



ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y DEFENSA
CARRERA LICENCIATURA EN CIENCIAS NAVALES**

TEMA

**DISEÑO PREVENTIVO DE EVACUACIÓN EN CASO DE
TSUNAMI Y SU CONTRIBUCIÓN A SALVAGUARDAR LA
SEGURIDAD DE LOS HABITANTES QUE SE ENCUENTRAN
EN EL PERÍMETRO COSTANERO DE LA CIUDAD SE
SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA**

AUTOR

EMILIO DAVID ROSERO MOSQUERA

DIRECTOR

SR. TNNV-IM ALEX PATRICIO SÁNCHEZ CABRERA

SALINAS, DICIEMBRE 2014

AGENDA

- **Hipótesis**
- **Antecedentes**
- **Objetivos**
- **Desarrollo de aspectos técnicos operativos relacionados con la propuesta**
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones**



HIPÓTESIS

**NO ES POSIBLE REALIZAR UNA
EVACUACIÓN ÓPTIMA DE LA
CIUDAD DE SALINAS EN CASO
DE UN TSUNAMI.**

Antecedentes



Pocos buses para muchos evacuados

Los 300 buses que se pusieron a disposición en el km uno de Santa Elena para evacuar la gente hacia Guayaquil quedaron cortos. Pasadas las 13:30 se contaban por miles los desesperados habitantes que pugnaban por evacuar las zonas más cercanas al mar.

Para la Policía fue imposible poder controlar a los desesperados moradores que hacían largas colas, cubriéndose con sombrillas y sombreros por la alta temperatura.

Era impresionante ver las inmensas filas de carros con colchones y otras pertenencias que la gente llevaba para pasar los días que dure la emergencia.

A las 15:00 la vía desde Santa Elena a Guayaquil fue unidireccional por disposición de la Comisión Nacional de Tránsito. Se tenía previsto que hasta las 17:00 la evacuación haya terminado, pero hasta el cierre de esta primera edición las filas eran interminables.

Extracto del periódico El Universo del día 12 de marzo del 2011



OBJETIVOS

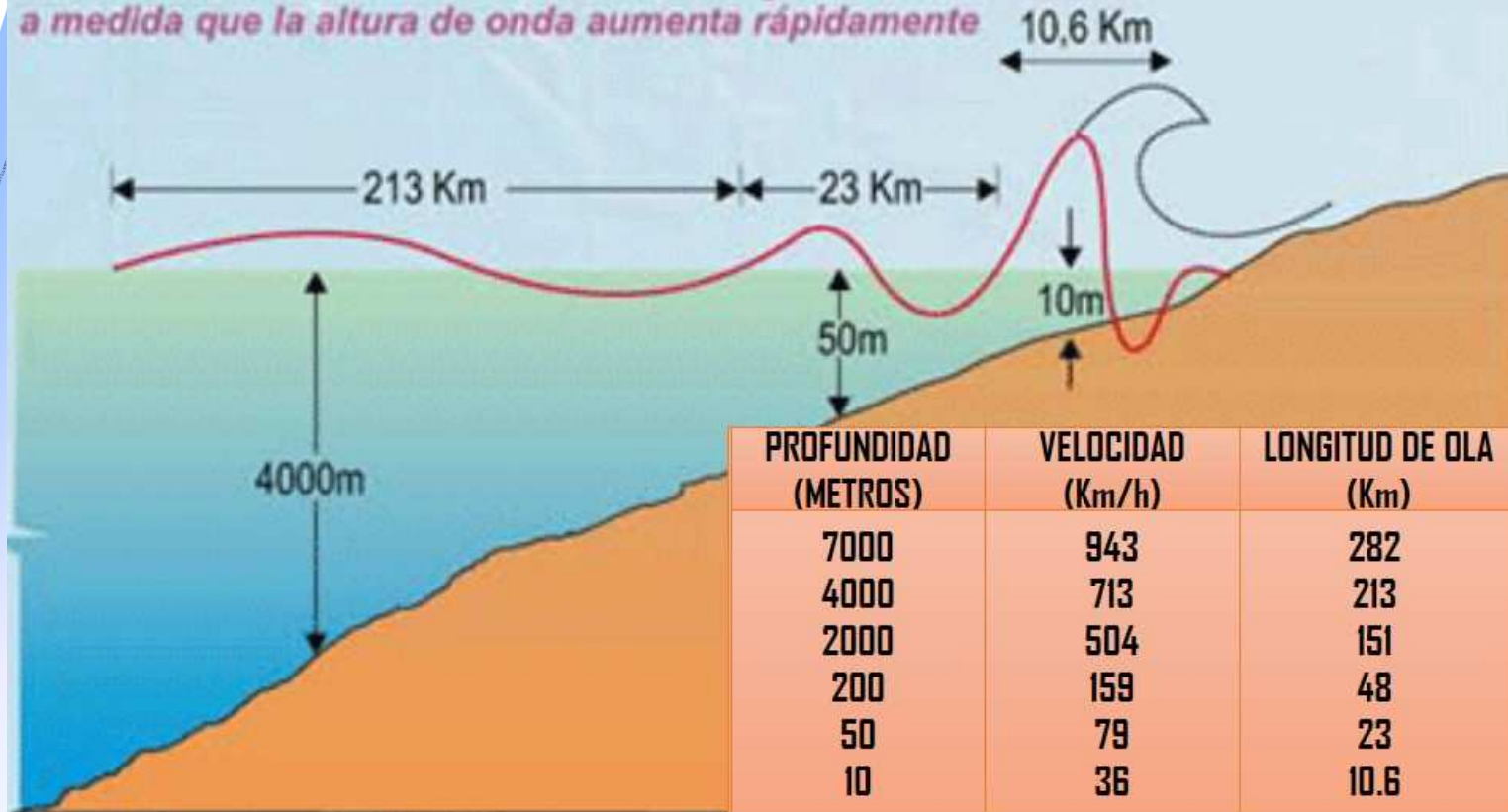


- **Identificar el proceso de evacuación** mediante un modelamiento estadístico-matemático partiendo de datos georeferenciados.
- **Definir rutas de tránsito** o caminos de acceso desde distintas partes de la ciudad de Salinas, hasta el punto más cercano que haya sido determinado como zona segura.
- **Generar un modelo determinístico, y estocástico** que describa el problema de la evacuación de la población.
- **Efectuar un análisis dinámico de los rendimientos de evacuación** de las rutas de tránsito posibles

Desarrollo de aspectos técnicos operativos relacionados con la propuesta

TSUNAMI

La Velocidad del Tsunami se reduce en aguas someras a medida que la altura de onda aumenta rápidamente



Provincia de Santa Elena

Se muestra el cantón Salinas sombreado de color amarillo.

Leyenda

- Salinas

Salinas Santa Elena

Google earth

© 2014 Google
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image Landsat




40 km



CANTÓN SALINAS

EL MAPA MUESTRA
REGIONALIZADAS LAS
PARROQUIAS DEL CANTÓN
SALINAS

Leyenda

-  Parroquia Anconcito
-  Parroquia José Luis Tamayo
-  Parroquia Salinas

Google earth

Image © 2014 DigitalGlobe

Image © 2014 CNES / Astrium

Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO





PERÍMETRO: 10,9 KM
 ÁREA: 2,46 KM²

PERÍMETRO: 9,98 KM
 ÁREA: 2,56 KM²

SALINAS

EL MAPA MUESTRA 3 VÍAS DE EVACUACIÓN RECOMENDABLES EN CASO DE TSUNAMI

PUNTA SAN LORENZO

SANTA ROSA

JAIME ROLDOS AGUILERA

22 DE DICIEMBRE

ASSAD BUCARAM

ANTONIO JOSÉ DE SUCRE

PICHINCHA

Salinas

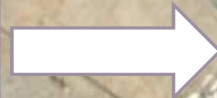
Leyenda

- Ruta de evacuación vehicular #1
- Ruta de evacuación vehicular #2
- Ruta de evacuación vehicular #3
- Salinas
- Zona Segura

12 Vías

Unidireccionales

45 Km/h



1 km

Ruta de evacuación #3

La ruta de evacuación #3 tiene una longitud de 1,90 km

Calle Antonio José de Sucre



Calle 27

Calle Pichincha

Calle 36

Velocidad Evac. : 45km/h
Tiempo Evac. : 3 min.

Leyenda

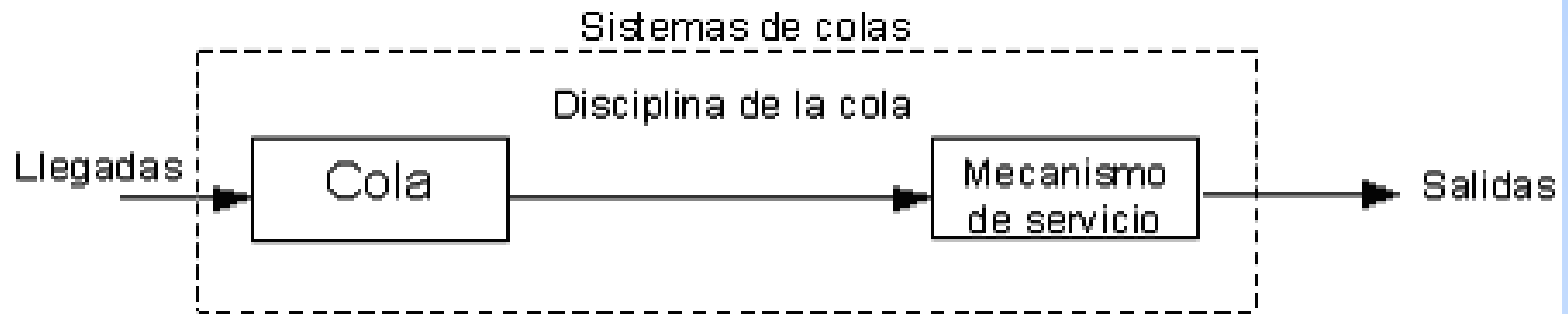
-  Ruta de evacuación vehicular #3
-  Zona Segura

Google earth

© 2014 Google
Image © 2014 DigitalGlobe



Teoría de colas



VACÍO

EQUILIBRIO

**CONGESTIÓN
(COLA)**

Fórmula de Erlang

$$p_n = B(n, a) = \frac{(a^n / n)}{\sum_{k=0}^n a^k / k!}$$

P_n : Probabilidad de bloqueo

a : Intensidad de tráfico (número de Erlang)

n : Número de vías (Carriles)

k : Número de sucesión

Prob. Bloqueo	Prob. Bloqueo	Circuito s	a^n	$(a^n/n!)$	Sumatoria $(a^n/n!)$
0,00%	100,00%	0		1,000E+00	1,000E+00
7,69%	92,3077%	1		1,200E+01	1,300E+01
15,29%	84,7059%	2		7,200E+01	8,500E+01
22,79%	77,2118%	3		2,880E+02	3,730E+02
30,15%	69,8464%	4		8,640E+02	1,237E+03
37,36%	62,6352%	5		2,074E+03	3,311E+03
44,39%	55,6089%	6		4,147E+03	7,458E+03
51,20%	48,8045%	7		7,109E+03	1,457E+04
57,73%	42,2655%	8		1,066E+04	2,523E+04
63,96%	36,0426%	9		1,422E+04	3,945E+04
69,81%	30,1925%	10		1,706E+04	5,651E+04
75,22%	24,7766%	11		1,861E+04	7,513E+04
80,14%	19,8567%	12		1,861E+04	9,374E+04
84,51%	15,4901%	13		1,718E+04	1,109E+05
88,28%	11,7210%	14		1,473E+04	1,257E+05
91,43%	8,5729%	15		1,178E+04	1,374E+05
93,96%	6,0413%	16		8,837E+03	1,463E+05
95,91%	4,0900%	17		6,238E+03	1,525E+05
97,35%	2,6543%	18		4,158E+03	1,567E+05
98,35%	1,6488%	19		2,626E+03	1,593E+05
99,02%	0,9796%	20		1,576E+03	1,609E+05
99,44%	0,5566%	21		9,005E+02	1,618E+05

Fórmula Telefónica

$$p_n = B(n, a) = \frac{(a^n / n!)}{\sum_{k=0}^n a^k / k!}$$



Microsoft Editor de ecuaciones 3.0

Time Unit

1 hour

Número líneas o abonados

1800 Estaciones/Buques

Terminales telefónicos/voz por línea

1 Telefonos/Radio por estación

S Número de Terminales telefónicos del Sistema

1800 Terminales

Probabilidad de Bloqueo para Diseño

10,0% GOS

$\lambda =$ Number of calls per unit time:

10 llamadas/hora X Telefono

Total number of calls per unit time:

18.000,0 llamadas/hora, todo el sistema

$$\frac{1}{\mu} =$$

Mean service time per call in unit time:

0,1 minutos (promedio de llamada)

1.800 Tráfico/unidad de tiempo (HORA)

$$a = \frac{\lambda}{\mu}$$

Traffic Intensity (Erlangs):

30,00 Erlangs/HORA

$$n =$$

Número de Canales Necesarios:

32 Frecuencias/lineas

Fórmula evacuación

		ecuaciones 3.0	
n	Número de vías		
	Time Unit		10 minutos
	Número de Viviendas	5.133	Viviendas
	Numero de Vehiculos por hogar	1	
S	Número de Vehículos del Sistema	5.133	Vehiculos en el sistema
	Probabilidad de Bloqueo para Diseño	30,0%	Probabilidades de NO poder entrar a la calle
			Cantidad de vehiculos por hogar que ingresan a las rutas
	Number of vehicles entering street per unit time:	1	en la unidad de tiempo
$\lambda =$	Total number of vehicles per unit time:	5.133,0	Vehiculos/Unidad de Tiempo, todo el sistema
$\frac{1}{\mu} =$	tiempo de ingreso a la vía	0,5	Minutos para entrar a la via
		0,05	Franccion del time unit ingreso a via
		256,65	Carros/Minuto
$a = \frac{\lambda}{\mu}$	Traffic Intensity (Erlangs):	12,83	Erlangs
n =	Número de Vías de Evacuación Necesarios:		11 Vias

Variables evaluadas en la Fórmula de Erlang

Tiempo de evacuación	6 a 15 minutos (por analizar)
Total de vehículos	5,133
Probabilidad de bloqueo para ingreso a la vía	10% a 30% (tomaremos 30% pues asumimos que habrá congestión)
λ : Total de vehículos/tiempo de evacuación	5,133 V/6min, 5,133 V/15min
$1/\mu$: Tiempo de ingreso a la vía de evacuación	1 minuto
a: Intensidad de tráfico (número de Erlang)	$a = \frac{\lambda}{\mu}$
n: Número de vías (Carriles)	RESULTADO DE LA FÓRMULA DE ERLANG

Primer modelo a ser evaluado

Tiempo de evacuación	6 minutos
Total de vehículos	5,133
Probabilidad de bloqueo para ingreso a la vía	30%
λ: Total de vehículos/tiempo de evacuación	5,133 V/6min
$1/\mu$: Tiempo de ingreso a la vía de evacuación	30 segundos
a: Intensidad de tráfico (número de Erlang)	21,39 Erlangs
n: Número de vías (Carriles)	17 Vías

**Fuente: CPV2010 Base de datos del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos
Elaborado por: Emilio Rosero**

Segundo modelo a ser evaluado

Tiempo de evacuación	10 minutos
Total de vehículos	5,133
Probabilidad de bloqueo para ingreso a la vía	30%
λ: Total de vehículos/tiempo de evacuación	5,133 V/10min
$1/\mu$: Tiempo de ingreso a la vía de evacuación	30 segundos
a: Intensidad de tráfico (número de Erlang)	12,83 Erlangs
n: Número de vías (Carriles)	11 Vías

**Fuente: CPV2010 Base de datos del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos
Elaborado por: Emilio Rosero**

Tercer modelo a ser evaluado

Tiempo de evacuación	10 minutos
Total de vehículos	5,133
Probabilidad de bloqueo para ingreso a la vía	30%
λ: Total de vehículos/tiempo de evacuación	5,133 V/10min
$1/\mu$: Tiempo de ingreso a la vía de evacuación	1 minuto
a: Intensidad de tráfico (número de Erlang)	26,67 Erlangs
n: Número de vías (Carriles)	20 Vías

**Fuente: CPV2010 Base de datos del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos
Elaborado por: Emilio Rosero**

CONCLUSIONES

Conclusiones basadas en los objetivos específicos del proyecto

- Realizar la evacuación hasta el minuto 6 permite que luego de 4 minutos se logre llegar al minuto 10 a la zona segura.
- El análisis dinámico de los modelos expuestos permite establecer las rutas de tránsito que deben ser usadas para la evacuación.

- La aplicación de modelos determinísticos y estocásticos permite determinar el escenario más REAL y el escenario más PROBABLE.
- Los tramos largos en las vías de evacuación permiten que las intersecciones no tengan influencia en el comportamiento del tráfico.

Conclusiones basadas en el análisis de los modelos

- Un reducido tiempo de evacuación facilita el rendimiento de todo el diseño preventivo.
- El ingreso de otros vehículos a la vía de evacuación impide mantener una velocidad constante al momento de evacuar.
- El constante ingreso de vehículos a la vía impide que el ingreso sea de manera directa y sin espera.

RECOMENDACIONES

- Disminuir el tiempo de emisión de alerta para aumentar el tiempo de evacuación.
- Usar apoyo de autoridades como la Policía Nacional o la Comisión de Tránsito del Ecuador para que el tráfico fluya a la velocidad promedio establecida y no haya vehículos que obstruyan la fluidez del modelo.
- Usar apoyo de autoridades para bloquear intersecciones o calles secundarias y guiar a los vehículos por la vía de evacuación.

- Habilitar mínimo 8 carriles más a través de la ciudad para lograr una evacuación real y exitosa en el tiempo planteado según el modelo.
- Habilitar buses de instituciones públicas o del estado para aumentar la capacidad de evacuación en menor tiempo.
- Crear un sistema nacional de alarma a través de telefonía móvil para disminuir tiempo de alerta.

**NO ES POSIBLE REALIZAR UNA
EVACUACIÓN ÓPTIMA DE LA
CIUDAD DE SALINAS EN CASO
DE UN TSUNAMI**

GRACIAS