

# Aplicación de la simulación discreta para pronosticar el número de huaycos en las quebradas que circundan un poblado



Ing. Wilmer Atoche D.  
[watoche@pucp.edu.pe](mailto:watoche@pucp.edu.pe)

Ing. Miguel Mejía P.  
[watoche@pucp.edu.pe](mailto:watoche@pucp.edu.pe)

Ing. Walter Silva S.  
[walter.silva@pucp.edu.pe](mailto:walter.silva@pucp.edu.pe)

# RESUMEN

---

- Esta investigación está centrada en el modelamiento y la simulación de la ocurrencia del fenómeno natural del huayco en la geografía de Chosica (Provincia de Lima).
- El presente trabajo estudia la cuenca del Río Rímac y está centrado específicamente en el poblado de Chosica (Lurigancho), usando como horizonte de simulación un año hidrológico peruano, que se inicia el 1º de setiembre y termina el 31 de agosto del año siguiente.
- Utilizamos como variables de entrada las precipitaciones fluviales (información proporcionada por **SENHAMI**), la geografía andina que circunda Chosica y el tipo de suelo (información proporcionada por **INGEMMET**).
- Esta investigación simula un modelo de eventos discretos para determinar el número de huaycos que pudieran ocurrir y así poder tomar medidas preventivas de manera oportuna.

# INTRODUCCIÓN

---

HUAYCO: desprendimiento de lodo y rocas que se presentan como un golpe de agua lodosa que se desliza a gran velocidad por quebradas secas y de poco caudal arrastrando piedras y troncos. Anuncian su presencia con fuerte ruido, y tienen un poder de destrucción que podrían desbaratar centros poblados, campos de cultivo, carreteras y todo lo que encuentra en su camino.

# INTRODUCCIÓN

---

Las zonas más propensas a huaycos en el Perú son:

- La cuenca del río Rímac (Lima)
- La cuenca del río Chanchamayo (Junín)
- La cuenca del río Mayo (San Martín)
- Las zonas de Quincemil, La Convención, Lares y otras microcuencas del río Vilcanota, Urubamba (Cusco), y
- La zona urbana de Arequipa.

# Los huaycos en Chosica

---

- El distrito de Lurigancho, cuya capital es Chosica, se halla situado al lado Este de la provincia de Lima, con un balcón que mira al mar y con un agreste techo que se eleva en espigadas colinas hacia la Cadena Occidental de Los Andes.
- Los huaycos ocurren casi todos los años entre los meses de diciembre y abril.

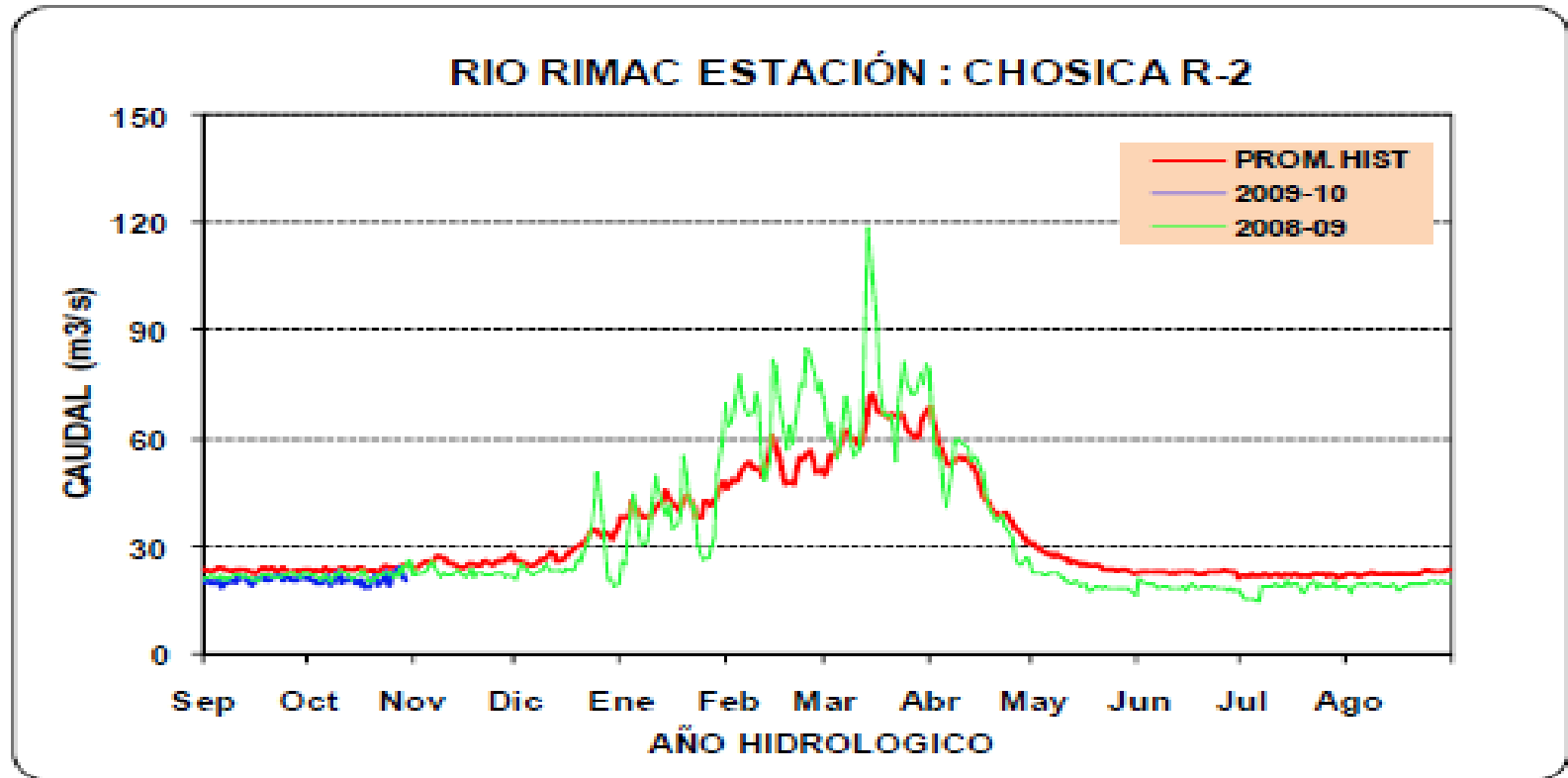
# Entidades de consulta

---

Para la obtención de datos para nuestro modelo, tuvimos diferentes medios de consulta, tales como:

- **PREDES:** Centro de Estudios y Prevención de Desastres.
- **SENAMHI:** Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú.
- **INGEMMET:** Instituto Geológico minero y metalúrgico.
- **IGN:** Instituto Geográfico Nacional.
- **INDECI:** Instituto Nacional de defensa civil.

# Datos – Rio Rimac



Caudales diarios del rio Rímac

# Datos – Tipo de tierra y pendiente



Tipos de tierra en Chosica



# Datos – Tipo de tierra y pendiente



Curvas de nivel - pendientes

# Datos del sistema

---

- Se piensa que debido a una intensa y continua lluvia se puede formar inevitablemente un huayco, en realidad este fenómeno depende en general de la geología del sistema, la pendiente de la quebrada, temporada de lluvias , entre otros.
- En este estudio hemos logrado simplificar nuestro sistema al punto de analizar dos de los factores más influyentes: *intensidad de lluvia* y pendiente de quebrada; con los que se puede simular un sistema aparentemente de colas que posee procesos y eventos sucesivos.

# Datos del sistema

- Para la *intensidad de lluvia* consideraremos los valores según promedios históricos: Alta, Media y Baja y para el tipo de Quebrada consideraremos dos tipos: *quebrada quirio* y quebrada pedregal, teniendo cada una características distintas (distancia al pueblo, pendiente y cauce máximo)



# Datos del sistema

---

- Para nuestra simulación, necesitamos información histórica de precipitaciones totales mensuales (mm), niveles de agua (m y msnm) y caudales medios mensuales ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) en las estaciones presentes en Chosica recopiladas del Banco Nacional de datos del SENAMHI.
- En la diapositiva siguiente presentamos los datos que se han considerado en el modelo y la simulación.
- Hemos trabajado con la intensidad de precipitación para tres años hidrológicos: 2006-2007, 2007-2008, y 2008-2009.

# Datos del sistema

<b>MES</b>	<b>DIAS DEL MES</b>	<b>DIAS DE LLUVIA</b>	<b>PROBABILIDAD MENSUAL</b>
<b>SETIEMBRE 08</b>	30	0	0.000
<b>OCTUBRE -08</b>	31	2	0.065
<b>NOVIEMBRE-08</b>	30	4	0.133
<b>DICIEMBRE-08</b>	31	8	0.258
<b>ENERO-09</b>	31	23	0.742
<b>FEBRERO-09</b>	28	17	0.607
<b>MARZO-09</b>	31	21	0.677
<b>ABRIL -09</b>	30	11	0.367
<b>MAYO-09</b>	31	0	0.000
<b>JUNIO-09</b>	30	0	0.000
<b>JULIO-09</b>	31	0	0.000
<b>AGOSTO-09</b>	31	0	0.000
<b>SETIEMBRE-09</b>	30	0	0.000

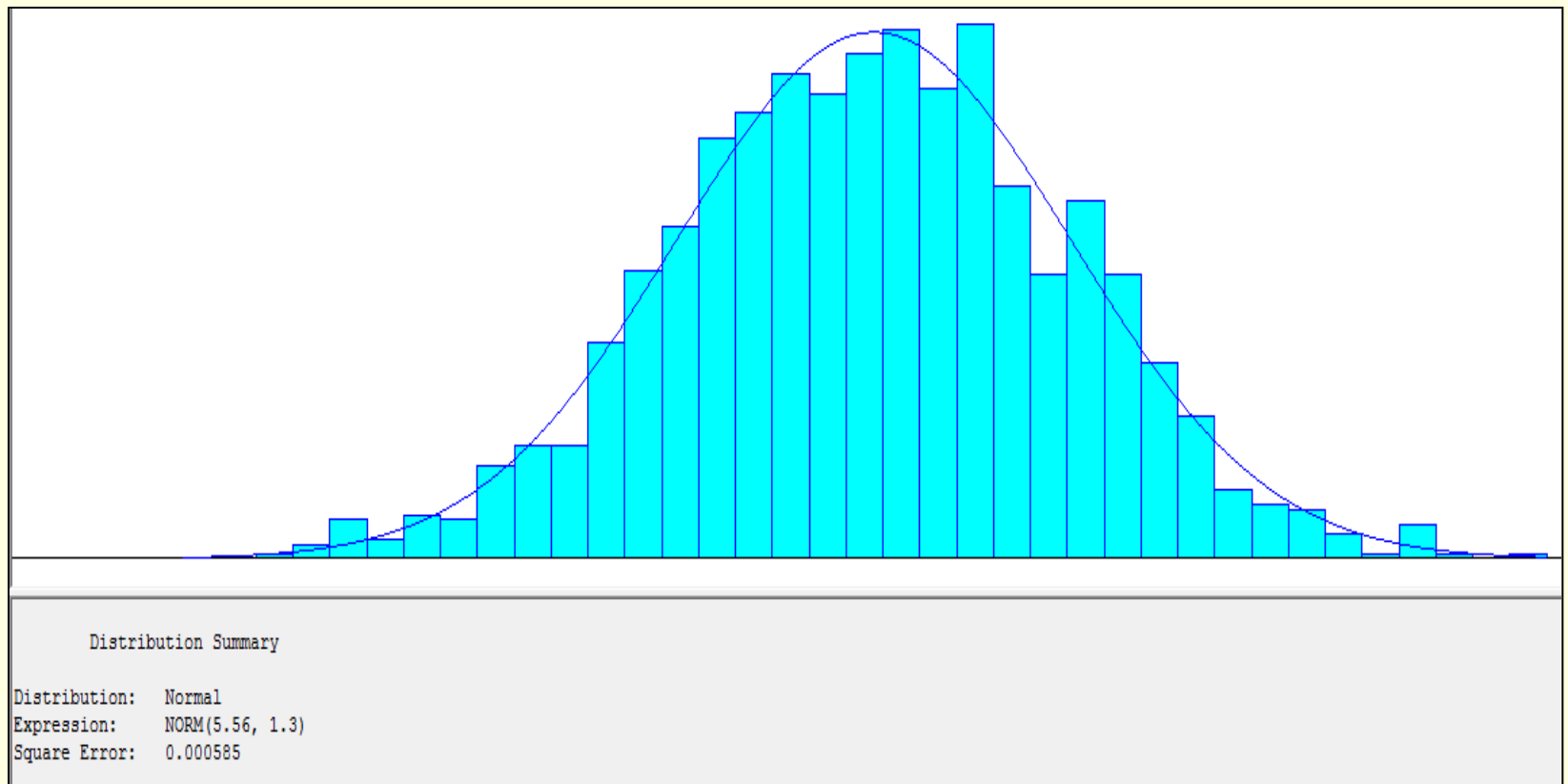
# Datos del sistema

---

- En nuestro caso, la intensidad de lluvia es uno de los datos más importantes para la generación de nuestro modelo, de los datos proporcionados por el SENAMHI, detallados por minuto, tomamos todos los correspondientes a un día; y como la toma es por minuto, tendríamos en total 1440 datos.
- Las instituciones restantes antes mencionadas, nos ayudaron en cuanto a datos de tipo de tierra y sedimentos presentes en la zona, esto con el fin de tener más atributos para nuestro modelo

# Datos del sistema

## Distribución de Lluvias



# Modelado del sistema

---

- El modelo se inicia con la llegada de la lluvia, ésta puede caer sobre una de las quebradas que circundan el poblado de Chosica.
- Se asume equiprobable la determinación de sobre que quebrada lloverá. Si la lluvia no excede un máximo de mm/min. no se formará huayco, por tanto la entidad lluvia irá a un dispose. En caso contrario, por la intensidad y volumen de la lluvia que se acumula en la superficie se formará un huayco, con un deslizamiento de suelo proporcional a la cantidad de lluvia y a la pendiente de la quebrada que se active en el modelo.



# Modelado del sistema

- La lluvia se va a diferenciar por un atributo que identifica al tipo de lluvia.
- Definimos en el element ATTRIBUTES, tipolluvia.
- Para asignar el tipo adecuado de lluvia a la lluvia que cae se acumulan las probabilidades y se emplea una distribución discreta, descrita por la siguiente tabla:

TIPO DE LLUVIA	INTENSIDAD DE LLUVIA	FRECUENCIA	ACUMULADA
1	BAJA	0.595238095	0.5952381
2	MEDIA	0.238095238	0.833333333
3	ALTA	0.166666667	1

# Modelado del sistema

- Estas probabilidades se obtuvieron analizando las intensidades de lluvia de las veces que llovió durante el año 2009.
- Se corrió el modelo por 48 horas. Para la formación el huayco, si la lluvia supera la condición asignada, pasa a humedecer la tierra como un proceso de servicio que tiene como resultado tierra húmeda. La acumulación de tierra húmeda desencadena el huayco.
- El siguiente cuadro, muestra la duración promedio de lluvias por mes, calculado en horas, días de lluvia para los años 2006, 2007, 2008 y 2009 en los meses de Agosto a Diciembre y 2007, 2008 y 2009 en los meses de Enero a Julio; devolviendo el promedio diario de dicho mes y teniendo como referencia el promedio histórico.

# Modelado del sistema

Mes	Año	Horas de lluvia	Días de lluvia	Promedio diario	Promedio histórico
Agosto	2006	0	0	0.00	0
	2007	0	0	0.00	
	2008	0	0		
	2009	0	0		
Septiembre	2006	0	0	0.00	0
	2007	0	0	0.00	
	2008	0	0		
	2009	0	0		
Octubre	2006	8	2	4.00	3.75
	2007	12	3	4.00	
	2008	6	2	3.00	
	2009				
Noviembre	2006	30	5	6.00	4.50
	2007	0	0	0.00	
	2008	30	4	7.50	
	2009				
Diciembre	2006	145	17	8.53	16.29
	2007	156	10	15.60	
	2008	198	8	24.75	
	2009				
Enero	2007	305	11	27.73	19.00
	2008	287	19	15.11	
	2009	326	23	14.17	
	2009				
Febrero	2007	234	12	19.50	17.09
	2008	265	18	14.72	
	2009	290	17	17.06	
	2009				
Marzo	2007	217	23	9.43	10.26
	2008	176	19	9.26	
	2009	254	21	12.10	
	2009				
Abril	2007	76	8	9.50	9.33
	2008	50	4	12.50	
	2009	66	11	6.00	
	2009				
Mayo	2007	6	1	6.00	6
	2008	0	0		
	2009	0	0	0.00	
	2009				
Junio	2007	0	0	0.00	0
	2008	0	0	0.00	
	2009	0	0	0.00	
	2009				
Julio	2007	0	0	0.00	0
	2008	0	0	0.00	
	2009	0	0	0.00	
	2009				

# Modelado del sistema

---

- En el bloque *create* definimos el tiempo entre llegadas para los meses lluviosos, que abarcan de octubre de un año a mayo del siguiente año.
- Para los meses en los que no hay lluvia el valor es cero, por lo que el modelo lo va a entender como que no va a haber lluvia para ese periodo de tiempo.
- La distribución es normal y la media de los tiempos entre llegadas va a tener un valor mas pequeño para los meses que son mas lluviosos ya que hay mayor ocurrencia de lluvia lo cual esta directamente relacionado con la ocurrencia de huaycos

# Resultado principal

---

- El presente estudio es un prototipo que simula el número de huaycos en un año hidrológico, mostrando la mayor probabilidad de existencia de estos en los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.
- El número de huaycos en un año hidrológico no exceden a las dos unidades en la mayoría de las replicas simuladas.

# Conclusiones

---

- Es importante establecer presunciones adecuadas para ajustar el modelo, lo cual hace que al final la caída del huayco, se trate como un proceso; sin cambiar los resultados esperados de la simulación.
- Este tipo de simulaciones, nos puede ayudar para hacer programas de prevención y evacuación en caso de desastres.
- Se puede replicar el uso a otras regiones del país e implementar modelos similares.

# Recomendaciones

---

- La simulación se replicó para un año hidrológico, pero se puede extender más.
- Evaluar la posibilidad de adquirir una aplicación informática para simular el modelo y poder darle un mayor número de variables de entradas no consideradas en la presente investigación.



**Gracias**