

Georeferenciamiento en un Sistema de Información en Salud

Fernando Campos^a, Adrián Gómez^a, Marcela Martínez^a, Alejandro Mauro^b, Daniel Luna^b, Enrique Soriano^c, Fernán González Bernardo de Quiros^d

^a Área de Desarrollos Biomédicos, Hospital Italiano de Buenos Aires, Argentina

^b Área de Informática Médica, Hospital Italiano de Buenos Aires, Argentina

^c Departamento de Información Hospitalaria, Hospital Italiano de Buenos Aires, Argentina

^d Vicedirección Médica Estratégica, Hospital Italiano de Buenos Aires, Argentina

Resumen

El proceso de georeferenciar un elemento implica definir su existencia en un espacio físico. Esto significa establecer una relación entre el objeto en cuestión y realizar su proyección a un mapa o a un sistema de coordenadas.

Este procedimiento es particularmente establecido en sistemas conocidos como SIG (Sistema de Información Geográfico, del inglés Geographical Information Systems - GIS) y otros métodos cartográficos[1].

En su proceso de mejora continua en el servicio que es brindado a los pacientes, como las herramientas destinadas a la gestión hospitalaria, el Departamento de Información Hospitalaria del Hospital Italiano de Buenos Aires ha desarrollado un sistema de georeferenciamiento que permite capturar, analizar, administrar y presentar los datos de los elementos que conforman su sistema de información y exteriorizarlos con sus respectivos atributos referenciados a una cartografía.

Palabras Claves:

Geographic Information Systems, Hospital Information Systems, Medical Records Systems, Computerized.

Introducción

Si imaginamos el primer SIG podemos establecer sus comienzos hace 15.500 años, cuando en las antiguas cavernas los cazadores dibujaban las figuras de los animales que ellos cazaban. Luego asociaban esas imágenes y ubicación de sus cuevas y establecían las probables rutas de migración.

Remontándonos al entorno de sistemas en salud, quizás el pionero haya sido el médico John Snow, que en 1854 pudo determinar con precisión la fuente de agua (bebedero) causante de un brote de cólera en Londres, marcando puntos en un mapa que representaban a los individuos que contraían la enfermedad (Figura 1) [2].



Figura 1 – Mapa de John Snow

Ya en la actualidad, sin dudas se hizo popular el uso de esta herramienta con la explosión de Google Earth [3].

Desarrollo del SIG

Un sistema de georeferenciamiento actual usa información digital, la cual implica como primera medida establecer un mapa con las capacidades y los atributos para georeferenciar. Este mapa tendrá asociado todos los atributos que necesite para poder determinar en base a elementos que figuren en él, en qué lugar del mismo se encuentra cada una de esos elementos para que la información sea ubicada y luego extraída. Esto puede ser, por ejemplo, en mapas de ciudades, calles, avenidas o rutas. En otros ambientes puede responder al curso de un río, las cumbres de las montañas, o en base a puntos que puedan representar una latitud, una longitud e incluso sumando un eje mas, su altura [4].

Representación de los datos

En este aspecto debemos tener en cuenta dos factores. Aquellos relacionados con el mapa y aquellos relacionados con los datos para llegar a él. El SIG desarrollado por el Hospital Italiano de Buenos Aires establece la captura del dato del lugar como una imagen digital. Principalmente se basa en establecer

al píxel como la parte más pequeña en la que podemos dividir una imagen y la combinación de estos píxels representan la abstracción de la realidad. Esta imagen consiste en un conjunto de filas y columnas en donde en cada celda se almacena un único valor. Luego mediante el trabajo de un equipo encargado de la cartografía, se establece la relación entre esos datos y los elementos a representar (las referencias en el mapa).

Los objetos del mundo real se terminan representando en dos grandes grupos. *Objetos Discretos*, como puede ser la casa de un paciente o la ubicación de un centro de atención. Y *Objetos Continuos*, como puede ser una calle, una avenida o ruta, o incluso establecer dos dimensiones y determinar un área.

Estos objetos son representados en nuestro sistema en base a ciertos conceptos:

Puntos: Es usado para determinar un único punto de referencia, en otras palabras, una simple ubicación. Si bien los puntos en general son utilizados en pequeñas escalas, cuando la amplitud del mapa es tan extensa, las ciudades pueden expresarse de esta forma en lugar de ser un polígono.

Poligonal: Son de una sola dimensión y son utilizadas para representar ríos, calles, avenidas o rutas.

Polígonos: Objetos de dos dimensiones usados para representar un área o superficie determinada. Como ejemplos se incluyen ciudades, barrios, provincias o elementos de la naturaleza como los lagos.

Cada uno de estos conceptos de geometría está relacionado a una base de datos que describe sus atributos. Esta información nos permitirá luego crear el mapa o describir un conjunto de datos asociados al elemento de interés.

Captura de la información

Una de las principales barreras por sortear es la estandarización de los datos y la forma de relacionar los motores de búsqueda o referencia a cada una de esas celdas de imágenes. A tal efecto y basándonos en la Arquitectura Orientada a Servicio (SOA), se realizó un servicio que es consumido por cualquier aplicación que quiera capturar los datos necesarios en forma estándar para luego poder utilizar de la misma forma el servicio de cartografía [5].

A modo de ejemplo se muestra en la figura 2, una de las aplicaciones que consumen el servicio y mediante un ingreso de datos de búsqueda el sistema ofrece un set de datos que coincide en distinto grado de certeza con los parámetros ingresados. Estos se presentan con un cierto porcentaje de coincidencia o peso.

HOSPITAL ITALIANO

Teléfono: 02-2222.1111 Correo Electrónico: [hospital@italiano.net](#)

FERNANDO GASSINO

Lunes 7 de Julio

Localidad:

Calle: Altura: 4272

Calle	Partido	%
PERÓN JUAN DOMINGO TTE. GRAL.	CAPITAL FEDERAL	90
DERÓN EVA AV.	CAPITAL FEDERAL	90
PERÓN JUAN D. PRESIDENTE (64)	GENERAL SAN MARTÍN	70
PERÓN EVA (129)	GENERAL SAN MARTÍN	70
PERÓN EVA AV.	LOMAS DE ZAMORA	70
DERÓN JUAN D. PRESIDENTE AV.	LOMAS DE ZAMORA	70
PERÓN EVA	LARIS	70
PERÓN EVA (8001)	OUILMES	70

Figura 2 – Motor de búsqueda de direcciones

En base a las opciones propuestas, el usuario selecciona la correcta quedando el dato registrado y determinando en ese momento todos los datos necesarios para poder ubicar el elemento en un mapa o determinar si pertenece o no a una zona.

Los datos registrados son, el ID de poligonal, el ID de la calle, el ID del mapa y la altura (número). Con éstos, el servicio le proporciona la latitud y la longitud y queda la relación establecida para utilizarse por el servicio de cartografía del SIG.

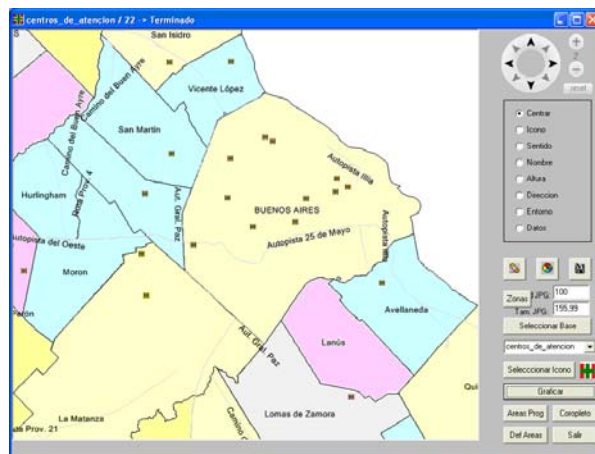


Figura 3 – Representación de puntos en un Servicio Cartográfico

Cabe destacar que al disponer de la latitud y longitud de la ubicación de un punto, éste puede ser representado por cualquier software de georeferenciamiento como por ejemplo Google Earth.



Figura 4 – Representación en Google Earth

Zonas

Este servicio no sólo permite trabajar con puntos sino mediante la combinación de poligonales, o mediante trazos, determinar un polígono y crear zonas para su análisis. Mediante algunos simples métodos uno puede determinar a qué zona o zonas pertenece un elemento, si un punto pertenece o no pertenece a una determinada zona. Siendo las zonas utilizadas como agrupadores de elementos en un mapa.

Las Zonas son fácilmente configurables, y se expresan como un archivo XML con los atributos de las áreas establecidas (ver Código XML de Zona).

```
<ZONASXML>
<ZONA idt="0" color="16711680" trans="64" name="hi">
<ZITEM paridad="2" idm="0" idc="1992"/>
<ZITEM paridad="2" idm="0" idc="540"/>
<ZITEM paridad="2" idm="0" idc="880"/>
<ZITEM paridad="2" idm="0" idc="661"/>
</ZONA>
<ZONA idt="1" color="16777088" trans="64"
name="hi_ext">
<ZITEM paridad="2" idm="0" idc="880"/>
<ZITEM paridad="2" idm="0" idc="540"/>
<ZITEM paridad="2" idm="0" idc="1283"/>
<ZITEM paridad="2" idm="0" idc="1652"/>
</ZONA>
</ZONASXML>
```

Código XML de Zona

En base a los ID de poligonales pueden establecerse las áreas o Zonas (Figura 5)

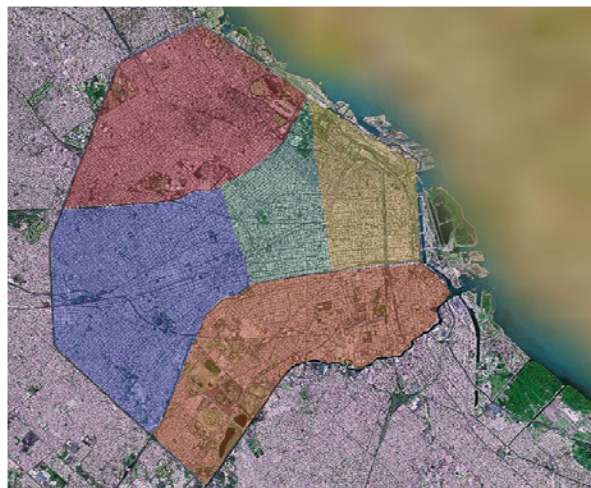


Figura 5 – Áreas o Zonas

Servicio de Cartografía

El globo terráqueo es la manera más exacta de representar la Tierra, pero es menos práctico que un mapa. En cualquier caso la tierra puede representarse de diversas formas y para cada una de ellas uno podría establecer un conjunto distinto de coordenadas, por ejemplo, latitud, longitud y altura.

El modelo más simple es asumir que la tierra es una esfera perfecta. El proceso de pasar de un dato como éstos a un mapa es conocido como proyección [6] e implica llevar el modelo de la tierra a un modelo de dos dimensiones para ser representado en una pantalla. En el SIG del Hospital Italiano sólo usamos dos dimensiones, siendo el principal objetivo el de geocodificar direcciones físicas, lo cual implica establecer coordenadas (x,y) a partir de las calles y las alturas (números).

El diseño y la producción de los mapas implican la llamada a dos funciones principales.

La primera produce la grafica del mapa en sí, de todos los elementos partiendo de la base de datos del mapa en el que se basa, y agregando aquella información que de desea graficar. Por ejemplo, la figura 4 grafica partiendo de la base del mapa de Buenos Aires y agrega luego los centros de atención.

La segunda, se establecen en base al mapa, otro tipo de información que se puede determinar en base a él. Esto significa que el objeto pasa a ser un medio de información. Como tal es factible recuperar datos de él y presentarlos incluidas en el mismo mapa. Ejemplo de esta función podemos encontrar en la figura 8 de la forma en que se obtiene información de un centro de atención a partir de un punto dado en el mapa.

Las aplicaciones consumen el servicio, tanto desde aplicaciones cliente servidor como desde el entorno WEB. (Figuras 6 y 7)

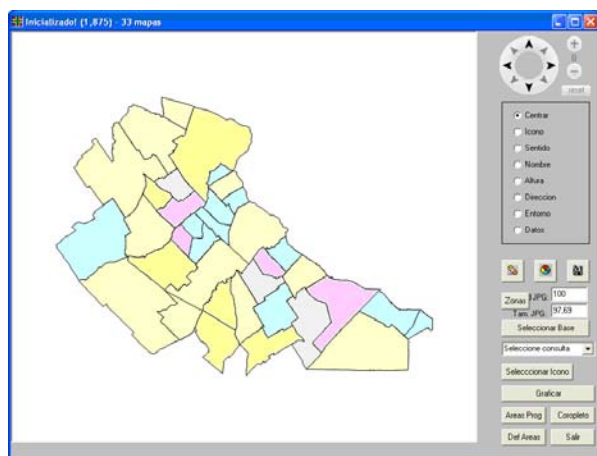


Figura 6 – Aplicación Cliente Servidor

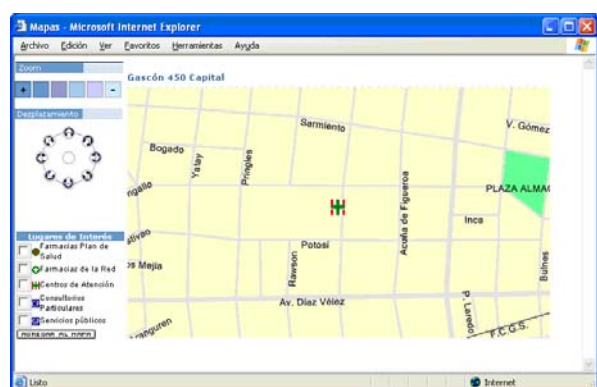


Figura 7 – Aplicación Web

Por otro lado, existe el proceso inverso, que es el determinar una dirección estimada o información relativa a un punto en base a sus coordenadas.

Por ejemplo, haciendo clic sobre una referencia del mapa (que represente por Ej. el domicilio de un paciente), se puede acceder al instante a información sobre la persona, sus datos filiatorios, cuál es su médico de cabecera, cuál es su centro de atención más próximo, los últimos centros en los que agendó un turno, cuál es su grupo familiar y cruzar toda esa información con el resto de los sistemas integrados del Hospital.

Este proceso parte de la celda del mapa de bits en la que se registra el clic. Se genera un evento con una longitud y latitud que luego es consultada en el modelo de datos en busca de un registro que cumpla con el criterio.

La figura 8 representa un mapa que grafica los centros de atención del Hospital Italiano. Al hacer clic sobre la referencia se obtienen los datos del centro que estén incluidas en el modelo de datos (puede ser dirección, horario de atención, medios de transporte que arriban al destino...)

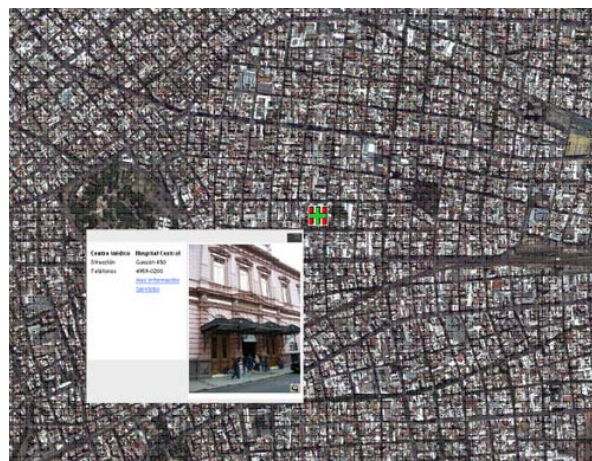


Figura 8 – Información sobre un Centro de Atención

Modelo tecnológico.

El modelo tecnológico surge de las definiciones dadas por los responsables de las áreas de sistemas involucradas en el proceso.

La utilización de la información se realiza por intermedio de un sistema centralizado multi-usuario con la performance necesaria para soportar entre 600 a 1000 usuarios. Estos usuarios son de distintas categorías entre los cuales se encuentran:

- Pacientes de la institución que consultan simplemente una cartilla médica y la ubicación de un consultorio, la ubicación de un centro de atención o el lugar de atención mas cercano a su domicilio donde se brinda atención a una determinada especialidad, actualización de sus datos personales.
- Usuarios administrativos de la institución encargados de actualizar los domicilios de los pacientes, capturar los datos al ingreso de los mismos y brindar información útil al paciente.
- Usuarios avanzados los cuales procesan la información capturada por el GIS como herramienta para soporte en la toma de decisiones.

Surge además la iniciativa de unificar la lógica de los procesos de acceso a los mismos, para asegurar un perfecto funcionamiento y un mantenimiento de aplicaciones mucho más económico, por ello se decidió utilizar la tecnología de componentes COM+ brindada por Microsoft como estándar de aplicaciones distribuidas. Para el entorno WEB, este mismo servicio es encapsulado en un Web Service.

La aplicación cliente servidor esta desarrollada en Visual Basic 6.0 y la aplicación WEB en ASP.NET. Como motor de bases de datos, originalmente fue montado sobre Oracle 9i y recientemente migrado a Oracle 11G.

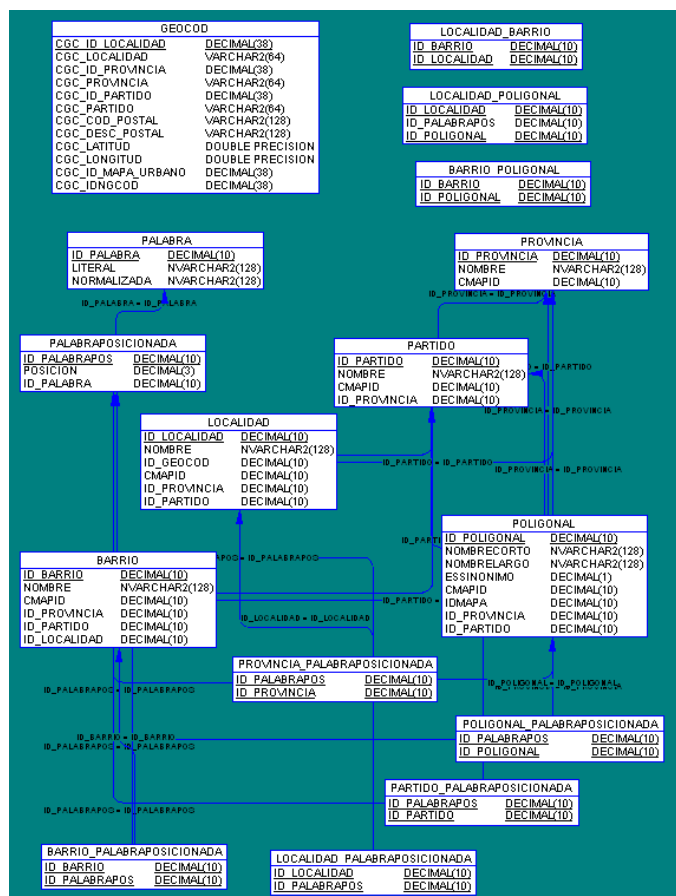


Figura 9 – Modelo de Datos

En cuanto a los servidores, está instalado en un sistema de clúster Windows 2003 Server en dos equipos IBM System X3850 DUAL XEON 5160. Estos equipos se encuentran conectados a un IBM System i 570 mediante conexiones ISCSI, esta conexión asegura 4GB de ancho de banda entre el System i y cada uno de los servidores Intel que componen el Clúster.

El IBM System i, entrega LPARC's para el Clúster Windows y las mismas contienen particiones para el Sistema Operativo y la Base de Datos como así también ofrece el espacio en su propio sistema de Storage. Toda esta arquitectura es transparente para los Windows, tiene otras ventajas como las comunicaciones con otros sistemas virtualizados dentro del mismo System i, Ejemplo un AS/400 con DB/400, Un AIX con ORACLE y posibilidades de virtualizar otros sistemas operativos.

Resultados

Una de las principales ventajas que brinda el sistema, es poder comunicar rápidamente, mediante una imagen, una idea o concepto respecto a una región de interés.

Actualmente consumen este servicio las aplicaciones encargadas de capturar la información establecida en los archivos maestros del Hospital Italiano de Buenos Aires. Al registrar a un nuevo paciente, el recepcionista (empadronador) debe realizar la búsqueda de las calles en el sistema, guardando todos

los datos necesarios para la georeferenciación. También utilizan este servicio todos los sistemas o aplicaciones que utilizan direcciones físicas (Sistema de Farmacias, Sistema Maestro de Lugares Físicos, Sistema de Gestión de Medicina Domiciliaria, etc)

La utilización conjunta de los SIG junto a las evaluaciones epidemiológicas dieron nacimiento a una nueva rama epidemiológica llamada epidemiología espacial, que realiza las evaluaciones epidemiológicas (tanto descriptivas como analíticas) adaptando la información a la geografía local. De este modo, se evalúa la variabilidad geográfica de las enfermedades en relación a la exposición a ciertos factores ambientales [7].

Los beneficios que brinda este tipo de aplicaciones respecto a gestión en salud son innumerables.

- Permite estudiar la disponibilidad de servicios ajustada al terreno concreto [8].
- Evaluar la demanda de salud por área y cantidad de profesionales disponibles.
- Analizar las variaciones en resultados (outcomes) clínicos según patrones de práctica estandarizados por lugar.
- Analizar las variaciones de flujo de atención de los pacientes.
- Determinar espacialmente dónde ocurre la enfermedad y las asociaciones espaciales de éstas [9].
- Ver los cambios espaciales de mortalidad en el tiempo [10].
- Realizar el planeamiento regional con información contextualizada al lugar (dónde instalar una central de emergencias, dónde realizar nuevas instalaciones sanitarias, etc.)

Los datos que son utilizados para ilustrar la geografía epidemiológica, van desde datos poblacionales. Ej. Datos de Censo o Socioeconómicos; información ambiental y ecológica. Ej. datos del monitoreo de polución y datos de vegetación/forestación (fotos satelitales); topografía, hidrología y datos climáticos; hasta información sobre la distribución de las enfermedades en relación a los centros de atención. Cualquier tipo de información puede ser analizada en relación al espacio dónde se sucede, siendo ésta una ventaja insuperable en el entendimiento de la enfermedad y la salud.

El Hospital Italiano de Buenos Aires utiliza la información geográfica para analizar las variables demográficas de su población a cargo Ej.: dónde se concentran más las personas añosas (ver figura 10). También utiliza los sistemas cartográficos para el estudio de las variables de uso de los servicios en relación a la carga de enfermedad, Ej.: qué centros de atención son los más utilizados por la población joven, dónde se concentran los pacientes hipertensos mal controlados, etc. De este análisis parten las gestiones para implementar nuevos planes de cuidado, o monitoreo de enfermedad, dónde es necesario aumentar la dotación de especialistas (según los centros de atención actuales), etc.



Figura 10 – Distribución de afiliados y centros de atención

Referencias

- [1] Hill, L.L., *Georeferencing : the geographic associations of information*. Digital libraries and electronic publishing. 2006, Cambridge, Mass.: MIT Press. xiii, 260 p.
- [2] Vinten-Johansen, P., *Cholera, Chloroform, and the Science of Medicine: A Life of John Snow*. 2003: Oxford University Press, USA.
- [3] Google Earth. *Offers maps and satellite images for complex or pinpointed regional searches*. 2008 [cited Mayo 2008]; Available from: <http://earth.google.com>.
- [4] Green, N.P.A., *Teach yourself geographical information systems The design, creation and use of demonstrators and tutors*. International Journal of Geographical Information Science, 1987. **1**(3): p. 279-290.
- [5] Erl, T., *Service-oriented architecture : a field guide to integrating XML and Web services*. 2004, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall Professional Technical Reference. xx, 536 p.
- [6] Snyder, J.P., *Map projections--a working manual*. U.S. Geological Survey professional paper. 1987, Washington: U.S. G.P.O. : For sale by the Supt. of Docs. ix, 383 p.
- [7] Elliott, P. and D. Wartenberg, *Spatial epidemiology: current approaches and future challenges*. Environ Health Perspect, 2004. **112**(9): p. 998-1006.
- [8] Ricketts, T.C. and United States. Agency for Health Care Policy and Research., *Using geographic methods to understand health issues*. AHCPH pub. 1997, Rockville, Md. (2101 E. Jefferson St., Rockville, 20852): Agency for Health Care Policy and Research, Dept. of Health and Human Services, U.S. Public Health Service. 22 p.
- [9] Knox, E.G. and E. Gilman, *Leukaemia clusters in Great Britain. 2. Geographical concentrations*. J Epidemiol Community Health, 1992. **46**(6): p. 573-6.
- [10] Waldhoer, T., M. Wald, and H. Heinzl, *Analysis of the spatial distribution of infant mortality by cause of death in Austria in 1984 to 2006*. Int J Health Geogr, 2008. **7**: p. 21.

Dirección para correspondencia

Lic. Fernando Campos.

Departamento de Información Hospitalaria. Hospital Italiano de Bs. As.-

Gascón 450- (1181) - Bs. As. Argentina - Tel: 54-11-4959-0200 int 5319.

e-mail: fernando.campos@hospitalitaliano.org.ar