 14              | 0,0021 | 0,0016 | 0,0012 | 0,0009 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 14              |
| 15              | 0,0042 | 0,0033 | 0,0025 | 0,0019 | 0,0015 | 0,0011 | 0,0009 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 15              |
| 16              | 0,0080 | 0,0063 | 0,0050 | 0,0039 | 0,0030 | 0,0023 | 0,0018 | 0,0014 | 0,0011 | 0,0008 | 0,0006 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 16              |
| 17              | 0,0144 | 0,0115 | 0,0092 | 0,0073 | 0,0057 | 0,0045 | 0,0035 | 0,0028 | 0,0022 | 0,0017 | 0,0013 | 0,0010 | 0,0008 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0003 | 17              |
| 18              | 0,0245 | 0,0199 | 0,0161 | 0,0129 | 0,0104 | 0,0083 | 0,0066 | 0,0052 | 0,0041 | 0,0032 | 0,0025 | 0,0020 | 0,0015 | 0,0012 | 0,0009 | 0,0007 | 18              |
| 19              | 0,0396 | 0,0326 | 0,0268 | 0,0219 | 0,0178 | 0,0144 | 0,0116 | 0,0093 | 0,0075 | 0,0060 | 0,0047 | 0,0037 | 0,0030 | 0,0023 | 0,0018 | 0,0014 | 19              |
| 20              | 0,0611 | 0,0511 | 0,0426 | 0,0353 | 0,0291 | 0,0239 | 0,0196 | 0,0159 | 0,0129 | 0,0105 | 0,0084 | 0,0068 | 0,0054 | 0,0043 | 0,0034 | 0,0027 | 20              |
| 21              | 0,0904 | 0,0767 | 0,0648 | 0,0544 | 0,0456 | 0,0379 | 0,0315 | 0,0260 | 0,0214 | 0,0175 | 0,0143 | 0,0116 | 0,0094 | 0,0076 | 0,0061 | 0,0049 | 21              |
| 22              | 0,1283 | 0,1104 | 0,0945 | 0,0806 | 0,0684 | 0,0577 | 0,0485 | 0,0406 | 0,0339 | 0,0281 | 0,0232 | 0,0191 | 0,0157 | 0,0128 | 0,0104 | 0,0085 | 22              |
| 23              | 0,1752 | 0,1529 | 0,1327 | 0,1146 | 0,0986 | 0,0844 | 0,0719 | 0,0610 | 0,0515 | 0,0433 | 0,0363 | 0,0302 | 0,0251 | 0,0208 | 0,0171 | 0,0141 | 23              |
| 24              | 0,2309 | 0,2042 | 0,1796 | 0,1572 | 0,1370 | 0,1188 | 0,1025 | 0,0881 | 0,0754 | 0,0642 | 0,0544 | 0,0460 | 0,0387 | 0,0324 | 0,0270 | 0,0224 | 24              |
| 25              | 0,2945 | 0,2637 | 0,2350 | 0,2084 | 0,1839 | 0,1615 | 0,1412 | 0,1228 | 0,1064 | 0,0918 | 0,0788 | 0,0674 | 0,0573 | 0,0486 | 0,0411 | 0,0345 | 25              |
| 26              | 0,3641 | 0,3301 | 0,2978 | 0,2673 | 0,2388 | 0,2124 | 0,1880 | 0,1656 | 0,1452 | 0,1268 | 0,1102 | 0,0953 | 0,0821 | 0,0705 | 0,0602 | 0,0513 | 26              |
| 27              | 0,4377 | 0,4014 | 0,3664 | 0,3329 | 0,3009 | 0,2708 | 0,2425 | 0,2162 | 0,1919 | 0,1695 | 0,1491 | 0,1306 | 0,1138 | 0,0988 | 0,0855 | 0,0736 | 27              |
| 28              | 0,5125 | 0,4753 | 0,4387 | 0,4031 | 0,3686 | 0,3355 | 0,3040 | 0,2741 | 0,2461 | 0,2199 | 0,1957 | 0,1733 | 0,1529 | 0,1343 | 0,1174 | 0,1023 | 28              |
| 29              | 0,5861 | 0,5492 | 0,5123 | 0,4757 | 0,4397 | 0,4047 | 0,3707 | 0,3380 | 0,3068 | 0,2773 | 0,2495 | 0,2235 | 0,1994 | 0,1770 | 0,1566 | 0,1379 | 29              |
| 30              | 0,6559 | 0,6206 | 0,5846 | 0,5484 | 0,5121 | 0,4761 | 0,4407 | 0,4061 | 0,3726 | 0,3404 | 0,3096 | 0,2804 | 0,2528 | 0,2269 | 0,2029 | 0,1806 | 30              |
| 31              | 0,7202 | 0,6874 | 0,6534 | 0,6186 | 0,5833 | 0,5476 | 0,5119 | 0,4765 | 0,4416 | 0,4076 | 0,3745 | 0,3427 | 0,3122 | 0,2833 | 0,2559 | 0,2303 | 31              |
| 32              | 0,7774 | 0,7479 | 0,7169 | 0,6845 | 0,6511 | 0,6168 | 0,5820 | 0,5468 | 0,5117 | 0,4768 | 0,4425 | 0,4089 | 0,3763 | 0,3449 | 0,3148 | 0,2861 | 32              |
| 33              | 0,8268 | 0,8011 | 0,7736 | 0,7444 | 0,7138 | 0,6818 | 0,6488 | 0,6150 | 0,5807 | 0,5461 | 0,5115 | 0,4772 | 0,4434 | 0,4102 | 0,3781 | 0,3470 | 33              |
| 34              | 0,8682 | 0,8465 | 0,8228 | 0,7973 | 0,7700 | 0,7411 | 0,7108 | 0,6792 | 0,6467 | 0,6134 | 0,5795 | 0,5454 | 0,5114 | 0,4775 | 0,4442 | 0,4115 | 34              |
| 35              | 0,9019 | 0,8841 | 0,8643 | 0,8426 | 0,8190 | 0,7936 | 0,7666 | 0,7379 | 0,7079 | 0,6767 | 0,6446 | 0,6117 | 0,5784 | 0,5448 | 0,5112 | 0,4778 | 35              |
| 36              | 0,9286 | 0,9144 | 0,8983 | 0,8804 | 0,8606 | 0,8389 | 0,8154 | 0,7901 | 0,7632 | 0,7349 | 0,7052 | 0,6744 | 0,6426 | 0,6102 | 0,5773 | 0,5442 | 36              |
| 37              | 0,9492 | 0,9381 | 0,9254 | 0,9110 | 0,8948 | 0,8768 | 0,8569 | 0,8352 | 0,8118 | 0,7867 | 0,7600 | 0,7319 | 0,7025 | 0,6721 | 0,6407 | 0,6087 | 37              |
| 38              | 0,9646 | 0,9562 | 0,9464 | 0,9352 | 0,9223 | 0,9077 | 0,8913 | 0,8732 | 0,8533 | 0,8317 | 0,8083 | 0,7834 | 0,7569 | 0,7291 | 0,7000 | 0,6699 | 38              |
| 39              | 0,9759 | 0,9697 | 0,9624 | 0,9537 | 0,9437 | 0,9322 | 0,9191 | 0,9044 | 0,8880 | 0,8698 | 0,8499 | 0,8283 | 0,8050 | 0,7802 | 0,7539 | 0,7263 | 39              |
| 40              | 0,9839 | 0,9795 | 0,9741 | 0,9677 | 0,9601 | 0,9513 | 0,9410 | 0,9293 | 0,9161 | 0,9012 | 0,8846 | 0,8664 | 0,8465 | 0,8249 | 0,8018 | 0,7771 | 40              |
| 41              | 0,9895 | 0,9864 | 0,9825 | 0,9779 | 0,9723 | 0,9657 | 0,9579 | 0,9488 | 0,9384 | 0,9265 | 0,9131 | 0,8981 | 0,8814 | 0,8631 | 0,8432 | 0,8217 | 41              |
| 42              | 0,9933 | 0,9911 | 0,9885 | 0,9852 | 0,9812 | 0,9763 | 0,9705 | 0,9636 | 0,9556 | 0,9464 | 0,9357 | 0,9237 | 0,9101 | 0,8950 | 0,8783 | 0,8599 | 42              |
| 43              | 0,9958 | 0,9944 | 0,9925 | 0,9903 | 0,9874 | 0,9840 | 0,9797 | 0,9747 | 0,9687 | 0,9616 | 0,9534 | 0,9439 | 0,9331 | 0,9209 | 0,9072 | 0,8919 | 43              |
| 44              | 0,9974 | 0,9965 | 0,9953 | 0,9937 | 0,9918 | 0,9894 | 0,9864 | 0,9827 | 0,9783 | 0,9730 | 0,9668 | 0,9596 | 0,9511 | 0,9415 | 0,9305 | 0,9181 | 44              |
| 45              | 0,9984 | 0,9978 | 0,9971 | 0,9960 | 0,9947 | 0,9931 | 0,9910 | 0,9884 | 0,9853 | 0,9814 | 0,9768 | 0,9714 | 0,9650 | 0,9575 | 0,9489 | 0,9391 | 45              |
| 46              | 0,9991 | 0,9987 | 0,9982 | 0,9975 | 0,9967 | 0,9956 | 0,9942 | 0,9924 | 0,9902 | 0,9874 | 0,9841 | 0,9801 | 0,9754 | 0,9697 | 0,9631 | 0,9555 | 46              |
| 47              | 0,9995 | 0,9992 | 0,9989 | 0,9985 | 0,9980 | 0,9972 | 0,9963 | 0,9951 | 0,9936 | 0,9917 | 0,9893 | 0,9864 | 0,9830 | 0,9788 | 0,9739 | 0,9680 | 47              |
| 48              | 0,9997 | 0,9996 | 0,9994 | 0,9991 | 0,9988 | 0,9983 | 0,9977 | 0,9969 | 0,9959 | 0,9946 | 0,9929 | 0,9909 | 0,9884 | 0,9854 | 0,9818 | 0,9775 | 48              |
| 49              | 0,9998 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9995 | 0,9993 | 0,9990 | 0,9986 | 0,9981 | 0,9974 | 0,9965 | 0,9954 | 0,9940 | 0,9923 | 0,9902 | 0,9875 | 0,9844 | 49              |
| 50              | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9997 | 0,9996 | 0,9994 | 0,9991 | 0,9988 | 0,9984 | 0,9978 | 0,9971 | 0,9961 | 0,9950 | 0,9935 | 0,9916 | 0,9894 | 50              |
| 51              | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9995 | 0,9993 | 0,9990 | 0,9987 | 0,9982 | 0,9976 | 0,9968 | 0,9957 | 0,9945 | 0,9929 | 51              |

**ANEXO C. TABLA DE DISTRIBUCIÓN CHI CUADRADA  $\chi^2$**

**TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado  $\chi^2$**

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

| v/p | 0,001   | 0,0025  | 0,005   | 0,01    | 0,025   | 0,05    | 0,1     | 0,15    | 0,2     | 0,25    | 0,3     | 0,35    | 0,4     | 0,45    | 0,5     |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1   | 10,8274 | 9,1404  | 7,8794  | 6,6349  | 5,0239  | 3,8415  | 2,7055  | 2,0722  | 1,6424  | 1,3233  | 1,0742  | 0,8735  | 0,7083  | 0,5707  | 0,4549  |
| 2   | 13,8150 | 11,9827 | 10,5965 | 9,2104  | 7,3778  | 5,9915  | 4,6052  | 3,7942  | 3,2189  | 2,7726  | 2,4079  | 2,0996  | 1,8326  | 1,5970  | 1,3863  |
| 3   | 16,2660 | 14,3202 | 12,8381 | 11,3449 | 9,3484  | 7,8147  | 6,2514  | 5,3170  | 4,6416  | 4,1083  | 3,6649  | 3,2831  | 2,9462  | 2,6430  | 2,3660  |
| 4   | 18,4662 | 16,4238 | 14,8602 | 13,2767 | 11,1433 | 9,4877  | 7,7794  | 6,7449  | 5,9886  | 5,3853  | 4,8784  | 4,4377  | 4,0446  | 3,6871  | 3,3567  |
| 5   | 20,5147 | 18,3854 | 16,7496 | 15,0863 | 12,8325 | 11,0705 | 9,2363  | 8,1152  | 7,2893  | 6,6257  | 6,0644  | 5,5731  | 5,1319  | 4,7278  | 4,3515  |
| 6   | 22,4575 | 20,2491 | 18,5475 | 16,8119 | 14,4494 | 12,5916 | 10,6446 | 9,4461  | 8,5581  | 7,8408  | 7,2311  | 6,6948  | 6,2108  | 5,7652  | 5,3481  |
| 7   | 24,3213 | 22,0402 | 20,2777 | 18,4753 | 16,0128 | 14,0671 | 12,0170 | 10,7479 | 9,8032  | 9,0371  | 8,3834  | 7,8061  | 7,2832  | 6,8000  | 6,3458  |
| 8   | 26,1239 | 23,7742 | 21,9549 | 20,0902 | 17,5345 | 15,5073 | 13,3616 | 12,0271 | 11,0301 | 10,2189 | 9,5245  | 8,9094  | 8,3505  | 7,8325  | 7,3441  |
| 9   | 27,8767 | 25,4625 | 23,5893 | 21,6660 | 19,0228 | 16,9190 | 14,6837 | 13,2880 | 12,2421 | 11,3887 | 10,6564 | 10,0060 | 9,4136  | 8,8632  | 8,3428  |
| 10  | 29,5879 | 27,1119 | 25,1881 | 23,2093 | 20,4832 | 18,3070 | 15,9872 | 14,5339 | 13,4420 | 12,5489 | 11,7807 | 11,0971 | 10,4732 | 9,8922  | 9,3418  |
| 11  | 31,2635 | 28,7291 | 26,7569 | 24,7250 | 21,9200 | 19,6752 | 17,2750 | 15,7671 | 14,6314 | 13,7007 | 12,8987 | 12,1836 | 11,5298 | 10,9199 | 10,3410 |
| 12  | 32,9092 | 30,3182 | 28,2997 | 26,2170 | 23,3367 | 21,0261 | 18,5493 | 16,9893 | 15,8120 | 14,8454 | 14,0111 | 13,2661 | 12,5838 | 11,9463 | 11,3403 |
| 13  | 34,5274 | 31,8830 | 29,8193 | 27,6882 | 24,7356 | 22,3620 | 19,8119 | 18,2020 | 16,9848 | 15,9839 | 15,1187 | 14,3451 | 13,6356 | 12,9717 | 12,3398 |
| 14  | 36,1239 | 33,4262 | 31,3194 | 29,1412 | 26,1189 | 23,6848 | 21,0641 | 19,4062 | 18,1508 | 17,1169 | 16,2221 | 15,4209 | 14,6853 | 13,9961 | 13,3393 |
| 15  | 37,6978 | 34,9494 | 32,8015 | 30,5780 | 27,4884 | 24,9958 | 22,3071 | 20,6030 | 19,3107 | 18,2451 | 17,3217 | 16,4940 | 15,7332 | 15,0197 | 14,3389 |
| 16  | 39,2518 | 36,4555 | 34,2671 | 31,9999 | 28,8453 | 26,2962 | 23,5418 | 21,7931 | 20,4651 | 19,3689 | 18,4179 | 17,5646 | 16,7795 | 16,0425 | 15,3385 |
| 17  | 40,7911 | 37,9462 | 35,7184 | 33,4087 | 30,1910 | 27,5871 | 24,7690 | 22,9770 | 21,6146 | 20,4887 | 19,5110 | 18,6330 | 17,8244 | 17,0646 | 16,3382 |
| 18  | 42,3119 | 39,4220 | 37,1564 | 34,8052 | 31,5264 | 28,8693 | 25,9894 | 24,1555 | 22,7595 | 21,6049 | 20,6014 | 19,6993 | 18,8679 | 18,0860 | 17,3379 |
| 19  | 43,8194 | 40,8847 | 38,5821 | 36,1908 | 32,8523 | 30,1435 | 27,2036 | 25,3289 | 23,9004 | 22,7178 | 21,6891 | 20,7638 | 19,9102 | 19,1069 | 18,3376 |
| 20  | 45,3142 | 42,3358 | 39,9969 | 37,5663 | 34,1696 | 31,4104 | 28,4120 | 26,4976 | 25,0375 | 23,8277 | 22,7745 | 21,8265 | 20,9514 | 20,1272 | 19,3374 |
| 21  | 46,7963 | 43,7749 | 41,4009 | 38,9322 | 35,4789 | 32,6706 | 29,6151 | 27,6620 | 26,1711 | 24,9348 | 23,8578 | 22,8876 | 21,9915 | 21,1470 | 20,3372 |
| 22  | 48,2676 | 45,2041 | 42,7957 | 40,2894 | 36,7807 | 33,9245 | 30,8133 | 28,8224 | 27,3015 | 26,0393 | 24,9390 | 23,9473 | 23,0307 | 22,1663 | 21,3370 |
| 23  | 49,7276 | 46,6231 | 44,1814 | 41,6383 | 38,0756 | 35,1725 | 32,0069 | 29,9792 | 28,4288 | 27,1413 | 26,0184 | 25,0055 | 24,0689 | 23,1852 | 22,3369 |
| 24  | 51,1790 | 48,0336 | 45,5584 | 42,9798 | 39,3641 | 36,4150 | 33,1962 | 31,1325 | 29,5533 | 28,2412 | 27,0960 | 26,0625 | 25,1064 | 24,2037 | 23,3367 |
| 25  | 52,6187 | 49,4351 | 46,9280 | 44,3140 | 40,6465 | 37,6525 | 34,3816 | 32,2825 | 30,6752 | 29,3388 | 28,1719 | 27,1183 | 26,1430 | 25,2218 | 24,3366 |
| 26  | 54,0511 | 50,8291 | 48,2898 | 45,6416 | 41,9231 | 38,8851 | 35,5632 | 33,4295 | 31,7946 | 30,4346 | 29,2463 | 28,1730 | 27,1789 | 26,2395 | 25,3365 |
| 27  | 55,4751 | 52,2152 | 49,6450 | 46,9628 | 43,1945 | 40,1133 | 36,7412 | 34,5736 | 32,9117 | 31,5284 | 30,3193 | 29,2266 | 28,2141 | 27,2569 | 26,3363 |
| 28  | 56,8918 | 53,5939 | 50,9936 | 48,2782 | 44,4608 | 41,3372 | 37,9159 | 35,7150 | 34,0266 | 32,6205 | 31,3909 | 30,2791 | 29,2486 | 28,2740 | 27,3362 |
| 29  | 58,3006 | 54,9662 | 52,3355 | 49,5878 | 45,7223 | 42,5569 | 39,0875 | 36,8538 | 35,1394 | 33,7109 | 32,4612 | 31,3308 | 30,2825 | 29,2908 | 28,3361 |



**TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado  $\chi^2$ . (Continuación)**

| <b>v/p</b> | <b>0,001</b> | <b>0,0025</b> | <b>0,005</b> | <b>0,01</b> | <b>0,025</b> | <b>0,05</b> | <b>0,1</b> | <b>0,15</b> | <b>0,2</b> | <b>0,25</b> | <b>0,3</b> | <b>0,35</b> | <b>0,4</b> | <b>0,45</b> | <b>0,5</b> |
|------------|--------------|---------------|--------------|-------------|--------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| <b>30</b>  | 59,7022      | 56,3325       | 53,6719      | 50,8922     | 46,9792      | 43,7730     | 40,2560    | 37,9902     | 36,2502    | 34,7997     | 33,5302    | 32,3815     | 31,3159    | 30,3073     | 29,3360    |
| <b>31</b>  | 61,0980      | 57,6921       | 55,0025      | 52,1914     | 48,2319      | 44,9853     | 41,4217    | 39,1244     | 37,3591    | 35,8871     | 34,5981    | 33,4314     | 32,3486    | 31,3235     | 30,3359    |
| <b>32</b>  | 62,4873      | 59,0461       | 56,3280      | 53,4857     | 49,4804      | 46,1942     | 42,5847    | 40,2563     | 38,4663    | 36,9730     | 35,6649    | 34,4804     | 33,3809    | 32,3394     | 31,3359    |
| <b>33</b>  | 63,8694      | 60,3953       | 57,6483      | 54,7754     | 50,7251      | 47,3999     | 43,7452    | 41,3861     | 39,5718    | 38,0575     | 36,7307    | 35,5287     | 34,4126    | 33,3551     | 32,3358    |
| <b>34</b>  | 65,2471      | 61,7382       | 58,9637      | 56,0609     | 51,9660      | 48,6024     | 44,9032    | 42,5140     | 40,6756    | 39,1408     | 37,7954    | 36,5763     | 35,4438    | 34,3706     | 33,3357    |
| <b>35</b>  | 66,6192      | 63,0760       | 60,2746      | 57,3420     | 53,2033      | 49,8018     | 46,0588    | 43,6399     | 41,7780    | 40,2228     | 38,8591    | 37,6231     | 36,4746    | 35,3858     | 34,3356    |
| <b>36</b>  | 67,9850      | 64,4097       | 61,5811      | 58,6192     | 54,4373      | 50,9985     | 47,2122    | 44,7641     | 42,8788    | 41,3036     | 39,9220    | 38,6693     | 37,5049    | 36,4008     | 35,3356    |
| <b>37</b>  | 69,3476      | 65,7384       | 62,8832      | 59,8926     | 55,6680      | 52,1923     | 48,3634    | 45,8864     | 43,9782    | 42,3833     | 40,9839    | 39,7148     | 38,5348    | 37,4156     | 36,3355    |
| <b>38</b>  | 70,7039      | 67,0628       | 64,1812      | 61,1620     | 56,8955      | 53,3835     | 49,5126    | 47,0072     | 45,0763    | 43,4619     | 42,0450    | 40,7597     | 39,5643    | 38,4302     | 37,3354    |
| <b>39</b>  | 72,0550      | 68,3830       | 65,4753      | 62,4281     | 58,1201      | 54,5722     | 50,6598    | 48,1263     | 46,1730    | 44,5395     | 43,1053    | 41,8040     | 40,5935    | 39,4446     | 38,3354    |
| <b>40</b>  | 73,4029      | 69,6987       | 66,7660      | 63,6908     | 59,3417      | 55,7585     | 51,8050    | 49,2438     | 47,2685    | 45,6160     | 44,1649    | 42,8477     | 41,6222    | 40,4589     | 39,3353    |
| <b>45</b>  | 80,0776      | 76,2229       | 73,1660      | 69,9569     | 65,4101      | 61,6562     | 57,5053    | 54,8105     | 52,7288    | 50,9849     | 49,4517    | 48,0584     | 46,7607    | 45,5274     | 44,3351    |
| <b>50</b>  | 86,6603      | 82,6637       | 79,4898      | 76,1538     | 71,4202      | 67,5048     | 63,1671    | 60,3460     | 58,1638    | 56,3336     | 54,7228    | 53,2576     | 51,8916    | 50,5923     | 49,3349    |
| <b>55</b>  | 93,1671      | 89,0344       | 85,7491      | 82,2920     | 77,3804      | 73,3115     | 68,7962    | 65,8550     | 63,5772    | 61,6650     | 59,9804    | 58,4469     | 57,0160    | 55,6539     | 54,3348    |
| <b>60</b>  | 99,6078      | 95,3443       | 91,9518      | 88,3794     | 83,2977      | 79,0820     | 74,3970    | 71,3411     | 68,9721    | 66,9815     | 65,2265    | 63,6277     | 62,1348    | 60,7128     | 59,3347    |
| <b>70</b>  | 112,3167     | 107,8079      | 104,2148     | 100,4251    | 95,0231      | 90,5313     | 85,5270    | 82,2553     | 79,7147    | 77,5766     | 75,6893    | 73,9677     | 72,3583    | 70,8236     | 69,3345    |
| <b>80</b>  | 124,8389     | 120,1018      | 116,3209     | 112,3288    | 106,6285     | 101,8795    | 96,5782    | 93,1058     | 90,4053    | 88,1303     | 86,1197    | 84,2840     | 82,5663    | 80,9266     | 79,3343    |
| <b>90</b>  | 137,2082     | 132,2554      | 128,2987     | 124,1162    | 118,1359     | 113,1452    | 107,5650   | 103,9040    | 101,0537   | 98,6499     | 96,5238    | 94,5809     | 92,7614    | 91,0234     | 89,3342    |
| <b>100</b> | 149,4488     | 144,2925      | 140,1697     | 135,8069    | 129,5613     | 124,3421    | 118,4980   | 114,6588    | 111,6667   | 109,1412    | 106,9058   | 104,8615    | 102,9459   | 101,1149    | 99,3341    |
| <b>120</b> | 173,6184     | 168,0814      | 163,6485     | 158,9500    | 152,2113     | 146,5673    | 140,2326   | 136,0620    | 132,8063   | 130,0546    | 127,6159   | 125,3833    | 123,2890   | 121,2850    | 119,3340   |
| <b>140</b> | 197,4498     | 191,5653      | 186,8465     | 181,8405    | 174,6478     | 168,6130    | 161,8270   | 157,3517    | 153,8537   | 150,8941    | 148,2686   | 145,8629    | 143,6043   | 141,4413    | 139,3339   |
| <b>160</b> | 221,0197     | 214,8081      | 209,8238     | 204,5300    | 196,9152     | 190,5164    | 183,3106   | 178,5517    | 174,8283   | 171,6752    | 168,8759   | 166,3092    | 163,8977   | 161,5868    | 159,3338   |
| <b>180</b> | 244,3723     | 237,8548      | 232,6198     | 227,0563    | 219,0442     | 212,3039    | 204,7036   | 199,6786    | 195,7434   | 192,4086    | 189,4462   | 186,7282    | 184,1732   | 181,7234    | 179,3338   |
| <b>200</b> | 267,5388     | 260,7350      | 255,2638     | 249,4452    | 241,0578     | 233,9942    | 226,0210   | 220,7441    | 216,6088   | 213,1022    | 209,9854   | 207,1244    | 204,4337   | 201,8526    | 199,3337   |
| <b>250</b> | 324,8306     | 317,3609      | 311,3460     | 304,9393    | 295,6885     | 287,8815    | 279,0504   | 273,1944    | 268,5987   | 264,6970    | 261,2253   | 258,0355    | 255,0327   | 252,1497    | 249,3337   |
| <b>300</b> | 381,4239     | 373,3509      | 366,8439     | 359,9064    | 349,8745     | 341,3951    | 331,7885   | 325,4090    | 320,3971   | 316,1383    | 312,3460   | 308,8589    | 305,5741   | 302,4182    | 299,3336   |
| <b>500</b> | 603,4458     | 593,3580      | 585,2060     | 576,4931    | 563,8514     | 553,1269    | 540,9303   | 532,8028    | 526,4014   | 520,9505    | 516,0874   | 511,6081    | 507,3816   | 503,3147    | 499,3335   |
| <b>600</b> | 712,7726     | 701,8322      | 692,9809     | 683,5155    | 669,7690     | 658,0936    | 644,8004   | 635,9329    | 628,8157   | 622,9876    | 617,6713   | 612,7718    | 608,1468   | 603,6942    | 599,3335   |

**TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado  $\chi^2$ . (Continuación)**

| v/p | 0,55    | 0,6     | 0,65    | 0,7     | 0,75    | 0,8     | 0,85    | 0,9     | 0,95    | 0,975   | 0,99    | 0,995   | 0,9975  | 0,999   |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1   | 0,3573  | 0,2750  | 0,2059  | 0,1485  | 0,1015  | 0,0642  | 0,0358  | 0,0158  | 0,0039  | 0,0010  | 0,0002  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000  |
| 2   | 1,1957  | 1,0217  | 0,8616  | 0,7133  | 0,5754  | 0,4463  | 0,3250  | 0,2107  | 0,1026  | 0,0506  | 0,0201  | 0,0100  | 0,0050  | 0,0020  |
| 3   | 2,1095  | 1,8692  | 1,6416  | 1,4237  | 1,2125  | 1,0052  | 0,7978  | 0,5844  | 0,3518  | 0,2158  | 0,1148  | 0,0717  | 0,0449  | 0,0243  |
| 4   | 3,0469  | 2,7528  | 2,4701  | 2,1947  | 1,9226  | 1,6488  | 1,3665  | 1,0636  | 0,7107  | 0,4844  | 0,2971  | 0,2070  | 0,1449  | 0,0908  |
| 5   | 3,9959  | 3,6555  | 3,3251  | 2,9999  | 2,6746  | 2,3425  | 1,9938  | 1,6103  | 1,1455  | 0,8312  | 0,5543  | 0,4118  | 0,3075  | 0,2102  |
| 6   | 4,9519  | 4,5702  | 4,1973  | 3,8276  | 3,4546  | 3,0701  | 2,6613  | 2,2041  | 1,6354  | 1,2373  | 0,8721  | 0,6757  | 0,5266  | 0,3810  |
| 7   | 5,9125  | 5,4932  | 5,0816  | 4,6713  | 4,2549  | 3,8223  | 3,3583  | 2,8331  | 2,1673  | 1,6899  | 1,2390  | 0,9893  | 0,7945  | 0,5985  |
| 8   | 6,8766  | 6,4226  | 5,9753  | 5,5274  | 5,0706  | 4,5936  | 4,0782  | 3,4895  | 2,7326  | 2,1797  | 1,6465  | 1,3444  | 1,1042  | 0,8571  |
| 9   | 7,8434  | 7,3570  | 6,8763  | 6,3933  | 5,8988  | 5,3801  | 4,8165  | 4,1682  | 3,3251  | 2,7004  | 2,0879  | 1,7349  | 1,4501  | 1,1519  |
| 10  | 8,8124  | 8,2955  | 7,7832  | 7,2672  | 6,7372  | 6,1791  | 5,5701  | 4,8652  | 3,9403  | 3,2470  | 2,5582  | 2,1558  | 1,8274  | 1,4787  |
| 11  | 9,7831  | 9,2373  | 8,6952  | 8,1479  | 7,5841  | 6,9887  | 6,3364  | 5,5778  | 4,5748  | 3,8157  | 3,0535  | 2,6032  | 2,2321  | 1,8338  |
| 12  | 10,7553 | 10,1820 | 9,6115  | 9,0343  | 8,4384  | 7,8073  | 7,1138  | 6,3038  | 5,2260  | 4,4038  | 3,5706  | 3,0738  | 2,6612  | 2,2141  |
| 13  | 11,7288 | 11,1291 | 10,5315 | 9,9257  | 9,2991  | 8,6339  | 7,9008  | 7,0415  | 5,8919  | 5,0087  | 4,1069  | 3,5650  | 3,1118  | 2,6172  |
| 14  | 12,7034 | 12,0785 | 11,4548 | 10,8215 | 10,1653 | 9,4673  | 8,6963  | 7,7895  | 6,5706  | 5,6287  | 4,6604  | 4,0747  | 3,5820  | 3,0407  |
| 15  | 13,6790 | 13,0298 | 12,3809 | 11,7212 | 11,0365 | 10,3070 | 9,4993  | 8,5468  | 7,2609  | 6,2621  | 5,2294  | 4,6009  | 4,0697  | 3,4825  |
| 16  | 14,6555 | 13,9827 | 13,3096 | 12,6243 | 11,9122 | 11,1521 | 10,3090 | 9,3122  | 7,9616  | 6,9077  | 5,8122  | 5,1422  | 4,5734  | 3,9417  |
| 17  | 15,6328 | 14,9373 | 14,2406 | 13,5307 | 12,7919 | 12,0023 | 11,1249 | 10,0852 | 8,6718  | 7,5642  | 6,4077  | 5,6973  | 5,0916  | 4,4162  |
| 18  | 16,6108 | 15,8932 | 15,1738 | 14,4399 | 13,6753 | 12,8570 | 11,9462 | 10,8649 | 9,3904  | 8,2307  | 7,0149  | 6,2648  | 5,6234  | 4,9048  |
| 19  | 17,5894 | 16,8504 | 16,1089 | 15,3517 | 14,5620 | 13,7158 | 12,7727 | 11,6509 | 10,1170 | 8,9065  | 7,6327  | 6,8439  | 6,1673  | 5,4067  |
| 20  | 18,5687 | 17,8088 | 17,0458 | 16,2659 | 15,4518 | 14,5784 | 13,6039 | 12,4426 | 10,8508 | 9,5908  | 8,2604  | 7,4338  | 6,7228  | 5,9210  |
| 21  | 19,5485 | 18,7683 | 17,9843 | 17,1823 | 16,3444 | 15,4446 | 14,4393 | 13,2396 | 11,5913 | 10,2829 | 8,8972  | 8,0336  | 7,2889  | 6,4467  |
| 22  | 20,5288 | 19,7288 | 18,9243 | 18,1007 | 17,2396 | 16,3140 | 15,2787 | 14,0415 | 12,3380 | 10,9823 | 9,5425  | 8,6427  | 7,8648  | 6,9829  |
| 23  | 21,5095 | 20,6902 | 19,8657 | 19,0211 | 18,1373 | 17,1865 | 16,1219 | 14,8480 | 13,0905 | 11,6885 | 10,1957 | 9,2604  | 8,4503  | 7,5291  |
| 24  | 22,4908 | 21,6525 | 20,8084 | 19,9432 | 19,0373 | 18,0618 | 16,9686 | 15,6587 | 13,8484 | 12,4011 | 10,8563 | 9,8862  | 9,0441  | 8,0847  |
| 25  | 23,4724 | 22,6156 | 21,7524 | 20,8670 | 19,9393 | 18,9397 | 17,8184 | 16,4734 | 14,6114 | 13,1197 | 11,5240 | 10,5196 | 9,6462  | 8,6494  |
| 26  | 24,4544 | 23,5794 | 22,6975 | 21,7924 | 20,8434 | 19,8202 | 18,6714 | 17,2919 | 15,3792 | 13,8439 | 12,1982 | 11,1602 | 10,2561 | 9,2222  |
| 27  | 25,4367 | 24,5440 | 23,6437 | 22,7192 | 21,7494 | 20,7030 | 19,5272 | 18,1139 | 16,1514 | 14,5734 | 12,8785 | 11,8077 | 10,8733 | 9,8029  |
| 28  | 26,4195 | 25,5092 | 24,5909 | 23,6475 | 22,6572 | 21,5880 | 20,3857 | 18,9392 | 16,9279 | 15,3079 | 13,5647 | 12,4613 | 11,4973 | 10,3907 |
| 29  | 27,4025 | 26,4751 | 25,5391 | 24,5770 | 23,5666 | 22,4751 | 21,2468 | 19,7677 | 17,7084 | 16,0471 | 14,2564 | 13,1211 | 12,1278 | 10,9861 |

**TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado  $\chi^2$ . (Continuación)**

| v/p | 0,55     | 0,6      | 0,65     | 0,7      | 0,75     | 0,8      | 0,85     | 0,9      | 0,95     | 0,975    | 0,99     | 0,995    | 0,9975   | 0,999    |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 30  | 28,3858  | 27,4416  | 26,4881  | 25,5078  | 24,4776  | 23,3641  | 22,1103  | 20,5992  | 18,4927  | 16,7908  | 14,9535  | 13,7867  | 12,7646  | 11,5876  |
| 31  | 29,3694  | 28,4087  | 27,4381  | 26,4397  | 25,3901  | 24,2551  | 22,9762  | 21,4336  | 19,2806  | 17,5387  | 15,6555  | 14,4577  | 13,4073  | 12,1961  |
| 32  | 30,3533  | 29,3763  | 28,3889  | 27,3728  | 26,3041  | 25,1478  | 23,8442  | 22,2706  | 20,0719  | 18,2908  | 16,3622  | 15,1340  | 14,0555  | 12,8104  |
| 33  | 31,3375  | 30,3444  | 29,3405  | 28,3069  | 27,2194  | 26,0422  | 24,7143  | 23,1102  | 20,8665  | 19,0467  | 17,0735  | 15,8152  | 14,7092  | 13,4312  |
| 34  | 32,3219  | 31,3130  | 30,2928  | 29,2421  | 28,1361  | 26,9383  | 25,5864  | 23,9522  | 21,6643  | 19,8062  | 17,7891  | 16,5013  | 15,3679  | 14,0568  |
| 35  | 33,3065  | 32,2821  | 31,2458  | 30,1782  | 29,0540  | 27,8359  | 26,4604  | 24,7966  | 22,4650  | 20,5694  | 18,5089  | 17,1917  | 16,0315  | 14,6881  |
| 36  | 34,2913  | 33,2517  | 32,1995  | 31,1152  | 29,9730  | 28,7350  | 27,3363  | 25,6433  | 23,2686  | 21,3359  | 19,2326  | 17,8868  | 16,7000  | 15,3243  |
| 37  | 35,2764  | 34,2216  | 33,1539  | 32,0532  | 30,8933  | 29,6355  | 28,2138  | 26,4921  | 24,0749  | 22,1056  | 19,9603  | 18,5859  | 17,3730  | 15,9652  |
| 38  | 36,2617  | 35,1920  | 34,1089  | 32,9919  | 31,8146  | 30,5373  | 29,0931  | 27,3430  | 24,8839  | 22,8785  | 20,6914  | 19,2888  | 18,0501  | 16,6109  |
| 39  | 37,2472  | 36,1628  | 35,0645  | 33,9315  | 32,7369  | 31,4405  | 29,9739  | 28,1958  | 25,6954  | 23,6543  | 21,4261  | 19,9958  | 18,7318  | 17,2612  |
| 40  | 38,2328  | 37,1340  | 36,0207  | 34,8719  | 33,6603  | 32,3449  | 30,8563  | 29,0505  | 26,5093  | 24,4331  | 22,1642  | 20,7066  | 19,4171  | 17,9166  |
| 45  | 43,1638  | 41,9950  | 40,8095  | 39,5847  | 38,2910  | 36,8844  | 35,2895  | 33,3504  | 30,6123  | 28,3662  | 25,9012  | 24,3110  | 22,8994  | 21,2509  |
| 50  | 48,0986  | 46,8638  | 45,6100  | 44,3133  | 42,9421  | 41,4492  | 39,7539  | 37,6886  | 34,7642  | 32,3574  | 29,7067  | 27,9908  | 26,4636  | 24,6736  |
| 55  | 53,0367  | 51,7391  | 50,4204  | 49,0554  | 47,6105  | 46,0356  | 44,2448  | 42,0596  | 38,9581  | 36,3981  | 33,5705  | 31,7349  | 30,0974  | 28,1731  |
| 60  | 57,9775  | 56,6200  | 55,2394  | 53,8091  | 52,2938  | 50,6406  | 48,7587  | 46,4589  | 43,1880  | 40,4817  | 37,4848  | 35,5344  | 33,7909  | 31,7381  |
| 70  | 67,8664  | 66,3961  | 64,8990  | 63,3460  | 61,6983  | 59,8978  | 57,8443  | 55,3289  | 51,7393  | 48,7575  | 45,4417  | 43,2753  | 41,3323  | 39,0358  |
| 80  | 77,7631  | 76,1879  | 74,5825  | 72,9153  | 71,1445  | 69,2070  | 66,9938  | 64,2778  | 60,3915  | 57,1532  | 53,5400  | 51,1719  | 49,0430  | 46,5197  |
| 90  | 87,6661  | 85,9925  | 84,2854  | 82,5111  | 80,6247  | 78,5584  | 76,1954  | 73,2911  | 69,1260  | 65,6466  | 61,7540  | 59,1963  | 56,8918  | 54,1559  |
| 100 | 97,5744  | 95,8078  | 94,0046  | 92,1290  | 90,1332  | 87,9453  | 85,4406  | 82,3581  | 77,9294  | 74,2219  | 70,0650  | 67,3275  | 64,8571  | 61,9182  |
| 120 | 117,4041 | 115,4646 | 113,4825 | 111,4186 | 109,2197 | 106,8056 | 104,0374 | 100,6236 | 95,7046  | 91,5726  | 86,9233  | 83,8517  | 81,0726  | 77,7555  |
| 140 | 137,2476 | 135,1491 | 133,0028 | 130,7657 | 128,3800 | 125,7580 | 122,7476 | 119,0293 | 113,6594 | 109,1368 | 104,0343 | 100,6547 | 97,5908  | 93,9253  |
| 160 | 157,1019 | 154,8555 | 152,5564 | 150,1583 | 147,5988 | 144,7834 | 141,5475 | 137,5457 | 131,7560 | 126,8700 | 121,3457 | 117,6791 | 114,3496 | 110,3592 |
| 180 | 176,9652 | 174,5799 | 172,1373 | 169,5879 | 166,8653 | 163,8682 | 160,4206 | 156,1526 | 149,9687 | 144,7413 | 138,8205 | 134,8843 | 131,3050 | 127,0114 |
| 200 | 196,8359 | 194,3193 | 191,7409 | 189,0486 | 186,1717 | 183,0028 | 179,3550 | 174,8353 | 168,2785 | 162,7280 | 156,4321 | 152,2408 | 148,4262 | 143,8420 |
| 250 | 246,5387 | 243,7202 | 240,8297 | 237,8085 | 234,5768 | 231,0128 | 226,9048 | 221,8059 | 214,3915 | 208,0978 | 200,9387 | 196,1604 | 191,8020 | 186,5537 |
| 300 | 296,2700 | 293,1786 | 290,0062 | 286,6878 | 283,1353 | 279,2143 | 274,6901 | 269,0679 | 260,8781 | 253,9122 | 245,9727 | 240,6631 | 235,8126 | 229,9620 |
| 500 | 495,3734 | 491,3709 | 487,2569 | 482,9462 | 478,3231 | 473,2099 | 467,2962 | 459,9261 | 449,1467 | 439,9360 | 429,3874 | 422,3034 | 415,8081 | 407,9458 |
| 600 | 594,9938 | 590,6057 | 586,0930 | 581,3623 | 576,2859 | 570,6681 | 564,1661 | 556,0560 | 544,1801 | 534,0185 | 522,3654 | 514,5285 | 507,3385 | 498,6219 |

**ANEXO D. TABLA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR**



**ANEXO E. CÓDIGO COMPLETO DE LA HERRAMIENTA  
ESTADÍSTICA EXPRESADA EN VISUAL BASIC.**

Sub NormalityTest()

Dim dia As Integer

```
Range("A3").Select
Do While ActiveCell.Value <> ""
    dia = 0
    dia = (Weekday(ActiveCell, 2))
    If dia > 5 Then
        ActiveCell.EntireRow.Delete
        ActiveCell.Offset(-1, 0).Select
    Else
        End If

    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop

Range("E2").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.Copy
Sheets.Add After:=Sheets(Sheets.Count)
Range("A1").Select
ActiveSheet.Paste
Range("C1").Select
Range("C1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "MAX"
Range("C2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "MIN"
Range("C3").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "MEAN"
Range("C4").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "STDV"
Range("C5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "N"
Range("D1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MAX(C[-3])"
Range("D2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MIN(C[-3])"
Range("D3").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=AVERAGE(C[-3])"
Range("D4").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=STDEV(C[-3])"
Range("D5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=COUNT(C[-3])"
Range("C1:D5").Select
```

```
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlThin
End With
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
```

```

.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
Range("D1:D5").Select
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.Color = 65535
.TintAndShade = 0
.PatternTintAndShade = 0
End With
Range("C1:C5").Select
Selection.Font.Bold = True
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.ThemeColor = xlThemeColorLight2

```

```

.TintAndShade = 0.599993896298105
.PatternTintAndShade = 0
End With
Range("C1:C5").Select
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.ThemeColor = xlThemeColorLight2
.TintAndShade = 0.799981688894314
.PatternTintAndShade = 0
End With
Range("F1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "BIN"
Range("G1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "FRECUENCY"
Range("H1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "LOWER LIMIT"
Range("I1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "L.L. AREA"
Range("J1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "UPPER LIMIT"
Range("K1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "U.L. AREA"
Range("L1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "EXACT AREA"
Range("M1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "EXPECTED
FRECUENCY"
Range("N1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "(EXP. FREC. -
FREC.)^2/EXP. FREC."
Range("O2").Select
Columns("H:H").ColumnWidth = 14.14
Columns("J:J").ColumnWidth = 11.71
Columns("M:M").ColumnWidth = 18
Columns("M:M").ColumnWidth = 20.86
Columns("M:M").ColumnWidth = 20
Columns("N:N").ColumnWidth = 29.14
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
Range("P1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "X^2"
Range("P2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "DEGREES OF
FREEDOM"
Range("P3").Select
Columns("P:P").ColumnWidth = 20
Range("P3").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "P. VALUE"

```



```

Range("F1:N1").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle =
xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.Color = 5287936
.TintAndShade = 0
.PatternTintAndShade = 0
End With

```

```

Selection.Font.Bold = True
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.Color = 5296274
.TintAndShade = 0
.PatternTintAndShade = 0
End With
Range("P1:Q3").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle =
xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With

```

```

End With
Range("Q1:Q3").Select
With Selection.Interior
    .Pattern = xlSolid
    .PatternColorIndex = xlAutomatic
    .Color = 65535
    .TintAndShade = 0
    .PatternTintAndShade = 0
End With
Range("Q3").Select
With Selection.Interior
    .Pattern = xlSolid
    .PatternColorIndex = xlAutomatic
    .Color = 255
    .TintAndShade = 0
    .PatternTintAndShade = 0
End With
Selection.Font.Bold = True
Range("P1:P3").Select
Range("P3").Activate
Selection.Font.Bold = True
Range("Q3").Select
Selection.Font.Size = 12
Selection.Font.Size = 14
Range("P5").Select

Range("P1:P3").Select
With Selection.Interior
    .Pattern = xlSolid
    .PatternColorIndex = xlAutomatic
    .ThemeColor = xlThemeColorLight2
    .TintAndShade = 0.799981688894314
    .PatternTintAndShade = 0
End With
Range("F2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=IF(R1C4=R2C4, ""Doesn't Work"", R1C4)"
Range("F3").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-1]C-1"
Range("F4").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
"=IF(OR((R[-1]C=R2C4),(R[-1]C="" "")), "" "", (IF(OR((R[-1]C-1)=0,R[-1]C="" ""), "" "", R[-1]C-1)))"
Range("F4").Select
Selection.AutoFill
Destination:=Range("F4:F1000"),
Type:=xlFillDefault

```

```

Range("F4:F1000").Select
Range("G2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IF(RC[-1]="" "", "" "", COUNTIF(C[-6], RC[-1]))"
Selection.AutoFill
Destination:=Range("G2:G501"),
Type:=xlFillDefault
Range("G2:G1000").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-87

Range("H2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IF(RC[-1]="" "", "" "", RC[-2]-0.5)"
Selection.AutoFill
Destination:=Range("H2:H1000"),
Type:=xlFillDefault
Range("H2:H1000").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-15

Range("I2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
"=IF(RC[-1]="" "", "" "", POISSON.DIST(RC[-1], R3C4, TRUE))"
Selection.AutoFill
Destination:=Range("I2:I1000"),
Type:=xlFillDefault
Range("I2:I1000").Select

Range("J2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IF(RC[-1]="" "", "" "", RC[-4]+0.5)"
Selection.AutoFill
Destination:=Range("J2:J1000"),
Type:=xlFillDefault
Range("J2:J1000").Select

Range("K2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
"=IF(RC[-1]="" "", "" "", POISSON.DIST(RC[-1], R3C4, TRUE))"
Selection.AutoFill
Destination:=Range("K2:K1000"),
Type:=xlFillDefault
Range("K2:K1000").Select

Range("J2").Select

```

```

Application.ErrorCheckingOptions.InconsistentTableFormula = False
Range("J4").Select
With Application.ErrorCheckingOptions
    .InconsistentFormula = False
    .InconsistentTableFormula = True
End With
Range("L2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IF(RC[-1]="""" , """" , RC[-1]-RC[-3])"
Selection.AutoFill
Destination:=Range("L2:L1000"),
Type:=xlFillDefault
Range("L2:L1000").Select

Range("M2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IF(RC[-1]="""" , """" , RC[-1]*R5C4)"
Selection.AutoFill
Destination:=Range("M2:M1000"),
Type:=xlFillDefault
Range("M2:M1000").Select

Range("N2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IF(RC[-1]="""" , """" , (RC[-1]-RC[-7])^2/RC[-1])"
Selection.AutoFill
Destination:=Range("N2:N1000"),
Type:=xlFillDefault
Range("N2:N1000").Select

ActiveWindow.ScrollColumn = 3
Range("Q1").Select
Selection.FormulaR1C1 = ""
Range("Q1").Select
Selection.FormulaR1C1 = ""
Range("Q1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(C[-3])"
Range("Q2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=COUNT(C[-11])"
Range("Q2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=COUNT(C[-11])-2"
Range("Q3").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=CHIDIST(R1C17,R2C17)"
Range("P7").Select

```

```

ActiveCell.FormulaR1C1 = "IF P.VALUE >=
0.05, THEN IT IS A POISSON DISTRIBUTION"
Range("P10").Select
ActiveWindow.SmallScroll ToRight:=2
Columns("R:R").ColumnWidth = 22
Range("R3").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = ""
Range("R3").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
    "=IF(RC[-1]>=0.05, ""POISSON
DISTRIBUTION"" , ""WE CAN'T AFFIRM THAT
IT'S A POISSON DISTRIBUTION; "" )"
With Selection.Interior
    .Pattern = xlSolid
    .PatternColorIndex = xlAutomatic
    .Color = 65535
    .TintAndShade = 0
    .PatternTintAndShade = 0
End With
Selection.Font.Bold = True
Range("R3").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle =
xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlThin

```

```

End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlThin
End With
Range("P7").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
    "*IF P.VALUE >= 0.05, THEN IT IS A
    POISSON DISTRIBUTION"
    '
    Range("S1").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 =
    "=SUM(SAO!R[2]C[-6]:R[48]C[-6])"

Range("Q11").Select

Set b = Cells(2, 17)
If b <= 0 Then
    '
    Range("P11").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "*Please enter the %
of Accuracy needed"
    Columns("P:P").Select
    Selection.ColumnWidth = 40.57
    Range("P12").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "% of Accuracy
Needed"
    Range("Q12").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "Number of Licenses
Recommended"
    Range("P12:Q13").Select
    Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle =
xlNone
    Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle =
xlNone
    With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
        .LineStyle = xlContinuous
        .ColorIndex = 0

```

```

        .TintAndShade = 0
        .Weight = xlThin
    End With
    With Selection.Borders(xlEdgeTop)
        .LineStyle = xlContinuous
        .ColorIndex = 0
        .TintAndShade = 0
        .Weight = xlThin
    End With
    With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
        .LineStyle = xlContinuous
        .ColorIndex = 0
        .TintAndShade = 0
        .Weight = xlThin
    End With
    With Selection.Borders(xlEdgeRight)
        .LineStyle = xlContinuous
        .ColorIndex = 0
        .TintAndShade = 0
        .Weight = xlThin
    End With
    With Selection.Borders(xlInsideVertical)
        .LineStyle = xlContinuous
        .ColorIndex = 0
        .TintAndShade = 0
        .Weight = xlThin
    End With
    With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
        .LineStyle = xlContinuous
        .ColorIndex = 0
        .TintAndShade = 0
        .Weight = xlThin
    End With
    Columns("Q:Q").ColumnWidth = 34
    Range("P16").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "Or, enter the
number of licenses wanted"
    Range("P17").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "Number of Licenses
wanted"
    Range("Q17").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "% of Accuracy
obtained"
    Range("P17:Q18").Select
    Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle =
xlNone
    Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle =
xlNone

```

```

With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
Range("P12:Q12").Select
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.ThemeColor = xlThemeColorLight2
.TintAndShade = 0.599993896298105
.PatternTintAndShade = 0
End With
Selection.Font.Bold = True
Range("P16:Q17").Select
Range("P17").Activate
With Selection.Interior

```

```

.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.ThemeColor = xlThemeColorLight2
.TintAndShade = 0.599993896298105
.PatternTintAndShade = 0
End With
Selection.Font.Bold = True
Range("P16").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Or, enter the
number of licenses wanted"
Range("P16:Q16").Select
Range("Q16").Activate
With Selection.Interior
.Pattern = xlNone
.TintAndShade = 0
.PatternTintAndShade = 0
End With
Range("P13:Q13").Select
With Selection.Interior
.Pattern = xlNone
.TintAndShade = 0
.PatternTintAndShade = 0
End With
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.Color = 65535
.TintAndShade = 0
.PatternTintAndShade = 0
End With
Range("P18:Q18").Select
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.Color = 65535
.TintAndShade = 0
.PatternTintAndShade = 0
End With
Range("P16").Select
Selection.Font.Bold = False
Range("Q13").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=PERSONAL.XLSB!PoissonInv(R13C16,R3C4)"
Range("P13").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "99%"
Range("Q18").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=POISSON.DIST(R18C16,R3C4,TRUE)"

```

```

Range("P18").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "10"
Range("Q18").Select
Selection.NumberFormat = "0.000%"
Selection.NumberFormat = "0.00%"
Selection.NumberFormat = "0.000%"
Selection.NumberFormat = "0.00%"
Range("P18").Select
Selection.ClearContents
Range("P13").Select
Selection.ClearContents
Range("P13").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "99%"
Range("P13").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "99%"
Range("Q19").Select

Else

Set a = Cells(3, 17)
Set l = Cells(3, 4)
If a >= 0.05 And l <= 10 Then

,

Range("P11").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "*Please enter the %
of Accuracy needed"
Columns("P:P").Select
Selection.ColumnWidth = 40.57
Range("P12").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "% of Accuracy
Needed"
Range("Q12").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Number of Licenses
Recommended"
Range("P12:Q13").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle =
xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)

```

```

.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
Columns("Q:Q").ColumnWidth = 34
Range("P16").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Or, enter the
number of licenses wanted"
Range("P17").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Number of Licenses
wanted"
Range("Q17").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "% of Accuracy
obtained"
Range("P17:Q18").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle =
xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0

```

```

.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
Range("P12:Q12").Select
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.ThemeColor = xlThemeColorLight2
.TintAndShade = 0.599993896298105
.PatternTintAndShade = 0
End With
Selection.Font.Bold = True
Range("P16:Q17").Select
Range("P17").Activate
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.ThemeColor = xlThemeColorLight2
.TintAndShade = 0.599993896298105

```

```

.PatternTintAndShade = 0
End With
Selection.Font.Bold = True
Range("P16").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Or, enter the
number of licenses wanted"
Range("P16:Q16").Select
Range("Q16").Activate
With Selection.Interior
.Pattern = xlNone
.TintAndShade = 0
.PatternTintAndShade = 0
End With
Range("P13:Q13").Select
With Selection.Interior
.Pattern = xlNone
.TintAndShade = 0
.PatternTintAndShade = 0
End With
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.Color = 65535
.TintAndShade = 0
.PatternTintAndShade = 0
End With
Range("P18:Q18").Select
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.Color = 65535
.TintAndShade = 0
.PatternTintAndShade = 0
End With
Range("P16").Select
Selection.Font.Bold = False
Range("Q13").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=PERSONAL.XLSB!PoissonInv(R13C16,R3C4)"
Range("P13").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "99% "
Range("Q18").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=POISSON.DIST(R18C16,R3C4,TRUE)"
Range("P18").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "10"
Range("Q18").Select
Selection.NumberFormat = "0.000%"

```

```

Selection.NumberFormat = "0.00% "
Selection.NumberFormat = "0.000%"
Selection.NumberFormat = "0.00% "
Range("P18").Select
Selection.ClearContents
Range("P13").Select
Selection.ClearContents
Range("P13").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "99% "
Range("P13").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "99% "
Range("Q19").Select

Else

Range("P11").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "*Please enter the %
of Accuracy needed"
Columns("P:P").Select
Selection.ColumnWidth = 40.57
Range("P12").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "% of Accuracy
Needed"
Range("Q12").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Number of Licenses
Recommended"
Range("P12:Q13").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle =
xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0

```

```

.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
Columns("Q:Q").ColumnWidth = 34
Range("P16").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Or, enter the
number of licenses wanted"
Range("P17").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Number of Licenses
wanted"
Range("Q17").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "% of Accuracy
obtained"
Range("P17:Q18").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle =
xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)

```



```

.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
Range("P12:Q12").Select
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.ThemeColor = xlThemeColorLight2
.TintAndShade = 0.599993896298105
.PatternTintAndShade = 0
End With
Selection.Font.Bold = True
Range("P16:Q17").Select
Range("P17").Activate
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.ThemeColor = xlThemeColorLight2
.TintAndShade = 0.599993896298105
.PatternTintAndShade = 0
End With
Selection.Font.Bold = True
Range("P16").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Or, enter the
number of licenses wanted"
Range("P16:Q16").Select
Range("Q16").Activate
With Selection.Interior

```

```

.Pattern = xlNone
.TintAndShade = 0
.PatternTintAndShade = 0
End With
Range("P13:Q13").Select
With Selection.Interior
.Pattern = xlNone
.TintAndShade = 0
.PatternTintAndShade = 0
End With
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.Color = 65535
.TintAndShade = 0
.PatternTintAndShade = 0
End With
Range("P18:Q18").Select
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.Color = 65535
.TintAndShade = 0
.PatternTintAndShade = 0
End With
Range("P16").Select
Selection.Font.Bold = False
Range("Q13").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=NORMINV(R13C16,R3C4,(R3C4)^(1/2))"
Range("P13").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "99%"
Range("Q18").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=NORMDIST(R18C16,R3C4,(R3C4)^(1/2),TRUE
)"
Range("P18").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "10"
Range("Q18").Select
Selection.NumberFormat = "0.000%"
Selection.NumberFormat = "0.00%"
Selection.NumberFormat = "0.000%"
Selection.NumberFormat = "0.00%"
Range("P18").Select
Selection.ClearContents
Range("P13").Select
Selection.ClearContents
Range("P13").Select

```

```

ActiveCell.FormulaR1C1 = "99%"
Range("P13").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "99%"
Range("Q19").Select

Range("P9:Q20").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlEdgeLeft).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlEdgeTop).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlEdgeBottom).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlEdgeRight).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlInsideVertical).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle
= xlNone
Range("P9:R20").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle =
xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlMedium
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlMedium
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlMedium
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
.LineStyle = xlContinuous

```

```

.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlMedium
End With
Selection.Borders(xlInsideVertical).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle
= xlNone
Range("R9:R20").Select
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.ThemeColor = xlThemeColorAccent3
.TintAndShade = 0.799981688894314
.PatternTintAndShade = 0
End With
Range("Q12:Q13").Select
Selection.Copy
Range("R12:R13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteFormats,
Operation:=xlNone, _
SkipBlanks:=False, Transpose:=False
Application.CutCopyMode = False
Range("P12:R13").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle =
xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
.LineStyle = xlContinuous

```

```

.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
Range("P17:Q18").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle =
xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0

```

```

.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
.LineStyle = xlContinuous
.ColorIndex = 0
.TintAndShade = 0
.Weight = xlThin
End With
Range("R12").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "# of Licenses
Rounded up"
Columns("R:R").Select
Range("R9").Activate
Selection.ColumnWidth = 23.57
Range("R13").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 =
"=ROUNDUP(R13C17,0)"
Range("P18").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R13C18"
Range("P9:R9").Select
Range("R9").Activate
With Selection
.HorizontalAlignment = xlGeneral
.VerticalAlignment = xlBottom
.WrapText = False
.Orientation = 0
.AddIndent = False
.IndentLevel = 0
.ShrinkToFit = False
.ReadingOrder = xlContext
.MergeCells = True
End With
Selection.UnMerge
With Selection
.HorizontalAlignment = xlCenter
.VerticalAlignment = xlBottom
.WrapText = False
.Orientation = 0
.AddIndent = False
.IndentLevel = 0
.ShrinkToFit = False
.ReadingOrder = xlContext
.MergeCells = False
End With
Selection.Merge
Range("P18").Select

```

```
End If
End If
```

```
Columns("A:N").Select
Range("N1").Activate
Selection.EntireColumn.Hidden = True
Rows("1:8").Select
Range("O8").Activate
Selection.EntireRow.Hidden = True
Range("Q13,Q18").Select
Range("Q18").Activate
Selection.Font.Bold = True
Selection.Font.Size = 12
Selection.Font.Size = 14
Range("P13").Select
With Selection.Interior
    .Pattern = xlSolid
    .PatternColorIndex = xlAutomatic
    .Color = 5296274
    .TintAndShade = 0
    .PatternTintAndShade = 0
End With
Range("P18").Select
With Selection.Interior
    .Pattern = xlSolid
    .PatternColorIndex = xlAutomatic
    .Color = 5296274
    .TintAndShade = 0
    .PatternTintAndShade = 0
End With
Range("P9:Q11").Select
With Selection.Interior
    .Pattern = xlSolid
    .PatternColorIndex = xlAutomatic
    .ThemeColor = xlThemeColorAccent3
    .TintAndShade = 0.799981688894314
    .PatternTintAndShade = 0
End With
Range("P14:Q16").Select
With Selection.Interior
    .Pattern = xlSolid
    .PatternColorIndex = xlAutomatic
    .ThemeColor = xlThemeColorAccent3
    .TintAndShade = 0.799981688894314
    .PatternTintAndShade = 0
End With
```

```
Range("P19:Q20").Select
With Selection.Interior
    .Pattern = xlSolid
    .PatternColorIndex = xlAutomatic
    .ThemeColor = xlThemeColorAccent3
    .TintAndShade = 0.799981688894314
    .PatternTintAndShade = 0
End With
Range("P9:Q20").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle =
xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlMedium
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlMedium
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlMedium
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlMedium
End With
Range("P9:Q9").Select
With Selection
    .HorizontalAlignment = xlCenter
    .VerticalAlignment = xlBottom
    .WrapText = False
    .Orientation = 0
    .AddIndent = False
    .IndentLevel = 0
    .ShrinkToFit = False
    .ReadingOrder = xlContext
    .MergeCells = False
```

```

End With
Selection.Merge
ActiveCell.FormulaR1C1 = "LICENSES
OPTIMIZATION"
Range("P28").Select
Range("P18").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-5]C[1]"
Range("P18").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-5]C[1]"
Range("O13").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Enter->"
Range("O18").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Enter->"
Range("O13").Select
Selection.Font.Bold = True
Range("O18").Select
Selection.Font.Bold = True
Range("P9:Q9").Select
Selection.Font.Size = 12
Range("P18").Select
'

Range("P9:Q9").Select
Selection.Font.Bold = True
Selection.Font.Size = 14

Range("S2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SAO!R[47]C[-
17]"
Range("S3").Select

Set c = Cells(1, 19)
Set d = Cells(2, 19)
Set e = Cells(13, 17)

If e > d And c = 0 Then

Range("P19:Q21").Select
With Selection
    .HorizontalAlignment = xlCenter
    .VerticalAlignment = xlBottom
    .Orientation = 0
    .AddIndent = False
    .IndentLevel = 0
    .ShrinkToFit = False
    .ReadingOrder = xlContext
    .MergeCells = False

```

```

End With
Selection.Merge
Range("P19:Q21").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle =
xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlMedium
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlMedium
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlMedium
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .ColorIndex = 0
    .TintAndShade = 0
    .Weight = xlMedium
End With
Selection.Borders(xlInsideVertical).LineStyle =
xlNone
Selection.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle
= xlNone
Range("P19:Q21").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
    "Statistically, the optimal number of licenses is
as above. However, there aren't any Denials,
therefore it is recommended to STAY WITH THE
CURRENT NUMBER OF LICENSES."
Range("P19:Q21").Select
With Selection.Interior
    .Pattern = xlSolid
    .PatternColorIndex = xlAutomatic
    .ThemeColor = xlThemeColorAccent2
    .TintAndShade = 0.399975585192419
    .PatternTintAndShade = 0

```

```
End With  
,  
Range("P19:Q21").Select  
Selection.Font.Bold = True  
With Selection  
    .HorizontalAlignment = xlCenter  
    .VerticalAlignment = xlBottom  
    .WrapText = True  
    .Orientation = 0  
    .AddIndent = False  
    .IndentLevel = 0
```

```
.ShrinkToFit = False  
.ReadingOrder = xlContext  
.MergeCells = True  
End With  
  
Else  
End If  
  
End Sub
```