



| Identificación del Trabajo |                                       |
|----------------------------|---------------------------------------|
| Área:                      | Sistemas de información e informática |
| Categoría:                 | Alumno                                |
| Regional:                  | Rosario                               |

## Análisis de emergencias médicas con técnicas de Inteligencia de Negocios

---

**Lucas FONTANA\*, Ramiro DEL VILLAR, Joaquín MUSANTI, Nicole SCHMIDT, Lucas ANGELONI, David BOFFELLI, Cristian BIGATTI, Juan Miguel MOINE**

Zeballos 1341, Rosario, Facultad Regional Rosario, UTN

E-mail de autores: [lucasf014@gmail.com](mailto:lucasf014@gmail.com), [ramirodelvillar11@gmail.com](mailto:ramirodelvillar11@gmail.com), [joaquinmusanti@gmail.com](mailto:joaquinmusanti@gmail.com),  
[nicole.schmidt94@gmail.com](mailto:nicole.schmidt94@gmail.com), [lucas.a.250597@gmail.com](mailto:lucas.a.250597@gmail.com), [davidboffelli@yahoo.com](mailto:davidboffelli@yahoo.com),  
[cristianbigatti@gmail.com](mailto:cristianbigatti@gmail.com), [juanmiguelmoine@gmail.com](mailto:juanmiguelmoine@gmail.com)

*Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección del Mg. Juan Miguel Moine y el Ing. Cristian Bigatti, en el marco del proyecto “Big Data y Salud: Un análisis interdisciplinar para la construcción de insumos en el marco de políticas públicas para el desarrollo”. (Enero 2018 – Diciembre 2020)*

### Resumen

---

La popularidad y la capacidad de análisis que ofrecen las técnicas de Inteligencia de Negocio se incrementan día tras día. En la actualidad, en lo que respecta al ámbito de salud pública, si bien se dispone de un gran volumen de datos almacenados en los sistemas transaccionales, generalmente no son abordados utilizando herramientas de explotación de información. En el presente trabajo, se propone la implementación de técnicas de Inteligencia de Negocios para la unificación y consolidación de la información de interés en un Data Warehouse, a fin de obtener análisis estadísticos mediante herramientas de explotación de datos que posibiliten la toma de decisiones basada en datos reales. Como consecuencia, se demuestra la importancia de la calidad de los datos ingresados en los sistemas transaccionales y su impacto en el análisis de la información.

**Palabras Claves:** salud pública, inteligencia de negocios, sistema de emergencias médicas, almacén de datos.

---

### 1. Introducción

Existe una abrumadora cantidad de información en los sistemas transaccionales utilizados en salud pública y analizarla es una tarea compleja. Más allá de los reportes convencionales, existen técnicas avanzadas de explotación de datos, que permiten organizar y estudiar la información almacenada desde diversas perspectivas.

Se define a la Inteligencia de Negocios como “el conjunto de metodologías, aplicaciones, prácticas y capacidades enfocadas a la creación y administración de información que permite tomar mejores decisiones a los usuarios de una organización”, Díaz J. C. (2012). Unas de sus herramientas más conocidas son los tableros de control o Dashboards. Aunque su utilidad en el sector privado se ha ido incrementando considerablemente en los últimos años, Dresner Advisory Services (2019), en el ámbito de la salud pública Argentina el uso de este tipo de herramientas tiene poca difusión.

Profesionales de la salud y quienes están encargados de tomar decisiones deben apreciar los beneficios que le brinda el uso de estas tecnologías emergentes en el ámbito, Karen A. et al (2017).

El caso de estudio corresponde a un Municipio de la Provincia de Santa Fe que presta servicios de Atención Primaria de Salud mediante 4 Centros, de los cuales se tomaron datos históricos de pacientes, atenciones, diagnósticos realizados y salidas de emergencias. La información residente en los sistemas transaccionales de los centros de salud se encuentra descentralizada a causa de que cada Centro de Atención Primaria de Salud (CAPS) posee su propia base de datos. Además, la información no es totalmente consistente entre dichas bases generando inconvenientes en la integración y redundancia.

En el presente trabajo se analiza específicamente la información relacionada a las atenciones médicas de urgencia. El Sistema Integrado de Emergencias Sanitarias (SIES) tiene por objetivo brindar cobertura asistencial prehospitalaria a las emergencias y urgencias médicas, representando un desafío para la Secretaría de Salud la estimación de esta demanda.

Cuando un operador recibe una llamada de emergencia para el servicio SIES asigna a la salida un código inicial en función de la gravedad de la emergencia. Los códigos de salida pueden ser rojo, amarillo o verde, siendo el primero de ellos utilizado cuando existe riesgo de vida. Una vez efectuada la atención, el profesional determina un código "final" o "real", el cual puede o no coincidir con el código asignado por el operador. Ambos códigos quedan registrados en el sistema transaccional para un posterior análisis. Es importante mencionar que una salida de emergencia puede o no estar asignada a un paciente, debido a que las personas que solicitan el servicio no siempre están registradas en la base de datos del sistema.

En base al análisis realizado de los requerimientos de información, algunas de las preguntas que debe poder responder la solución de inteligencia de negocios son:

- ¿Cuántas salidas del SIES se realizaron en un rango de tiempo?
- ¿Cuántas salidas se realizan por cada código de urgencia?
- ¿Existe relación entre la demanda y la época del año?
- ¿Cuáles son los diagnósticos más frecuentes en las salidas de emergencias?
- ¿Qué relación hay entre un diagnóstico y el sexo y/o edad del paciente?
- ¿Existe relación entre un diagnóstico y el periodo del año?

La problemática del caso de estudio fue abordada realizando un proceso ETL (siglas en inglés de Extract, Transform, Load) para la integración, transformación y limpieza de datos, y una herramienta de explotación para la visualización y comprensión de la información.

### *1-1. Objetivos*

El objetivo del presente trabajo es mejorar la calidad de la toma de decisiones basadas en datos reales en el ámbito de la salud pública utilizando herramientas de Inteligencia de Negocios.

## **2. Metodología**

En esta investigación se han utilizado cuatro bases de datos correspondientes a los CAPS de un Municipio de la provincia de Santa Fe. La información suministrada para este trabajo fue totalmente anónima, ya que la Secretaría de Salud adoptó todas las medidas necesarias para mantener la confidencialidad del paciente. La información referente a las salidas de ambulancia (Salida del SIES) se encuentra en una de estas

bases, es decir, solo en uno de los CAPS debido a que es el único de los cuatro centros con esta característica.

La información transaccional disponible se detalla en la Tabla I.

**Tabla I. Información disponible en los 4 CAPS**

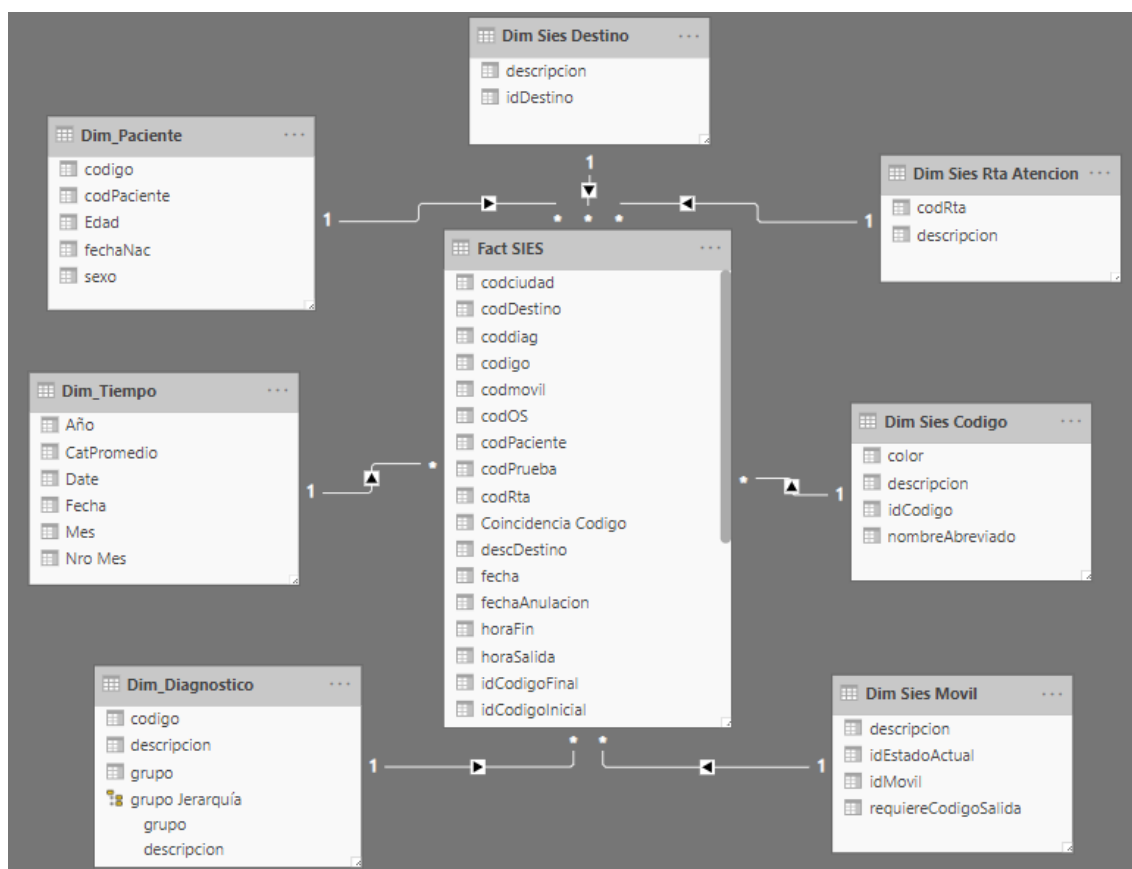
| Tabla                   | Descripción   | Atributos   | Cant. de registros   |
|-------------------------|---|---|--|
| Salida SIES             | Contiene las salidas de emergencias del servicio SIES.    | Identificador Salida, Fecha Salida, Hora Salida, Paciente, Diagnóstico, Código Salida, Código Llegada | CAPS 1: 8280 registros.  |
| Paciente                | Contiene datos de todos los pacientes del centro médico.  | Código de paciente, sexo, fecha de nacimiento.  | CAPS 1: 36993 registros.<br>CAPS 2: 33435 registros.<br>CAPS 3: 34223 registros.<br>CAPS 4: 34019 registros. |
| Diagnóstico             | Nomenclador de diagnósticos.                              | Código de diagnóstico, descripción de diagnóstico, grupo de diagnóstico al cual pertenece             | CAPS 1: 2131 registros.<br>CAPS 2: 2039 registros.<br>CAPS 3: 2039 registros.<br>CAPS 4: 2039 registros.     |
| Código SIES             | Nomenclador de códigos de salida de acuerdo a la gravedad | Identificador código, descripción, nombre Color   | CAPS 1: 4 registros.   |
| Destino SIES            | Datos del lugar donde fue trasladado el paciente          | Identificador Destino, descripción  | CAPS 1: 4 registros.   |
| Móvil SIES              | Datos de los vehículos del SIES                           | Identificador móvil, descripción, estado, Requiero código Salida                                      | CAPS 1: 4 registros.   |
| Respuesta Atención SIES | Datos de la evolución del paciente                        | código, descripción   | CAPS 1: 3 registros.   |

Para integrar toda la información de la tabla I, se propone la construcción de un Data Warehouse. Podemos definir un Data Warehouse basándonos en la definición de Bill Inmon, considerado el padre del Data Warehouse: “Es un conjunto de datos orientados por temas, integrados, variantes en el tiempo y no volátiles, que tienen por objetivo dar soporte a la toma de decisiones.”, Inmon W. H., (1996). El mismo se construyó siguiendo un esquema tipo “estrella”, Kimball R. y Ross M. (2011), cuya tabla de “hechos”, es decir la tabla que contendrá indicadores y medidas de negocio, contiene las atenciones realizadas.

Como la información será explorada desde diversas perspectivas, la tabla central de “hechos” está asociada a dimensiones satélite, las cuales intentan describir los diferentes aspectos del negocio. En el presente caso de estudio, las tablas “dimensión” son las siguientes: pacientes, diagnósticos, Código SIES, Destino SIES, Móvil SIES y Respuesta Atención SIES. Además de estas 6 dimensiones, es importante mencionar

que se creó la dimensión tiempo para modificar dinámicamente el nivel de granularidad con el que se desea analizar la información, Imhoff C. et al. (2003).

La Figura 1 muestra el esquema del Data Warehouse.



**Figura 1.** Diagrama de Data Warehouse

Para iniciar el proceso ETL, las cuatro bases de los sistemas transaccionales se alojaron en un mismo servidor MySQL versión 5.5.24, Oracle Corporation (2010), en el cual también se realizaron dos bases de datos nuevas: Staging (Data Staging Area) y Data Warehouse. La separación entre Staging y Data Warehouse mantiene el modelo de datos más ordenado, y más importante aún, brinda mayor flexibilidad y una carga de datos de mayor calidad, Kimball R. et al. (2008).

El procedimiento ETL y validación se describe a continuación:

- 1) Extracción de los datos provenientes de las tablas fuente y carga en tablas Staging.
- 2) Limpieza de datos ausentes, datos con errores de tipeo, datos inconsistentes (por ejemplo: fechas de nacimiento inválidas, pacientes y registros duplicados, etc.).

Para los registros con atributos ausentes se consideró imputarlos con el valor "NA", mientras que en los casos más severos se determinó eliminar el registro entero.

En algunos casos donde un mismo campo poseía valores diferentes entre las bases se decidió imputar dicho valor con el contenido en la base del centro más "importante".

Este paso se realizó reiteradas veces ya que luego de explorar los datos se descubrieron falencias en los datos que debían corregirse.

3) Validación de la consistencia de los datos y carga en las tablas finales del Data Warehouse, primero a través de consultas directas a las tablas de la base y luego mediante una herramienta de explotación.

Dado que este proceso es iterativo, en Power BI también se efectuó limpieza de datos debido a la mala calidad de los registros almacenados.

El proceso mencionado se efectuó utilizando la herramienta Visual Studio 2017 Community SQL Server Data Tools, Microsoft Corporation (2017).

Con el objetivo de presentar de una manera clara y concisa la información alojada en el Data Warehouse, se determinó que la herramienta a utilizar sería Power BI Desktop de Microsoft, Microsoft Corporation (2019).

Se decidió utilizar estos Softwares por su potencialidad y además porque poseen versiones comunitarias gratuitas. Visual Studio Community es gratuito para estudiantes, investigadores y para pequeñas organizaciones. Por su parte PowerBI Desktop es gratuita y posee todas las posibilidades de análisis detalladas en este trabajo. Que sean aplicaciones que poseen versiones gratuitas permite que su implementación en el sector público sea factible.

### 3. Resultados

Como resultado del proceso ETL, el Data Warehouse fue cargado con 8280 registros de salida del SIES, 43614 registros de pacientes, 2131 registros de diagnósticos, 5 registros en Código SIES, 5 registros en Destino SIES, 5 registros en Móvil SIES y 4 en Respuesta Atención SIES comprendidos entre los años 2010 a 2017. De la totalidad de pacientes registrados, 3700 fueron atendidos por emergencias, y de la totalidad de salidas del SIES, 2150 no tienen un paciente registrado (dato ausente).

Los datos residentes en el Data Warehouse fueron analizados con la herramienta de explotación PowerBI Desktop, obteniendo los siguientes gráficos:

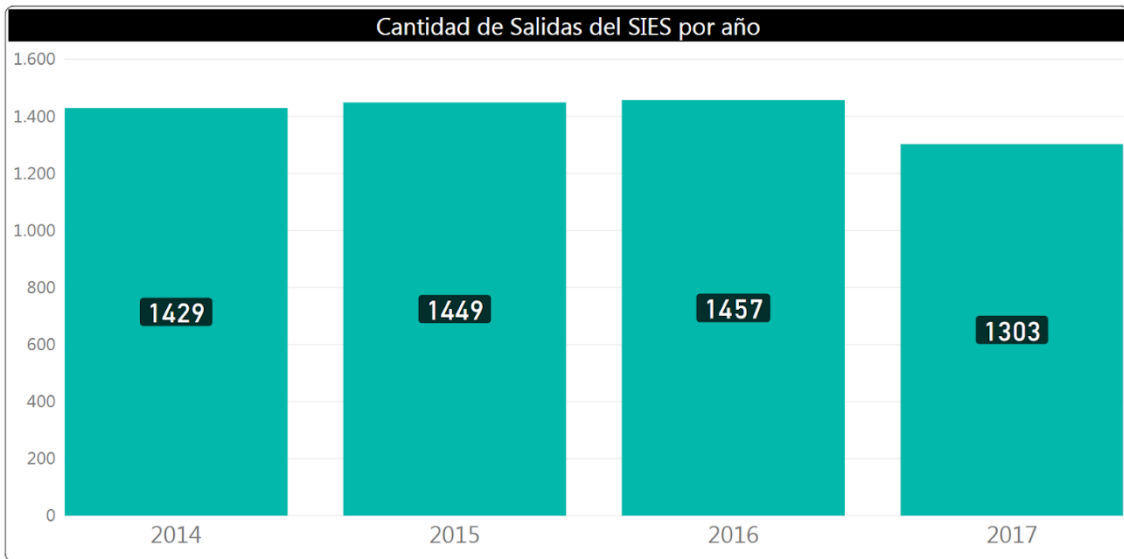
- Cantidad de salidas del SIES por año (Gráfico de barras). Métrica utilizada: Recuento de salidas
- Cantidad de salidas del SIES diarias promedio por Sexo y por Mes (Gráfico de barras apiladas). Métrica utilizada: Promedio de salidas diarias
- Ranking de diagnósticos más demandados (Gráfico de barras). Métrica utilizada: Recuento de salidas.
- Cantidad de salidas SIES según Edad (Gráfico de barras). Métrica utilizada: Recuento de salidas
- Cantidad de salidas SIES por día de Semana y Rango Horario (Gráfico de barras). Métrica utilizada: Recuento de salidas
- Código de salida vs Código de Llegada (Gráfico de torta). Métrica utilizada: Recuento de salidas

Todos estos gráficos fueron analizados haciendo uso de las ventajas que proporciona la herramienta de explotación, como filtrado de datos, cambio dinámico de ejes y el desglose de la información (drill down - roll up).

Luego de una primera visión de los datos se decidió realizar el estudio con los registros disponibles desde el año 2014 hasta el año 2017, debido a que la información anterior disponible no brindaba significancia. Aquí, se pudo evidenciar el impacto que tiene la carga de datos fuente, en la posibilidad de análisis y de toma de decisiones. El siguiente análisis hubiera sido invalidado con datos erróneos o de mala calidad.

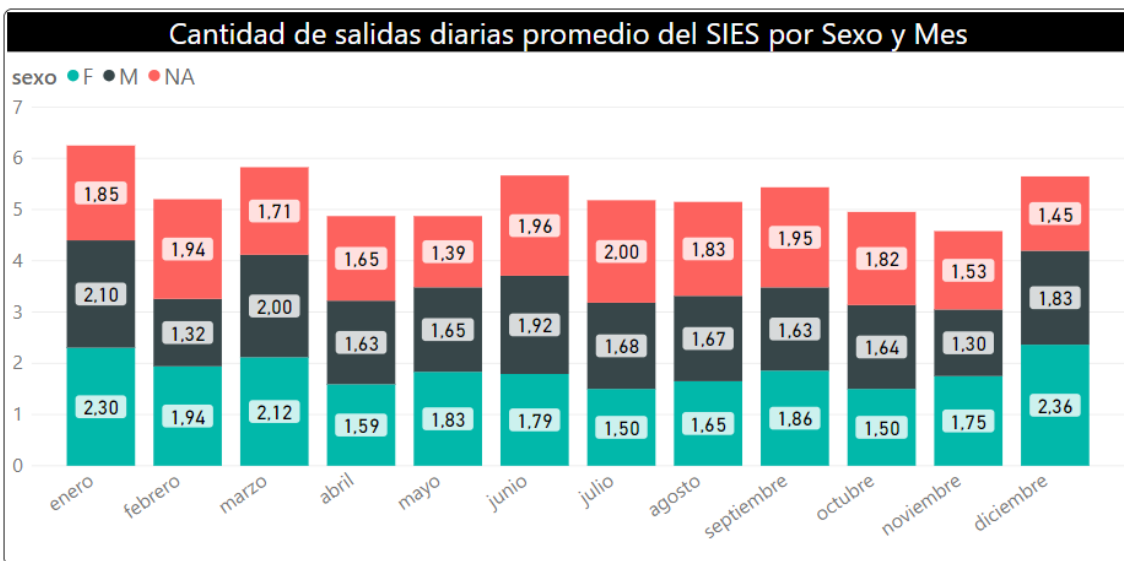
Con la herramienta, se llevaron a cabo una serie de análisis de las salidas del SIES, segmentadas por las dimensiones disponibles, como Sexo del paciente, códigos de salida y de llegada, horarios, gravedad del caso, rango etario, diagnósticos, cantidad de salidas de acuerdo con el día de la semana, la estación del año o la hora del día.

Como podemos observar en la Figura 2, la demanda anual de atenciones de emergencias es prácticamente constante: 1400 salidas anuales aproximadamente.



**Figura 2.** Demanda de Salidas SIES por año

Analizando el “promedio de salidas diarias” (Figura 3) podemos observar que la demanda es similar para todos los meses de todos los años: entre 4 y 6 salidas por día.



**Figura 3.** Cantidad de salidas diarias promedio por sexo y mes

En base a lo expuesto, podemos observar cómo la demanda del servicio SIES en este Municipio es estable, presentando valores constantes a través del tiempo.

Posteriormente se generó el ranking de los diagnósticos más demandados por el SIES para el periodo 2014-2017, donde se observa que “Accidentes en la vía pública” y “Dolor en el pecho” son los que encabezan el ranking.

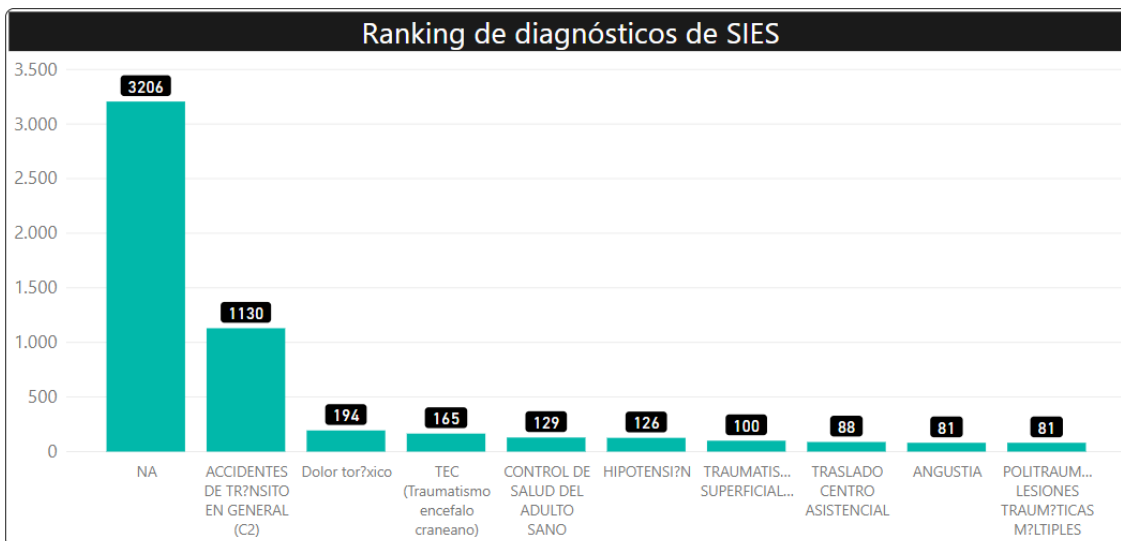


Figura 4. Gráfico de ranking de diagnósticos

Como se observa en la Figura 4, los diagnósticos “accidentes de tránsito” y “dolor torácico” son los más frecuentes. Sin embargo, la cantidad mayoritaria de salidas del SIES corresponden a diagnósticos No Establecidos (NA), es decir, no se han establecidos los diagnósticos para una gran proporción de registros. Aquí vemos nuevamente el impacto de la carga de datos fuente en la toma de decisiones.

Se puede apreciar también que el diagnóstico “Angustia” se encuentra dentro de los 10 diagnósticos más demandados. Esto podría repercutir en un posterior análisis por parte de la secretaría de Salud para evaluar una posible guardia psicológica/psiquiátrica.

Cruzando la información de los diagnósticos más frecuentes y la edad de los pacientes, podemos observar que los accidentes están mayormente concentrados en pacientes con edades entre 25 y 45 años (Figura 5) y el “dolor torácico” en pacientes entre 45 y 70 años (Figura 6).

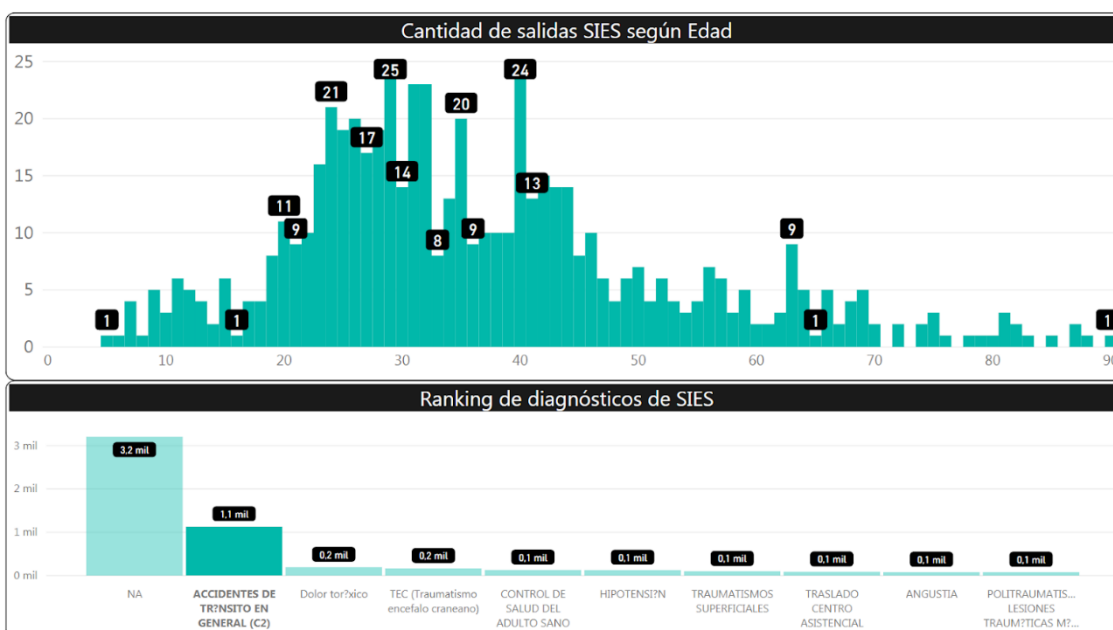
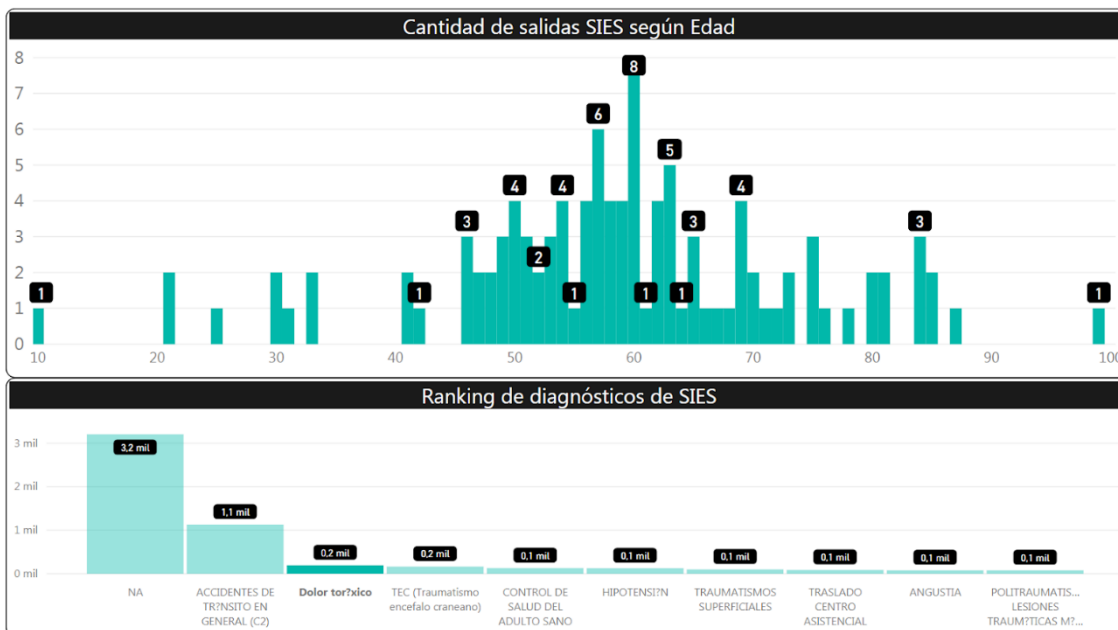


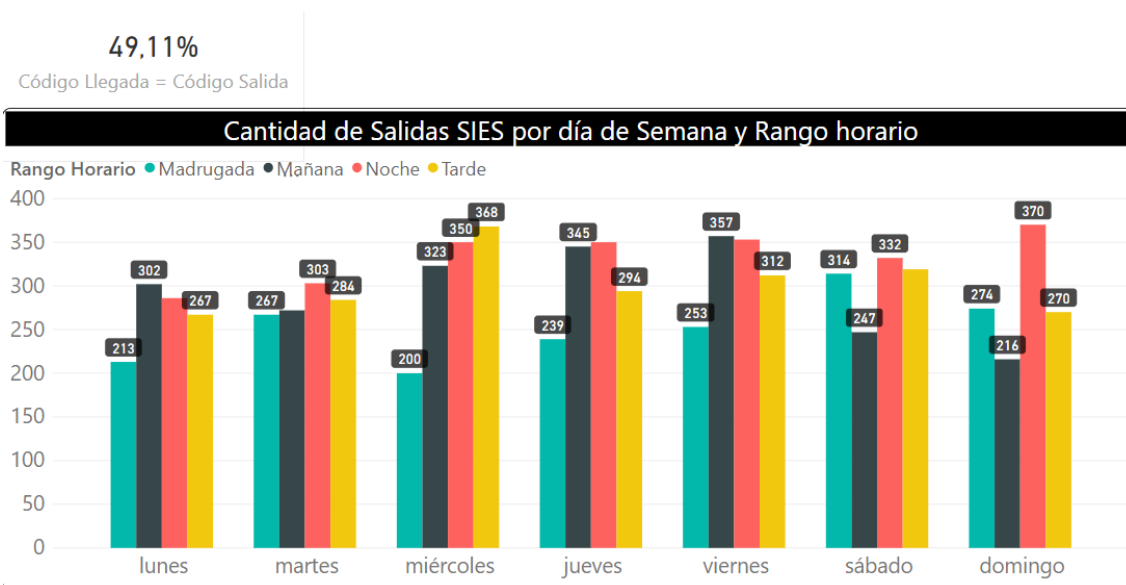
Figura 5. Gráfico de diagnósticos de accidentes vs edad (Accidentes de tránsito)



**Figura 6.** Gráfico de diagnósticos de accidentes vs edad (Dolor torácico)

También se analizaron las salidas de Ambulancia de acuerdo con el día de semana y el horario (Figura 7).

Se evidencia que en la madrugada de los sábados y domingos la demanda aumenta a comparación de la madrugada de los días de la semana. A su vez, se puede observar que la guardia nocturna es casi siempre una de las más activas, por lo cual la Secretaría de Salud podría estudiar el impacto de incrementar el número de profesionales y/o medicamentos en dicho rango horario.

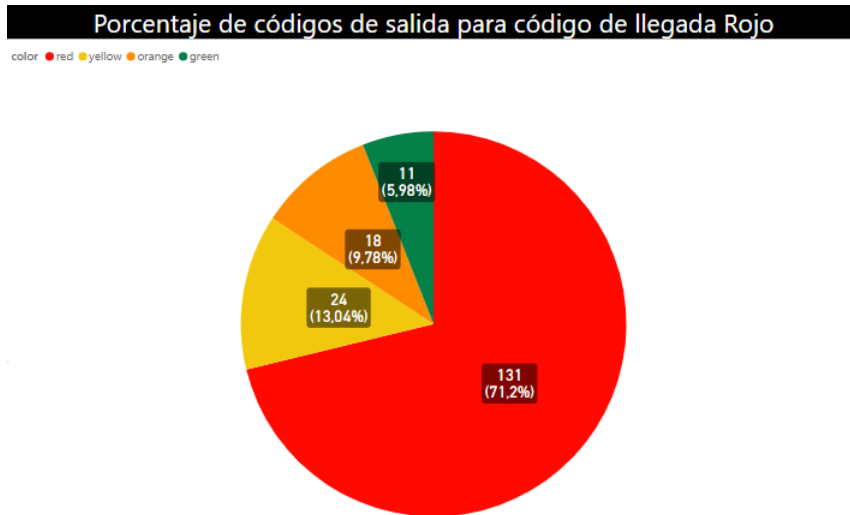


**Figura 7.** Gráfico de Cantidad de salidas SIES por día de Semana y Rango horario

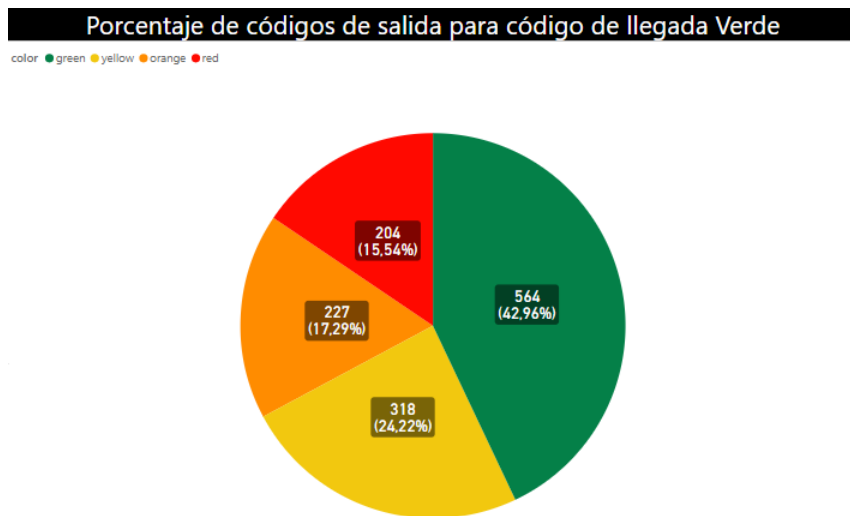
Por último, se analizaron los códigos de salida y los códigos de llegada y la relación entre ellos. Según el análisis realizado, se observa que en general se sobreestima la gravedad del problema. Como se puede apreciar en la Figura 8, cuando el código de llegada es rojo, el 71% de las veces la estimación fue correcta, mientras que solo el 6% de los llamados subestimaron el caso anunciando un código de salida



verde y el 13% anunciaron un código amarillo (totalizando un 19% de subestimación). Contrariamente, si analizamos la Figura 9 que nos muestra los códigos de color inicial cuando el código final fue Verde, podemos observar que solo un 43% de las veces la estimación fue correcta, mientras que otro 40% de las emergencias el problema fue sobreestimado.



**Figura 8.** Gráfico de Código de salida para Código de Llegada Rojo



**Figura 9.** Gráfico de Código de salida para Código de Llegada Verde

#### 4. Discusión

Las tendencias y patrones encontrados en el presente trabajo pueden ser un primer paso en la interpretación de los datos almacenados en los sistemas de los CAPS. Las técnicas de inteligencia de negocios podrían permitir a los profesionales de salud encontrar más y mejores patrones de una manera práctica y sencilla a través de la herramienta para que luego un ente público competente pueda tomar decisiones de alto nivel para mejorar el funcionamiento del sistema de emergencias sanitarias y por consiguiente ayudar a mejorar la salud pública argentina.

En este trabajo pudimos reconocer ciertas tendencias a partir de los datos analizados como por ejemplo que la demanda mensual y anual del SIES es constante a través del tiempo y que existen correlaciones entre la edad del paciente y los diagnósticos o entre la demanda y los diagnósticos.

Dado que este trabajo fue realizado por personas no especializadas en el área de medicina, esperamos que en futuros trabajos y con la ayuda de un profesional especializado podamos encontrar más información útil y de mejor calidad.

## **5. Conclusiones**

En el presente trabajo se ha expuesto cómo las técnicas de Inteligencia de negocios y explotación de datos pueden colaborar a la toma de decisiones en el ámbito de la salud pública basándose en un gran volumen de datos reales.

Como resultado, se pudo analizar en forma dinámica y gráfica los datos disponibles del servicio de emergencias SIES de un Municipio, observando particularmente en este caso una demanda casi constante.

A su vez, se ha podido evidenciar la importancia del proceso de carga de datos, que nos lleva a concientizar acerca del valor de la información presente en los sistemas transaccionales. Datos bien cargados conducen a análisis más exactos, confiables y de los cuales se pueden extraer importantes conclusiones, obteniendo un estudio de mayor calidad.

## **Reconocimientos**

Este trabajo fue realizado en el marco del Proyecto de Investigación y Desarrollo: "Big Data y Salud: Un análisis interdisciplinar para la construcción de insumos en el marco de políticas públicas para el desarrollo". PID UTN FA 5093.

## **Bibliografía**

DÍAZ J. (2012) Introducción al business intelligence. Barcelona: UOC

Dresner Advisory Services. (2019). Web: <http://www.biwisdom.com/>

Wager K., Lee F., Glaser J. (2017). Health Care Information Systems: A Practical Approach for Health Care Management. 4th edition. San Francisco: Jossey-Bass.

Imhoff C., Glemmo N. and Geiger J.G., (2003). Mastering data warehouse design: relational and dimensional techniques. Indiana: John Wiley & Sons.

Inmon W. H., (1996). Building the data warehouse, 2nd edition, Toronto: John Wiley & Sons.

Kimball R., Ross M., (2011). The data warehouse toolkit: the complete guide to dimensional modeling. Toronto: John Wiley & Sons.

Kimball R., Ross M., Thornthwaite W., Mundy J., Becker, B., (2008). The data warehouse lifecycle toolkit. Toronto: John Wiley & Sons.