

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS

**ANÁLISIS DEL RIESGO FINANCIERO PARA EL PROYECTO
HIDROELÉCTRICO PAUTE-MAZAR MEDIANTE EL CRITERIO DEL
PMI (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE) A TRAVÉS DE
SIMULACIÓN DE MONTECARLO.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS**

SANDRA GISSELA VELOZ AGUIRRE

sg.veloz@hotmail.com

GRACE CATALINA VIZCAÍNO PILLALAZA

g_vizcaino@yahoo.es

Director: ING.SANTIAGO LÓPEZ VEINTIMILLA

santiagolopezv@hotmail.com

Quito, Agosto 2011

DECLARACIÓN

Yo **SANDRA GISSELA VELOZ AGUIRRE** y **GRACE CATALINA VIZCAÍNO PILLALAZA**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

SANDRA G. VELOZ AGUIRRE

GRACE C. VIZCAÍNO PILLALAZA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **SANDRA GISSELA VELOZ AGUIRRE** y **GRACE CATALINA VIZCAÍNO PILLALAZA**, bajo mi supervisión.

Santiago López Veintimilla, Ing.
DIRECTOR

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **SANDRA GISSELA VELOZ AGUIRRE** y **GRACE CATALINA VIZCAÍNO PILLALAZA**, bajo mi supervisión.

Cristian Salazar, Ing.
CO- DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, a mis hermanos y a mi esposo por estar siempre cuando los necesito y darme siempre su apoyo incondicional.

A todas las personas que de una u otra forma me han ayudado durante la elaboración de este proyecto de titulación.

A mis maestros que supieron transmitir todos sus conocimientos y también a aquellos que me dieron la espalda y me hicieron más fuerte para así vencer todas las dificultades.

Sandra Gissela

A los Ingenieros Santiago López, Luis Herrera, Diego Maldonado y todos aquellos quienes colaboraron con la culminación de este proyecto, a mi familia por ser la fuente de mi fortaleza, a mis amigos quienes con sus consejos y alegría fueron compañeros durante la vida universitaria.

Grace Catalina

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso, por estar siempre presente en mí.

A mis padres, Ángel Veloz y Rosa Aguirre quienes dedican su vida entera al bienestar de sus hijos.

A mis queridos hijos Giully y Adrián que me dieron el ser dentro de un gran hogar, y de quien me siento muy afortunada de tener como esposo Luis Herrera, a mis hermanos Angie y Criss, a todas estas personas un gracias por su apoyo incondicional, y porque han sido el empuje de motivación decisivo en la vida para mi superación profesional y personal.

Sandra Gissela

A mi familia, mis padres Mariana y Fabián fuente de fortaleza y ejemplo de constancia y sacrificio, mis hermanas Mishel y Lizeth compañeras y amigas, a Gustavo que con su amor incondicional y su apoyo ha estado conmigo durante todo este tiempo.

Grace Catalina

ÍNDICE DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABLAS	ii
LISTA DE ANEXOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
CAPÍTULO I.....	1
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.3 HIPÓTESIS	5
1.3.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	5
1.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA	6
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	6
1.4.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	6
1.4.3 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	6
1.5 METODOLOGÍA.....	7
1.5.1 MÉTODO CIENTÍFICO	7
1.5.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.5.3 NIVEL O TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.5.4 MÉTODOS	9
1.5.5 TÉCNICAS.....	9
CAPÍTULO II.....	10
2 EL PROYECTO	10
2.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	10
2.1.1 ¿QUÉ ES UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA?	10

2.1.2	TRANSMISIÓN DE ENERGÍA	11
2.2	CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE.....	11
2.2.1	ETAPAS DEL PROYECTO	13
2.3	CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE - MAZAR.....	14
2.3.1	IMPLANTACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	15
2.4	UBICACIÓN Y GEOGRAFÍA	16
2.5	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y AVANCE DE OBRA.....	18
2.6	RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN Y CRONOGRAMA VALORADO	19
2.7	ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA DE PRODUCCIÓN Y CAUDALES	20
2.7.1	SERIE DE CAUDALES DE PRODUCCIONES ANUALES PARA LOS AÑOS 1964 A 1995	20
2.7.2	ANÁLISIS DE LA SERIE DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL DEL RÍO MAZAR (ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO).....	25
2.7.2.1	MEJOR MODELO ESTIMADO PARA MAZAR.....	32
2.8	CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES (MAZAR)	40
2.8.1	QUÉ ES LA CURVA DE DURACIÓN GENERAL	40
2.8.2	CURVA DE DURACIÓN GENERAL DE MAZAR.....	41
2.9	DISTRIBUCIÓN DE LA GENERACIÓN.....	42
2.10	ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA DE PAUTE - MAZAR	43
	CAPÍTULO III	45
3	ANÁLISIS DE RIESGO A TRAVÉS DE SIMULACIÓN MONTECARLO ...	45
3.1	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	45
3.2	SIMULACIÓN DE MONTECARLO (SMC)	46
3.2.1	INCERTIDUMBRE AL RIESGO.....	47
3.2.2	INCERTIDUMBRE EN LOS ESCENARIOS	47
3.3	ANÁLISIS DE RIESGO DE LA HIDROELÉCTRICA PAUTE – MAZAR CON SIMULACIÓN MONTECARLO	49
3.3.1	PRODUCCIÓN DE ENERGÍA MENSUAL	54
3.4	SIMULACIÓN CON COTAS DE CAUDAL MÍNIMAS Y MÁXIMAS (ESCENARIOS)	59
3.4.1	ESCENARIOS DE CAUDALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE MAZAR.....	61
3.5	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA HIDROELÉCTRICA PAUTE - MAZAR	62
3.5.1	ANÁLISIS DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN), LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR), PERÍODO DE RECUPERACIÓN E ÍNDICE DE RENTABILIDAD.....	62

3.5.1.1	Cálculo del VAN y la TIR caso base con potencia instalada de 160 MW.....	63
3.5.1.2.1	Cálculo del Valor Actual Neto (VAN).....	64
3.5.1.1.2	Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR).....	65
3.5.1.2	Período de recuperación descontado (PRD).....	66
3.5.1.3	Índice de rentabilidad.....	70
3.5.1.4	Rentabilidad Contable Promedio (RCP).....	70
3.5.1.5	Análisis de la TIR y VAN con escenarios promedio, mínimo y máximo para Paute – Mazar	71
3.6	ANÁLISIS DE RIESGO DE LA INVERSIÓN DESDE LA PERSPECTIVA DEL PROYECTO.....	71
3.7	ANÁLISIS DE RIESGO DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO SEGÚN CICLO HIDROLÓGICO.....	72
CAPITULO IV.....		73
4	ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO SEGÚN EL PMI.....	73
4.1	QUÉ ES EL PMI (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE).....	73
4.2	¿QUÉ ES EL RIESGO?.....	74
4.2.1	¿CÓMO DETERMINAR EL RIESGO?:.....	74
4.3	¿QUÉ ES LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS?.....	75
4.4	ANÁLISIS DE LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGO DEL PROYECTO PAUTE – MAZAR SEGÚN EL PMI.....	77
4.4.1	IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO.....	77
4.4.1.1	Entradas a la identificación del riesgo.....	77
4.4.1.2	Herramientas y técnicas para la identificación del riesgo.....	78
4.4.1.3	Salidas de la identificación del riesgo.....	82
4.4.2	CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO.....	85
4.4.2.1	Entrada a la cuantificación del riesgo.....	85
4.4.2.2	Herramientas y Técnicas de la cuantificación de riesgos.....	91
4.4.2.3	Salidas de la cuantificación del riesgo.....	99
4.4.3	DESARROLLO DE RESPUESTA AL RIESGO.....	100
4.4.3.1	Entradas al control del riesgo.....	100
4.4.3.2	Herramientas y Técnicas para el desarrollo de respuesta al riesgo.....	100
4.4.3.3	Salidas del desarrollo de respuesta al riesgo.....	101
4.4.4	RESPUESTA AL CONTROL DEL RIESGO.....	102
4.4.4.1	Entradas a la respuesta al control del riesgo.....	102
4.4.4.2	Herramientas y Técnicas para respuesta al control del riesgo.....	102

4.4.4.3 Salidas de la respuesta al control del riesgo	102
CAPÍTULO V	103
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
5.1 CONCLUSIONES.....	103
5.2 RECOMENDACIONES	104
REFERENCIAS	106
ANEXOS.....	111

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico No.1	Esquema de una central hidroeléctrica	10
Gráfico No.2	Confluencia del río Paute y el río Mazar	16
Gráfico No.3	Ubicación Proyecto Embalse Mazar.....	17
Gráfico No.4	Primeras Obras Río Mazar.....	17
Gráfico No.5	Generación Anual Según Caudal Turbinado	22
Gráfico No.6	Distribución de Probabilidad	25
Gráfico No.7	Serie Original del Caudal Medio Mensual de Mazar	26
Gráfico No.8	Caudal Medio Mensual por Estación del año de Mazar	27
Gráfico No.9	Serie con logaritmos del Caudal Medio Mensual de Mazar.....	28
Gráfico No.10	Autocorrelación y Autocorrelación Parciales de la serie con logaritmos del Caudal Medio Mensual de Mazar.....	28
Gráfico No.11	Serie con logaritmos y primera diferencia del Caudal Medio Mensual de Mazar	30
Gráfico No.12	Gráfico de estaciones Serie de CMMM transformada y diferenciada	31
Gráfico No.13	Autocorrelación y Autocorrelación Parciales de la serie con logaritmos del Caudal Medio Mensual de Mazar.....	31
Gráfico No.14	Prueba De Estructura ARMA Mejor Modelo Estimado 3	33
Gráfico No.15	Autocorrelaciones y Autocorrelaciones Parciales Estimadas para el Modelo 3.....	33
Gráfico No.16	Comparación Gráfica del modelo Estimado 3 vs. la serie original	35
Gráfico No.17	Histograma Mejor Modelo.....	35
Gráfico No.18	Serie Final Trasformada con predicción.....	36
Gráfico No.19	Curva de Duración General de Caudales.....	41
Gráfico No.20	Curva de Duración General de Mazar	41
Gráfico No.21	Sistema Nacional de Generación y Transmisión	43
Gráfico No.22	Diseño de Simulación	48
Gráfico No.23	Análisis de Datos de la Producción de Energía	57

Gráfico No.24	Probabilidad de Producción de Energía mensual Máxima	58
Gráfico No.25	Valor futuro de los flujos de efectivo del proyecto hidroeléctrico Paute – Mazar (USD)	69
Gráfico No.26	Vista General de la Administración de Riesgo del Proyecto.....	76
Gráfico No.27	Flujograma del Diseño del Proyecto.....	78
Gráfico No.28	Flujograma del Caudal de Mazar.....	78
Gráfico No.29	Flujograma del Embalse de Mazar	79
Gráfico No.30	Flujograma del Proyecto en Marcha.....	80
Gráfico No.31	Diagrama Causa - Efecto	81
Gráfico No.32	Matriz de Riesgo de Paute – Mazar	85
Gráfico No.33	Distribución del Valor Actual Neto (VAN).....	92
Gráfico No.34	Probabilidad del Valor Actual Neto ≥ 0	93
Gráfico No.35	Análisis de Sensibilidad del Valor Actual Neto (VAN).....	94
Gráfico No.36	Probabilidad Acumulada de Producción de Energía	95
Gráfico No.37	Probabilidad Acumulada del Valor Actual Neto (VAN).....	96
Gráfico No.38	Análisis de Tendencia del Valor Actual Neto (VAN)	96
Gráfico No.39	Análisis de la Tasa Interna de Retorno (TIR).....	97
Gráfico No.40	Análisis de Sensibilidad de la Tasa Interna de Retorno (TIR)	98
Gráfico No.41	Probabilidad Acumulada de Tasa Interna de Retorno (TIR)	99

LISTA DE TABLAS

Tabla No.1	Capacidad de la Represa Hidroeléctrica Paute	13
Tabla No.2	Implantación General del Proyecto.....	15
Tabla No.3	Resumen del Presupuesto de Construcción y Cronograma Valorado	19
Tabla No.4	Generación Anual y Resultados Según Caudales Turbinados.....	21
Tabla No.5	Frecuencia de ocurrencia de producción, distribución probabilística y función de densidad.	23
Tabla No.6	Resumen del Test de Raíces Unitarias para la Serie con logaritmos del Caudal Medio Mensual de Mazar.....	29
Tabla No.7	Resumen del Test de Raíces Unitarias con una diferencia para la Serie con logaritmos del Caudal Medio Mensual de Mazar.....	30
Tabla No.8	SARIMA(3,1,6)(0,1,6).....	32
Tabla No.9	Normalidad de los Modelos Estimado para predicción	34
Tabla No.10	Comparación de los Modelos Estimado para predicción.....	34
Tabla No.11	Test de residuos y Box Pierce.....	37
Tabla No.12	Caudal Estimado (Predicciones)	38
Tabla No.13	Caudal medio – Producción de Energía año 1964 - 2013.....	50
Tabla No.14	Distribución Probabilística de la generación desde el año1964 al 2013 en GWh anuales.....	52
Tabla No.15	Estimación de la producción de energía para Paute – Mazar con SMC	54
Tabla No.16	Percentiles y Resultados Estadísticos para la Producción de Energía mensual (GWh)	56
Tabla No.17	Percentiles para la Producción de Energía Mensual Mínima (GWh)	57
Tabla No.18	Estimación de Caudales para Mazar con SMC.....	59
Tabla No.19	Percentiles para los Caudales mensuales (m ³ /s)	61
Tabla No.20	Cotas de Caudales Mínimos y Máximos (escenarios).....	61

Tabla No.21	Cálculo de Flujos Netos Energía en Mw/h para Paute -Mazar con 160MW	63
Tabla No.22	de Flujos Netos Energía en Mw/h para Paute -Mazar con 160MW	63
Tabla No.23.....	Valor Actual Neto (VAN) de Paute – Mazar con 160 MW	655
Tabla No.24	Cálculo de la TIR.....	66
Tabla No.25	Período de Recuperación Descontado	67
Tabla No.26	Flujo de efectivo acumulado y valor futuro a una tasa del 0%.....	68
Tabla No.27	Escenarios promedio, mínimo y máximo para la inversión en Paute-Mazar	71
Tabla No.28	Eventos Potenciales de Riesgo	83
Tabla No.29	Eventos Alta Probabilidad y Severidad	86
Tabla No.30	Matriz FODA para Paute – Mazar	88
Tabla No.31	Estrategias para FODA de Paute – Mazar	90
Tabla No.32	Percentiles para el Valor actual (VAN)	91
Tabla No.33	Escenarios de TIR y VAN para la producción de energía de Paute – Mazar	94
Tabla No.34	Percentiles y Pronósticos para la TIR	98

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A – Cronograma de ejecución del proyecto
- ANEXO B– Modelos Estimados para Mazar
- ANEXO C– Caudales Turbinados
- ANEXO D– Energía Total
- ANEXO E– Caudales Medios Mensuales Mazar 1964 - 2009
- ANEXO F– Cálculo de Duración de Caudales
- ANEXO G– Cálculo de Flujos Netos
- ANEXO H– Cálculo del VAN y TIR escenarios

RESUMEN

Este proyecto de titulación evalúa el riesgo inmerso en la hidroeléctrica Paute – Mazar, aplicando la metodología establecida por el PMI.

Con el análisis de Simulación de Montecarlo (SMC) se podrá cuantificar el valor en riesgo, eligiendo así las distribuciones de probabilidad que mejor se ajusten a la información, se recurre en primera instancia a realizar un análisis de series de tiempo para su modelización.

El análisis mediante escenarios realizados a través de simulaciones de Montecarlo es de suma importancia ya que se podrá predecir el comportamiento del caudal del río, y sobre todo de la generación de energía.

El aporte hidroeléctrico generado por Mazar será de importancia para el bienestar del país, pero el aporte más significativo será el de recolección de sedimentos, el aporte de datos históricos hace posible analizar si existe la posibilidad o no de obtener una rentabilidad para el proyecto.

Además las estrategias de recolección de información son organizadas con la lógica de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para la Hidroeléctrica, todo esto mediante un análisis FODA, el mismo que servirá para determinar opciones y acciones con el objetivo de reducir las amenazas que puedan afectar el correcto desenvolvimiento de la hidroeléctrica, vale señalar que en el componente de amenazas se visibiliza a las climatológicas ya que de esto también depende el buen funcionamiento de la central y de obtener los resultados deseados.

El análisis del PMI realizado en Paute - Mazar, involucra el riesgo y la posibilidad de sufrir daño o pérdida en la hidroeléctrica. En el contexto del proyecto, sin

embargo, la identificación del riesgo también se preocupa con oportunidades, es decir con resultados positivos, así como también amenazas que son los resultados negativos. La identificación del riesgo realizada al proyecto hidroeléctrico puede ser lograda al identificar las causas-y-efectos que podrían pasar o que pueden de ser evitados.

Palabras clave: Paute – Mazar. Simulación Montecarlo. PMI. Riesgo Financiero.

ABSTRACT

This project evaluates the immersed risk in the hydroelectric Paute - Mazar, applying the methodology settled down by the PMI.

With the analysis of Simulation of Montecarlo (SMC) we will be able to quantify the value in risk, choosing in this way the distributions of probability that better are adjusted to the information, first of all it is important to carry out an analysis of time series models.

The analysis by sets carried out through simulations of Montecarlo is of supreme importance, because we will be able to predict the behavior of the flow of the river, and mainly of the energy generation.

The hydroelectric contribution generated by Mazar will be important for the well being of the country, but the most significant contribution will be the gathering of silts, the contribution of historical data makes possible to analyze if the projects is profitable or not.

Also, the strategies of gathering of information are organized with the logic of strengths, opportunities, weaknesses and threats for the Hydroelectric , through an analysis SWOT, the same one that will be good to determine options and actions with the objective of reduce the threats that can affect the correct development of the hydroelectric , is worthy to point out that in the component of threats we can see the climatological that is a factor of good operation of the central, in order to obtaining the wanted results.

The analysis of the PMI carried out in Paute - Mazar, involves the risk and the possibility of suffering damage or loss of capital in the hydroelectric. In the context of the project, however, the identification of the risk also worries with opportunities,

it means with positive results, as well as threaten that are the negative results. The identification of the risk carried out to the hydroelectric project can be possible when identifying the cause-and-effects that could happen or that can be avoided.

Key words: Paute – Mazar. Montecarlo Simulation. PMI. Financial Risk.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es la transformación de otro tipo de energía, ya sea esta: química, mecánica, térmica, luminosa, entre otras. En el Ecuador la generación de energía eléctrica es producida en mayor porcentaje por centrales hidroeléctricas seguidas por centrales térmicas y por centrales eólicas.

- Las centrales hidroeléctricas utilizan recursos hídricos para convertir energía mecánica en energía eléctrica.
- Las centrales térmicas utilizan combustibles fósiles para poner en funcionamiento motores de combustión interna y así poder accionar generadores de energía eléctrica.
- Las centrales eólicas utilizan la fuerza del viento para poder convertir energía mecánica en energía eléctrica.

Sin embargo, en el Ecuador se mantiene un gran déficit en la producción de energía eléctrica, es por esto que los Gobiernos de turno han buscado los medios para tratar de mitigar este problema que con el crecimiento poblacional se acrecienta año tras año.

El déficit de energía eléctrica se transforma en déficit económico, generando millonarias brechas, al punto de no poder abastecer a todos sus habitantes, obligándose a importar energía para cubrir las necesidades de la población.

Siguiendo los lineamientos trazados por gobiernos pasados y actuales, se ha buscado canalizar nuevos proyectos para la generación de electricidad a través de energía hidráulica; uno de estos proyectos es el Proyecto Paute – Integral, constituido por cuatro etapas que son: Paute – Mazar, Paute – Amaluza, Paute –

Sopladora y Paute - Cardenillo; siendo la primera etapa el objeto de análisis en el presente proyecto de titulación.

La central Paute – Mazar, fue concebido en el Plan Nacional de Electrificación formando parte del proyecto Paute – Integral, en la actualidad la Central Paute - Amaluza se encuentra en operación, y para asegurar un mayor tiempo de su vida útil, se crea Paute – Mazar, teniendo por objeto el fortalecimiento del embalse Amaluza, reteniendo los sólidos en un 75%; y además posee un capacidad de generación hidroeléctrica instalada de 160MW. El contrato de concesión para la construcción y operación de PAUTE – INTEGRAL, fue entregada por el Consejo Nacional de Electrificación (CONELEC) a la empresa HIDROPAUTE S.A. el 14 de mayo de 2003, mismo que permitió licitar la construcción y el gerenciamiento por separado; el plazo de esta concesión se estipulo en 50 años, cabe mencionar que para la obtención de licencias de construcción, HIDROPAUTE S.A., realizó un estudio de evaluación ambiental definitivo, el mismo que fue presentado al CONELEC tomando en consideración las leyes y normativas vigentes como el Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas y la Ley de Gestión Ambiental¹, aplicables para su estudio.

Uno de los principales beneficios de esta represa, consiste en retener y alojar los sedimentos del rio, evitando que estos lleguen hasta el embalse Amaluza, evitando el deterioro de la Central Paute – Amaluza e incrementando la generación de energía eléctrica, con ello se evitarán racionamientos eléctricos en época de estiaje disminuyendo los costos de su mantenimiento; además, presenta un aporte adicional de generación eléctrica de 160 MW.

El costo total para la construcción de Paute – Mazar a febrero del 2010, se estima en 626 millones de dólares², este valor cubre el equipamiento, obras civiles, mejoramiento de vías de acceso hacia el lugar del proyecto, el gerenciamiento,

¹ Estudio de Impacto Ambiental proyecto Hidroeléctrico Mazar Hidropaute S.A.

² Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC), Resumen Ejecutivo, Febrero 2010.

indemnizaciones, impuestos y demás rubros necesarios para la puesta en operación de esta central.

Esta importante inversión realizada para la construcción de la Central Hidroeléctrica Paute – Mazar, es sumamente trascendental no sólo por su monto sino por su repercusión en la economía nacional, esta obra permitirá que el país deje atrás los cuantiosos costos económicos que representan la importación de energía eléctrica o la búsqueda de modos alternativos para la producción de energía como las barcazas o termoeléctricas, que afectan directamente a la productividad del país³.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El análisis económico - financiero del Proyecto Hidroeléctrico Paute – Mazar, se ha basado en la consideración de una producción promedio, a través de simulaciones de producción de la planta con la serie histórica de caudales.

La producción que genere de forma directa e indirecta, es muy importante en este proyecto, ya que de esto se define la rentabilidad del mismo. Los datos de las series históricas de caudales medios anuales, caudales turbinados, y producción de la planta, indica si existe la probabilidad de obtener o no la rentabilidad esperada, lo cual introduce un riesgo que debe ser analizado estadísticamente, a fin de tomar las decisiones y previsiones adecuadas; se debe tomar en consideración, que la puesta en marcha o no del proyecto Paute –Mazar en las fechas pactadas, repercute directamente en el análisis, dado que esta central hidroeléctrica aportará con cierta cantidad de energía para el país.

Además, utilizando métodos de simulación como la metodología de Montecarlo, se obtendrán escenarios con incertidumbre para poder determinar si existen

³ BRUNEL Carlos, Estudio de mercado de Ecuador Pro Chile Ministerio de Relaciones Exteriores.

riesgos asociados a la toma de decisiones; otro factor a considerar para el análisis, es la situación de dependencia que mantiene HIDROPAUTE S.A a nivel del Gobierno sobre los temas de tarifas, renegociación de la deuda, recuperación de cartera con distribuidoras, y las condiciones de precios para la negociación de la energía en contratos a plazo, dificultando anticipar cualquier pronóstico sobre las proyecciones financieras de HIDROPAUTE S.A. a mediano plazo.

Tanto en este como en cualquier otro proyecto, existen riesgos a considerar y para este caso se tomará en consideración a algunos de los riesgos financieros, que dan forma a las percepciones de quienes otorgan los préstamos necesarios para financiarlos:

- **Riesgo hidrológico.-** Volumen de generación de electricidad menor al anticipado debido a la falta de agua.
- **Riesgo operativo.-** Incapacidad de operar por fallas mecánicas, técnicas procesos por evento externos y fallas de tecnología o problemas operativos de la planta.

Además se puede demostrar que para el desarrollo de proyectos hidroeléctricos en una escala significativa, es necesario contar con tarifas fijadas por lo menos al nivel de los costos.

1.1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cuál es el comportamiento del caudal del río Mazar en los últimos años?
- ¿Cuál es el impacto de la entrada en funcionamiento del proyecto Paute-Mazar en los precios de la electricidad?
- ¿Cuánto afectaría económicamente al país el no cumplir con la fecha establecida para la puesta en marcha de la hidroeléctrica?
- ¿La rentabilidad proyectada en base a datos históricos a través de escenarios es la realmente esperada por los inversionistas?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis del riesgo financiero del Proyecto Hidroeléctrico Mazar, de acuerdo a los procesos de administración de riesgo del PMI, para analizar la probabilidad de ocurrencia y efectos de eventos positivos y negativos.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estipular los antecedentes del proyecto hidroeléctrico en estudio.
- Determinar las inversiones y movimientos financieros realizados en los últimos años, desde la concesión por parte del CONELEC a Hidropaute S.A.
- Determinar que riesgos pueden afectar el proyecto priorizando así el análisis y evaluando la probabilidad de ocurrencia, basados en análisis numéricos (Montecarlo).
- Analizar el efecto de los riesgos determinando opciones y acciones para reducir las amenazas (criterio PMI).

1.3 HIPÓTESIS

1.3.1 HIPÓTESIS GENERAL

Para la evaluación financiera del proyecto hidroeléctrico en ejecución PAUTE – MAZAR, se utilizará herramientas computacionales para conocer el nivel de aprovechamiento de este nuevo embalse en la generación hidroeléctrica, marcando una idea clara del incremento real de la oferta de energía eléctrica de este proyecto. Además, los costos producidos por este proyecto repercutirán en el precio de kilovatio hora, de manera significativa.

1.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Determinar si el proyecto es recomendable en base a los índices obtenidos del estudio económico, verificando de esta manera, si contribuye o no a solucionar los problemas energéticos del país.

1.4 JUSTIFICACIÓN

1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El presente proyecto de titulación, pretende analizar la existencia de riesgo financiero, las probabilidades de ocurrencia de eventos tanto positivos como negativos en la Central Hidroeléctrica Paute – Mazar, determinando así las opciones y acciones a tomar para reducir este tipo de amenazas, mediante escenarios que ayuden a realizar la correcta toma de decisiones, a través de un proceso de simulación de Montecarlo para un adecuado, análisis de resultados.

1.4.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El presente estudio pretende determinar la viabilidad del proyecto hidroeléctrico PAUTE – MAZAR, validándolo frente a incertidumbres que representen las posibles variaciones en costos, precios de ventas, inflación, etc. Para esto se utilizará el Método de Simulación de Monte Carlo.

1.4.3 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La aplicación de un modelo de riesgo financiero a través de simulación Montecarlo y aplicado con las técnicas del PMI para la Central Hidroeléctrica Paute – Mazar, verificará que tan beneficiosa ha sido la construcción de esta hidroeléctrica para el país.

1.5 METODOLOGÍA

1.5.1 MÉTODO CIENTÍFICO

El procedimiento de investigación para este proyecto, se basa en un conjunto de formas lógicas que siguen la investigación para descubrir las relaciones internas y externas de los procesos de la realidad natural y social; es decir, un procedimiento ordenado, con el cual se llega a la demostración de la verdad.

Para su análisis, el método científico incluye las siguientes técnicas:

- Observación o experimentación.- Examen crítico y cuidadoso del fenómeno en estudio
- Organización.- Análisis de resultados cualitativos y cuantitativos
- Hipótesis y teoría.- Se propone explicaciones tentativas
- Verificación y predicción.- Resultado final
- Experimentación

Las explicaciones del porqué ocurre (teorías), son importantes para predecir que son elementos cruciales en este método. Es por eso que la forma de recoger y analizar los datos, son a través de un modo propio de lógica, del manejo de teorías y modelos, acompañado de etapas para realizar observaciones y experimentos, formular hipótesis, extraer, analizar e interpretar resultados.

Precisamente la fiabilidad de este conocimiento científico procede de este método, que se basa en someter a prueba una y otra vez las predicciones.

1.5.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio se basa en una investigación teórica, siendo parte fundamental, el análisis de riesgo financiero a través de procesos de administración del PMI tomando en cuenta los distintos escenarios que podrían presentarse en el

transcurso de la construcción y puesta en marcha de la Central Hidroeléctrica Paute - Mazar, encontrando así las posibles pérdidas o beneficios inmersos en este proyecto.

a) Se organiza la información mediante sistemas de:

- Crítica
- Corrección
- Clasificación; y,
- Tabulación de la información obtenida.

b) Se presenta la información mediante el uso de:

- Enunciados
- Cuadros estadísticos de diferente índole; y,
- Gráficas estadísticas complementarias.

c) El análisis, haciendo uso de variables de naturaleza:

- Financiera
- Estadísticas

1.5.3 NIVEL O TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

La búsqueda de información será en bibliotecas, hemerotecas, Internet y demás documentos públicos escritos, que hagan referencia al tema de investigación como herramientas de software estadísticos, libros, páginas Web, estudios, perfiles, proyectos, revistas científicas, etc.; Además, se efectuarán visitas a las instituciones correspondientes, para obtener los datos requeridos para el correcto análisis del riesgo financiero en la Central Hidroeléctrica Paute – Mazar y determinar cuál será su impacto en la economía ecuatoriana.

1.5.4 MÉTODOS

Diagnóstico y Síntesis.- por ser un estudio de análisis teórico, se utilizará este método, las variables se las seleccionará y agrupará según las necesidades del proyecto.

1.5.5 TÉCNICAS

Para el análisis y estudio de este proyecto se utilizarán técnicas como la investigación de campo, visitas a Ministerios y demás entidades públicas y privadas, para obtener información necesaria que conlleven a determinar cuáles son las condiciones para el desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO II

2 EL PROYECTO

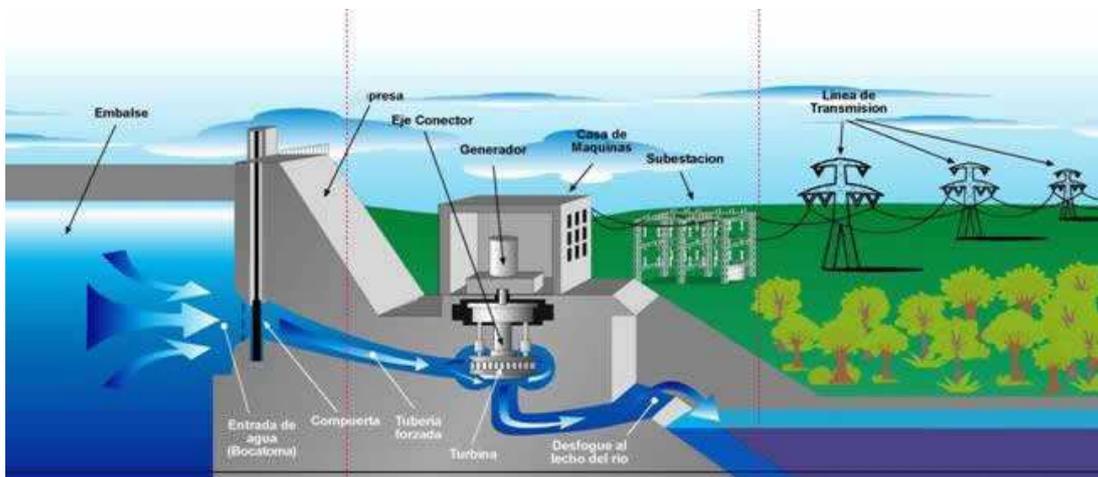
2.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

2.1.1 ¿QUÉ ES UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA?

En general, este tipo de centrales aprovechan la energía potencial que posee la masa de agua de un cauce natural o embalse en virtud de un desnivel; este desnivel conocido también como salto geodésico provoca el movimiento de una turbina hidráulica obteniéndose energía cinética necesaria para mover el rotor de un generador y posterior a ello, transformarla a energía eléctrica.

Estas centrales son construidas en los cauces de los ríos o creando un embalse para retener el agua. Para la segunda opción, es necesario construir un muro de de piedra, hormigón u otros materiales adecuados que se apoya generalmente en las montañas que encausan el río, el agua represada es conducida por canales y tuberías hasta los álabes de una turbina, la misma que está conectada a un generador transformando la energía mecánica en energía eléctrica.

Gráfico No.1 Esquema de una central hidroeléctrica



El gráfico No.1 muestra el esquema de una central hidroeléctrica, su funcionamiento, desde el ingreso del agua del embalse a la planta, pasando por las compuertas, tuberías, turbinas, hasta llegar al desfogue del agua hacia el río, este proceso de entrada y salida de agua trae como consecuencia la generación de energía eléctrica.

2.1.2 TRANSMISIÓN DE ENERGÍA

Transformada la energía mecánica en energía eléctrica, esta debe ser transportada hacia los centros de consumo de todo el país, esto se lo hace mediante la utilización de líneas de transmisión eléctrica que se conforman por hilos metálicos o cables con la característica especiales de conducción eléctrica, estos hilos van montados sobre estructuras metálicas llamadas torres de transmisión. Para el caso de la Central Hidroeléctrica Paute, se dispone de 4 líneas de transmisión cada una de doble circuito; una línea de 138 KV que transmite la energía hacia la ciudad de Cuenca, y 3 líneas de 230 KV, que transportan energía eléctrica a Milagro, Pascuales y a Totoras - Riobamba. Este sistema de transmisión perteneces a TRANSELECTRIC S.A.⁴

2.2 CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE

El Complejo de Paute fue concebido por el Ingeniero Daniel Palacios Izquierdo, visionario profesional en cuyo honor lleva su nombre la presa de Amaluza que permite la regulación y conducción de las aguas para la Central Molino. El Ingeniero Palacios como Superintendente de Campo de la Compañía Inglesa Shell, tenía bajo su control los estudios Geofísicos y Geológicos, el centro de operaciones era el oriente ecuatoriano; posteriormente, como funcionario del Centro de Reconversión Económica del Azuay Cañar y Morona Santiago (CREA), durante sus recorridos descubrió el accidente geográfico que por sus

⁴ Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica

características consistía en un recurso aprovechable para la generación hidroeléctrica.

El río Paute portador de un gran caudal en el sitio denominado Cola de San Pablo, en corta distancia medida en línea recta, presenta una gran diferencia de niveles, haciéndose aprovechable esa energía potencial; esta condición favorable fue expuesta en su informe para sus autoridades superiores y de la provincia; sin embargo para esa época, esta idea no fue fácilmente entendida, resultaba una propuesta de una persona ilusa, por la magnitud de las obras de Ingeniería y sus costos. Fue tanta la insistencia de este profesional, que el Directorio del CREA resolvió encargar a una Empresa Americana la realización de los primeros estudios, luego de los que, al constatar que no era una concepción disparatada; En 1961 se realizan gestiones con el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL) de reciente creación, y para el 7 y 8 de Mayo de 1962, técnicos japoneses de la Electrical Power Co. luego del reconocimiento preliminar confirman el recurso.

INECEL, encargado de la planificación y desarrollo de la electrificación, contrata los estudios de pre factibilidad y factibilidad; para esos años el país contaba ya con recursos gracias a la exploración y explotación petrolera que se presentaba con grandes resultados. Bajo estas circunstancias el Gobierno nacional lo definió como de ejecución prioritaria, por ser de beneficio para el desarrollo del país, se decía la mejor alternativa de "SEMBRAR EL PETRÓLEO" recurso no renovable. Como señala el Plan Maestro de Electrificación, el objetivo de Paute y de otros proyectos de este género, está dirigido a la utilización preponderante de los recursos hídricos que permitan sustituir los recursos no renovables, por fuentes renovables en la generación de energía eléctrica.

Ante la decisión tomada y considerando que para la época la demanda de energía era muy pequeña, de exigencia prácticamente doméstica, se presentaban tantas especulaciones entre ellas que se llegaría a exportar grandes cantidades de energía a los vecinos países de Colombia y Perú.

El Sistema Hidroeléctrico Paute con estos antecedentes, se definió como el aprovechamiento integral del recurso hídrico, mediante tres centrales: Molino, Mazar y Sopladora con la construcción de tres embalses: Amaluza, Mazar y Marçayacu, situados en cascada, hablándose también en la época de otras instalaciones en cascada hasta el Cantón Méndez para una capacidad a ser instalada total alrededor de 1655MW.

2.2.1 ETAPAS DEL PROYECTO

Tabla No.1 Capacidad de la Represa Hidroeléctrica Paute

Capacidad	Megavatios
Capacidad actual Paute Molino	1.075 MW
Capacidad futura Paute Mazar	160 MW
Capacidad futura Paute Sopladora	487 MW
Capacidad futura Paute Cardenillo	400 MW
Total	2.122 MW

Fuente: Impregilo Herdoiza Crespo

En la Tabla No. 1, se muestra la capacidad instalada de generación de la central Paute – Integral con 2122MW⁵; la primera etapa que actualmente se mantiene operando, es de 1.075 MW como capacidad instalada en Paute Molino; la siguiente etapa en el desarrollo del proyecto es la puesta en funcionamiento del embalse Mazar el cual tendrá una capacidad instalada de 160MW, es necesario considerar que este valor de generación podrá ser tomado en cuenta como

⁵ Megavatio.- m Electr. Medida de potencia eléctrica que equivale a un millón (10⁶) de vatios. (Símbolo. MW).Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, Vigésima Segunda Edición.

generación efectiva una vez que se haya llenado el embalse, esto según los informes de Hidropaute,S.A; mientras tanto, su aporte es únicamente la retención de sedimentos y la mejora en la producción de Paute - Amaluza.

2.3 CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE - MAZAR

El proyecto Mazar es de gran importancia en el desarrollo hidroeléctrico Paute, porque independientemente de su producción hidroeléctrica, sirve para regular a través de su embalse cercano a los 410 millones de metros cúbicos, las aguas del río Paute y consecuentemente el arrastre de sedimentos. Esta función permitirá una operación fácil y eficiente de la planta Amaluza – Molino.

Para la ejecución del Proyecto Paute – Mazar se toma como referencia el efecto de la estimación de los precios unitarios utilizados en proyectos hidroeléctricos construidos en Ecuador, Colombia, México y Chile, con análisis detallados de algunos de los precios que tienen incidencia mayoritaria en los costos totales del proyecto.

La Central Hidroeléctrica Paute - Mazar tendrá dos turbinas Francis y el caudal de diseño será de $146\text{m}^3/\text{s}$. Se asume que cada unidad siempre operará con su caudal óptimo para maximizar el rendimiento y que las horas de operación de la central con una y dos unidades varían en base al caudal disponible (valor promedio diario)⁶.

La Gerencia del Proyecto Mazar responsable directa del Proyecto, que incluye los diseños finales, el manejo administrativo de los contratos, la supervisión al Constructor de Obras Civiles y a los Proveedores del Suministro y Montaje del Equipamiento Electromecánico hasta la puesta en operación de la Central y el control financiero del Proyecto. El encargado de realizar estas funciones es el Consorcio Gerencia Mazar, conformado por las consultoras Leme Engenharia (Brasil), Coyne Et Bellier (Francia), M&N Ingenieros (Chile), Caminosca

⁶ Preparación de embalses, producción energética y beneficios del Proyecto Paute – Mazar Abril 1998

(Ecuador). El Constructor de las Obras Civiles del Proyecto Paute - Mazar, con la Asociación Constructora Mazar Impregilo – Herdoíza Crespo⁷.

2.3.1 IMPLANTACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Tabla No.2 Implantación General del Proyecto

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS
Túnel de Desvío	Longitud 1.200m, diámetro 12m, capacidad de descarga 1.500m ³ /s
Presa de enrocado con pantalla de hormigón	Altura 166m, volumen de relleno 5,1 millones de metros cúbicos de enrocado
Embalse	Volumen a embalsar 410hm ³ , nivel máximo de operación cota 2.153msnm, nivel mínimo de operación cota 2.098msnm
Vertedero para la evacuación decrecidas	Caudal máximo re evacuación 7.500m ³ /s, rápida, salto de esquí, cuenco amortiguador
Desagüe de fondo	Capacidad 400m ³ /s, 2 compuertas planas
Toma de carga	Caudal de aducción 141,1m ³ /s
Tubería forzada	Pozo vertical de altura 68m, el tramo superior de diámetro 6,1m revestido con hormigón, el tramo inferior de diámetro 5,6m con blindaje de acero
Casa de Máquinas	Subterránea, de 62m de longitud, 21m de ancho y 40m de altura, 2 turbinas Francis de 91,84MW de potencia máxima cada una, 2 generadores de capacidad de 80MW cada uno (potencia total instalada de 160MW)
Casa de transformadores	Subterránea, transformadores de 13,8/230kV, de 110MVA OF – WF cada uno
Subestación y edificio de control y de servicios	Estructuras a cielo abierto situados en la cota 2.213msnm
Interconexión al sistema eléctrico de transmisión	Línea de transmisión 230kV, conectando con el Sistema Nacional Interconectado

Fuente:Hidropaute S.A

Elaborado por: Las Autoras

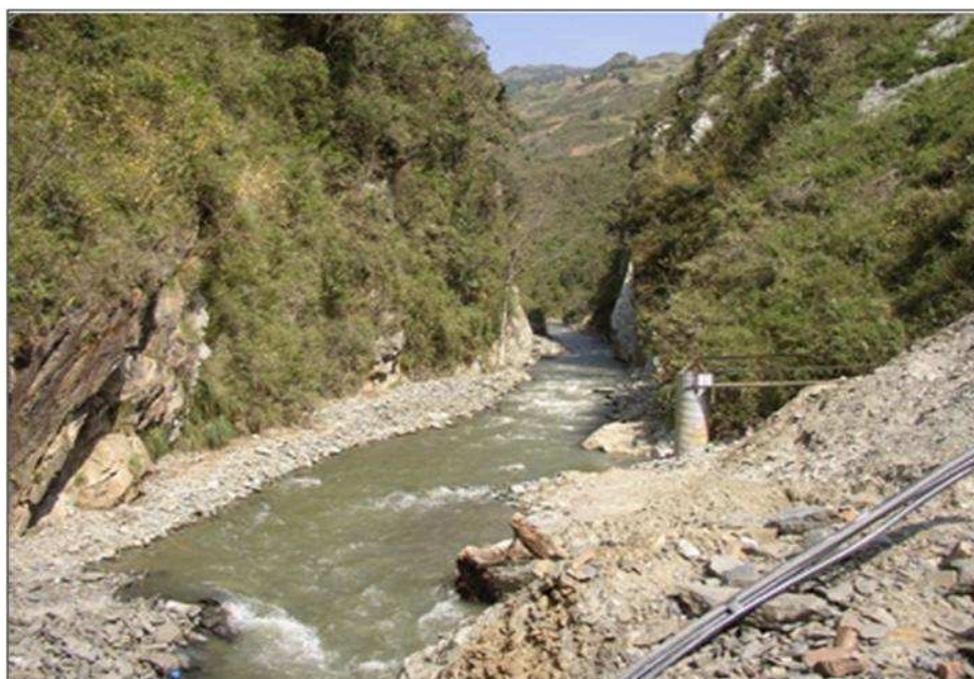
⁷ Impregilo Herdoiza Crespo Constructora

En la tabla No. 2 Se puede observar la infraestructura que será utilizada para la construcción de la hidroeléctrica.

2.4 UBICACIÓN Y GEOGRAFÍA

Este proyecto se encuentra ubicado al sur - este del Ecuador entre los límites de las Provincias de Azuay y Cañar. El sitio de las obras se encuentra aproximadamente en el Km. 105 de la vía Cuenca – Paute Guarumales, consiste en la segunda etapa de la explotación de la energía potencial del curso medio del Río Paute, corresponde al aprovechamiento del río Mazar ubicada aguas arriba del embalse Amaluza y en las inmediaciones de la confluencia de río Mazar en el Paute (aproximadamente a 300 metros aguas arriba de esta confluencia en la cota 2007 msnm en el río), la zona se encuentra conectada a la población de Paute, de la cual dista aproximadamente 60 Km, por la carretera que presta servicio a la presa Daniel Palacios en Amaluza, la misma que se encuentra a unos 6 Km aguas abajo de la zona Paute – Mazar. La carretera en la zona pasa por la cota 2.470 m.s.n.m. y el río Paute se encuentra en la cota 2015 m.s.n.m.

Gráfico No.2 Confluencia del río Paute y el río Mazar



Fuente: Impregilo-Herdoíza Crespo

Este proyecto ubicado aguas arriba de río Paute permitirá la creación de un embalse el cual podrá retener los sedimentos de los afluentes antes de llegar a la siguiente etapa (Amaluza) evitando de esta manera la sobre sedimentación optimizando la generación, el gráfico N°2, muestra las vías de acceso para la construcción del embalse y manera sobrepuesta el embalse una vez terminada su construcción.

Gráfico No.3 Ubicación Proyecto Embalse Mazar



Fuente: Impregilo-Herdoíza Crespo

Gráfico No.4 Primeras Obras Río Mazar



Fuente: Impregilo-Herdoíza Crespo

El Gráfico No. 3 y No. 4, muestran el lugar exacto de la obra por donde pasa uno de los ríos afluentes y a donde debe llegar, a la excavación del túnel de desvío del Río Paute, en la intersección con el Río Mazar para secar el lugar sobre el cual se levantará la presa de Mazar.

2.5 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y AVANCE DE OBRA

Las secuencias adoptadas para la programación de las actividades del proyecto responden a la lógica de los procesos constructivos usuales para este tipo de obras, vinculando las tareas de cada frente de trabajo de las obras civiles con las correspondientes al suministro y montaje de los equipos, que tendrán un plazo de ejecución de 54 meses con la firma del contrato el 23 de diciembre de 2004. (Ver Anexo A).

En base a la composición de los costos directos de construcción y a los del suministro y montaje mecánico y electromecánico, se consignaron los tiempos de ejecución de las actividades, vinculados con rendimientos normales para los grupos de mano de obra y de equipo a emplear.

La programación en fase de factibilidad contempla el inicio de la operación del proyecto se realice luego de 4 años. La ruta crítica contempla la secuencia de movilización e instalación del constructor, las vías de acceso, la construcción de la presa y obras anexas y el llenado del embalse. La programación establece la iniciación de las actividades en fechas lo más tempranas posibles. Con el procesamiento de la red de secuencias, se elaboró el programa de construcción y equipamiento⁸.

Varias fueron las empresas que licitaron para la construcción de este proyecto, licitación que fue ganada por la Constructora Mazar-Impregilo, Herdoiza- Crespo. Dentro de su cronograma de ejecución se estableció entregar la obra culminada para marzo de 2010.

⁸ Informe de factibilidad Proyecto Hidroeléctrico Paute – Mazar Marzo 1998

Las asignaciones han sido realizadas por componentes constructivos y funcionales, técnica que ofrece flexibilidad y movilidad de recursos para el cumplimiento de obligaciones de acuerdo a los flujos presupuestados y de acuerdo al cronograma real de ejecución y a las obligaciones contractuales que se establezcan.

2.6 RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN Y CRONOGRAMA VALORADO

En la Tabla No. 3, se muestra lo presupuestado desde el año 2003 hasta el año 2008, el costo del proyecto bordeaba los USD \$362.182.005, los datos actualizados de los dos últimos años hasta febrero de 2010⁹ indica que el costo del proyecto es \$626 millones de dólares. Los avances del proyecto no se han visto reflejados de manera optima generando costos millonarios en los dos años de desfase ya que solamente haciendo mención a los dos últimos años de proyectos el costo en términos prácticos se duplicó, en términos reales el haber alargado a construcción por dos años más causó el incremento adicional del 72,92 % del total presupuestado inicialmente.

Tabla No.3 Resumen del Presupuesto de Construcción y Cronograma Valorado

Concepto	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total USD
Obras civiles	54.383.164	107.928.556	51.000.633	37.984.048	18.171.185	593.763	270.061.350
Equipos hidromecánico	-	4.761.882	7.116.708	2.684.066	3.413.780	-	17.976.438
Equipos mecánico			6.553.794	1.011.071	13.481.652	2.237.548	23.284.364
Equipos eléctrico			8.719.298	6.885.428	7.189.220	7.118.183	30.112.332
Equipo complementario auxiliar	-	2.135.006	2.135.011	-	1.893.763	4.711.157	10.874.937
Total contratos	543.831.641	114.825.444	75.525.444	48.564.913	44.349.600	14.660.651	352.309.421
Costos administrativos, fiscalización, consultorías	2.961,84	1.974.556	1.974.556	1.470.087	860.400	641.349	9.872.784
TRANSACCIONES TOTALES	57.345.000	116.800.000	77.500.000	50.035.000	45.200.000	15.302.000	362.182.205

Fuente: Impregilo-Herdoíza Crespo

⁹ Según informe proporcionado por Celec- Hidropaute- Termopichincha

2.7 ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA DE PRODUCCIÓN Y CAUDALES

2.7.1 SERIE DE CAUDALES DE PRODUCCIONES ANUALES PARA LOS AÑOS 1964 A 1995

El análisis económico financiero del Proyecto Hidroeléctrico Paute - Mazar se ha basado en la consideración de una producción promedio, aproximadamente de 800.00 GW¹⁰, esto suponiendo la operación de la planta en cada uno de esos años, lo cual es una metodología aceptada para este tipo de estudio.

Las series históricas de caudales medios anuales, caudales turbinados, y producción de la planta son reportados en los cuadros y gráficos siguientes, es necesario tomar en consideración que este análisis se basa en datos promedios, por tanto existe incertidumbre en cuanto a los resultados de la planta dependiendo de las condiciones hidrológicas; así por ejemplo, si la planta iniciara su operación en condiciones hidrológicas poco favorables para la producción, sería crítico dado la existencia de cargas financieras en ese período, existiría la probabilidad de no obtenerse la rentabilidad esperada, lo cual introduce un riesgo que debe ser analizado estadísticamente, a fin de tomar las decisiones y previsiones adecuadas.

Con los estudios hechos por el Ex – INECEL, se realizó el análisis de frecuencias de los caudales medios, caudales turbinados y de la producción anual registrado en Paute -Mazar.

Los períodos utilizados fueron desde el año 1964 hasta el año de 1995.¹¹ Las series históricas de caudales medios anuales, caudales turbinados, y producción

¹⁰ Giga Watt (Giga vatio).- Múltiplo de la potencia activa, que equivale a mil millones de watt y cuyo símbolo es GW.

¹¹ Proyecto Hidroeléctrico Paute-Mazar- Actualización del Informe de Factibilidad Marzo 1998. Informe Técnico.

de la Hidroeléctrica son reportadas en la Tabla No. 4, donde se obtiene la producción anual en función de los caudales recortados o turbinados.

Tabla No.4 Generación Anual y Resultados Según Caudales Turbinados

PRODUCCIÓN SEGÚN CAUDAL TURBINADO			
Año	Caudal Medio m³/s	Caudal Turbinado m³/s	Producción Anual GW
1964/1965	81,44	73,23	810
1965/1966	71,6	79,79	819
1966/1967	72,82	62,17	525
1967/1968	73,61	75,01	728
1968/1969	71,02	68,55	707
1969/1970	108,84	101,79	1092
1970/1971	94,17	94,3	970
1971/1972	84,93	83,5	890
1972/1973	84,15	75,99	892
1973/1974	75,89	74,89	770
1974/1975	116,81	107,65	1155
1975/1976	121,26	101,77	1133
1976/1977	82,4	82,51	852
1977/1978	85,14	79,15	829
1978/1979	73,47	75,99	766
1979/1980	69,25	66,49	655
1980/1981	75,36	75,35	773
1981/1982	53,69	61,32	540
1982/1983	85,12	78,24	768
1983/1984	96,82	94,65	1022
1984/1985	77,44	77,01	779
1985/1986	74,91	74,82	743
1986/1987	91,69	92,53	986
1987/1988	77,98	78,47	848
1988/1989	102,74	94,99	1026
1989/1990	75,59	75,54	753
1990/1991	80,31	78,66	834
1991/1992	63,37	68,5	663
1992/1993	75,57	69,57	685
1993/1994	101,45	92,31	1066
1994/1995	81,94	82,94	963
PROMEDIO	83,25	80,57	840,06
DESV.ESTÁNDAR	15	11,72	160,98
MÍNIMO	53,69	61,32	525
MÁXIMO	121,26	107,65	1155

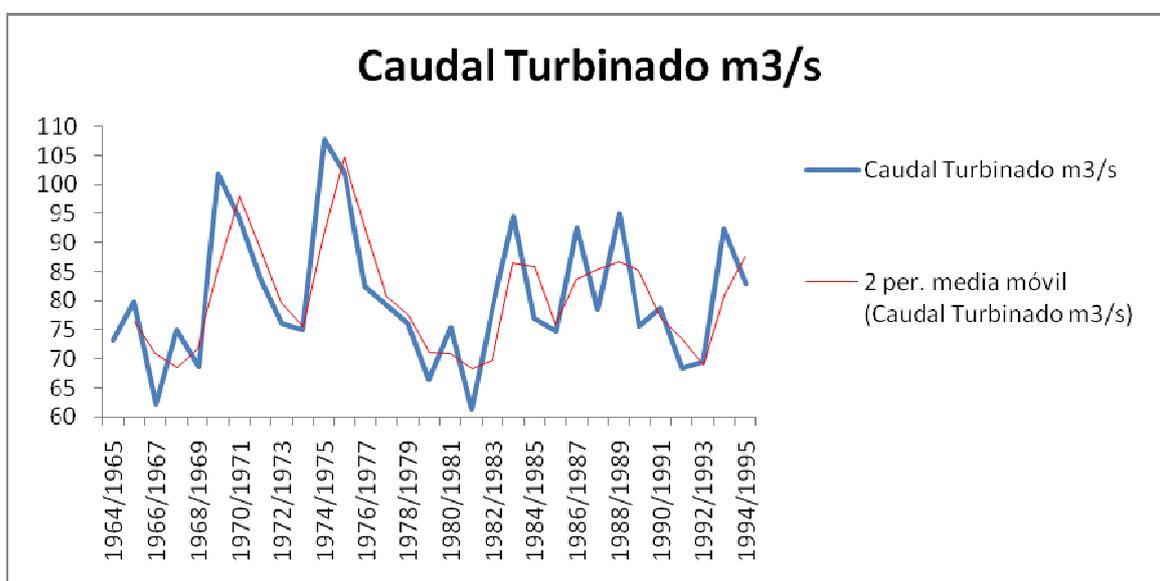
Fuente: CONELEC

Elaboración: Las Autoras

Para la serie de caudales que se encuentran registrados en la Tabla No. 4, los estadísticos descriptivos muestran una desviación estándar del caudal turbinado

del 11.72 vs. la desviación estándar del caudal medio 15.00, como se puede apreciar la diferencia es apenas de 3 puntos ($11,72 - 15,00 = 3,28$) lo que permite apreciar que la mayoría del caudal medio registrado es turbinado es decir no existe mayor pérdida de energía aprovechable en la etapa de generación, como cotas mínimas y máxima registradas entre los años 1964 y 1995 se muestra cotas mínimas del caudal de hasta 61.32 en lo turbinado y 107.32 en la cota máxima lo que muestra una variación de 46.33 durante los 31 años correspondientes a esta serie, el promedio de la producción anual es de 840.00 GW.

Gráfico No.5 Generación Anual Según Caudal Turbinado



Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

El Gráfico No. 5, muestra el comportamiento del caudal en el transcurso del tiempo, en donde se puede apreciar los picos en los años 69 y 75 donde existe mayor producción por caudal turbinado, el ajuste de la línea de tendencia se lo realiza con medias móviles en 2 periodos.

Previo a escoger este tipo de tendencia se realizó pruebas de ajuste de tendencia para la serie, con las diferentes posibilidades: lineal, cuadrática, exponencial, suavizamiento exponencial; siendo la de media móvil con dos periodos la mejor.

Tabla No.5 Frecuencia de ocurrencia de producción, distribución probabilística y función de densidad.

FRECUENCIA, DISTRIBUCIÓN PROBABILÍSTICA Y FUNCIÓN DE DENSIDAD				
PRODUCCIÓN GWh/año	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	DISTRIBUCIÓN PROBABILÍSTICA	FUNCIÓN DE DENSIDAD
525	1	1	0,032	0,032
535	0	1	0	0,032
545	1	2	0,032	0,065
555	0	2	0	0,065
565	0	2	0	0,065
575	0	2	0	0,065
585	0	2	0	0,065
595	0	2	0	0,065
605	0	2	0	0,065
615	0	2	0	0,065
625	0	2	0	0,065
635	0	2	0	0,065
645	0	2	0	0,065
655	1	3	0,032	0,097
665	1	4	0,032	0,129
675	0	4	0	0,129
685	1	5	0,032	0,161
695	0	5	0	0,161
705	0	5	0	0,161
715	1	6	0,032	0,194
725	0	6	0	0,194
735	1	7	0,032	0,226
745	1	8	0,032	0,258
755	1	9	0,032	0,29
765	0	9	0	0,29
775	4	13	0,129	0,419
785	1	14	0,032	0,452
795	0	14	0	0,452
805	0	14	0	0,452
815	1	15	0,032	0,484
825	1	16	0,032	0,516
835	2	18	0,065	0,581
845	0	18	0	0,581
855	2	20	0,065	0,645
865	0	20	0	0,645
875	0	20	0	0,645
885	0	20	0	0,645
895	2	22	0,065	0,71
905	0	22	0	0,71
915	0	22	0	0,71
925	0	22	0	0,71
935	0	22	0	0,71

FRECUENCIA, DISTRIBUCIÓN PROBABILÍSTICA Y FUNCIÓN DE DENSIDAD				
PRODUCCIÓN GWh/año	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	DISTRIBUCIÓN PROBABILÍSTICA	FUNCIÓN DE DENSIDAD
945	0	22	0	0,71
955	0	22	0	0,71
965	1	23	0,032	0,742
975	1	24	0,032	0,774
985	0	24	0	0,774
995	1	25	0,032	0,806
1005	0	25	0	0,806
1015	0	25	0	0,806
1025	1	26	0,032	0,839
1035	1	27	0,032	0,871
1045	0	27	0	0,871
1055	0	27	0	0,871
1065	0	27	0	0,871
1075	1	28	0,032	0,903
1085	0	28	0	0,903
1095	1	29	0,032	0,935
1105	0	29	0	0,935
1115	0	29	0	0,935
1125	0	29	0	0,935
1135	1	30	0,032	0,968
1145	0	30	0	0,968
1155	1	31	0,032	1
VALOR ESPERADO DE PRODUCCIÓN (GWh)			840.06	1

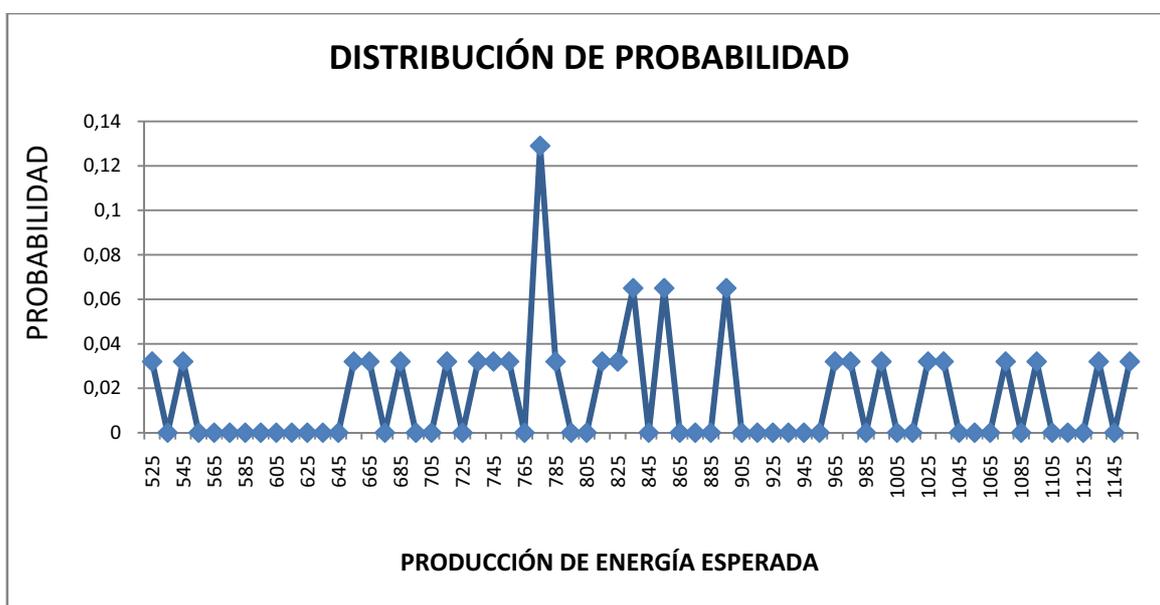
Fuente: CONELEC

Elaboración: Las Autoras

La Tabla No. 5, muestra los resultados en forma probabilística luego de estudiar la serie de producciones anuales, así mismo se observa que su nivel mínimo es de 525 GWh y un máximo de 1155 GWh de producción anual, y la probabilidad de producción se concentra en el intervalo de 775 a 895 GW anuales considerando que la mayor probabilidad se encuentra en el límite inferior del intervalo, como muestra la tabla la frecuencia y la probabilidad de ocurrencia caen mientras más se aumenta la producción misma que dependerá en su gran mayoría en los caudales aprovechados en época de lluvias ya que si cambia el clima disminuyen las lluvias y es poco probable el aprovechamiento de las aguas en época de estiaje.

El Gráfico No. 6, confirma lo anteriormente mencionado, puesto que la concentración de la producción esperada está entre los 765GW a 795GW con una mayor frecuencia, seguidos de la posible producción hasta 915 GW de producción anual con una probabilidad de ocurrencia del 13% para el primer caso y del 6% en el segundo, el resto de posibles producciones tanto bajas como altas apenas muestran un 4% de posibilidades de ocurrencia considerándolas mínimas o en casos extremos como en sequías o lluvias abundantes.

Gráfico No.6 Distribución de Probabilidad de la Producción de Energía Esperada



Fuente: CONELEC

Elaboración: Las Autoras

Estos resultados muestran que una variación estadística importante en las condiciones del proyecto; representa un motivo para analizar el riesgo de la misma; dado que se pretende definir cuan rentable es, con las interpretaciones anteriores se puede determinar que el caudal a través de los años mantiene una volatilidad medida, que el caudal turbinado se aprovecha para el recurso de la producción energética siempre y cuando exista agua hasta una cota normal y no exista estiaje.

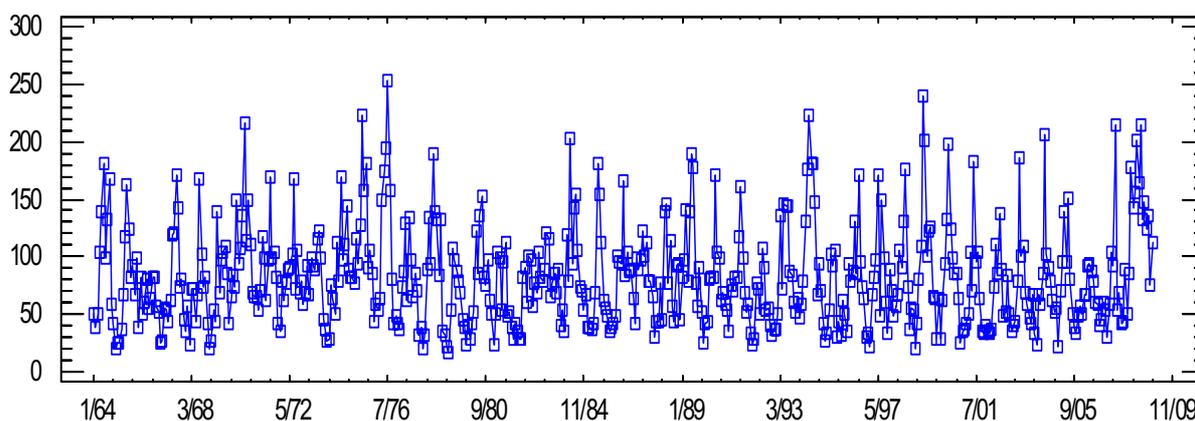
2.7.2 ANÁLISIS DE LA SERIE DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL DEL RÍO MAZAR (ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO)

Para realizar el análisis del caudal medio mensual de Mazar a través de Series de Tiempo se toma como variable los caudales registrados mensualmente desde enero de 1964 a enero de 2009 (los datos recolectados cubren 541 observaciones)¹², la metodología utilizada para este análisis será la planteada por Box Jenkins.¹³

➤ Identificación

El primer paso planteado en esta metodología es la de identificación, en donde con los datos reales se puede ver a priori el comportamiento de la serie.

Gráfico No.7 Serie Original del Caudal Medio Mensual de Mazar



Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

El gráfico No. 7, muestra que la serie varía alrededor de su media, no se nota tendencia alguna, mas si una variación constante en el caudal, esto es comprensible puesto que al tratarse de un fenómeno natural se debe tomar en

¹² Ver Anexo D

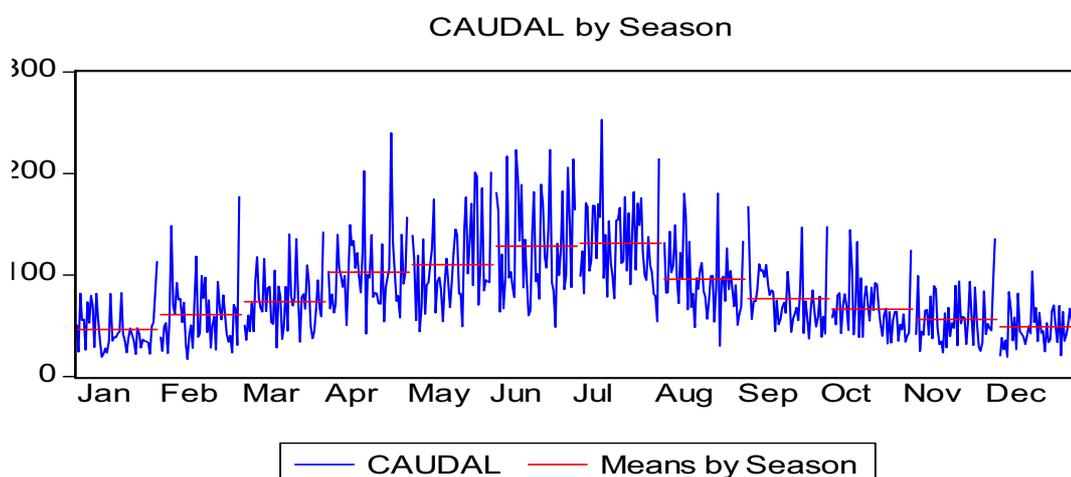
¹³ La Metodología Box Jenkins consiste en cuatro pasos : 1) identificación.- se busca a partir de las observaciones los valores plausibles para (p,d,q); 2) Estimación.- con p y q conocidos se estima los posibles parámetros de los términos de la parte autorregresiva y media móvil; 3) verificación .- en esta etapa se dispone de varios modelos estimados en la parte anterior, entre estos se debe realizar varias pruebas estadísticas en la que comprobaremos si el modelo se ajusta de forma razonable y buena; 4) en este paso puede que no solo un modelo pase la etapa de verificación, para este caso escogeremos el modelo que tenga mayor poder predictivo. Gujarati, Damodar, Econometría, Tercera Edición, Mc Graw Hill.

Capa Santos, Holger, Modelación de Series Temporales, primera edición, EPN.

cuenta las variaciones climáticas (estaciones) a las que se encuentra sometida la variable.

Una forma adicional de mostrar el comportamiento de esta variable es realizando una gráfica de estación por año, en esta se muestra claramente que los meses en donde se concentra las lluvias en el sector de Paute es entre los de marzo y agosto, de manera constante durante los 45 años a los que corresponde este estudio.

Gráfico No.8 Caudal Medio Mensual por Estación del año de Mazar

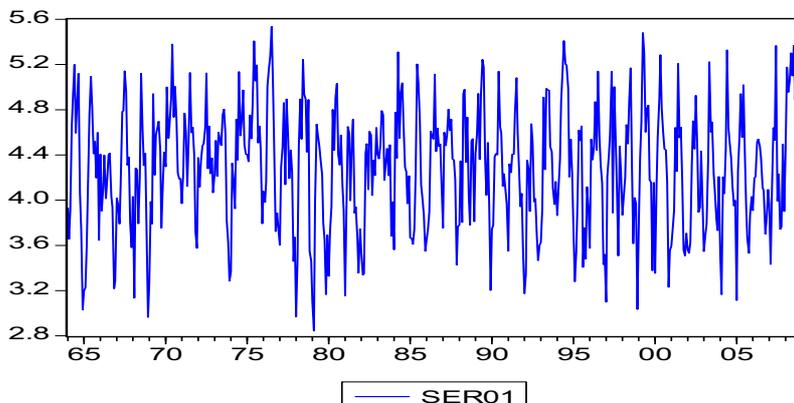


Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

Como muestra el gráfico No.8 la concentración de lluvias se presenta entre los meses de marzo y agosto, en los primeros meses las lluvias comienzan a sentirse, y una concentración considerable de estas se refleja en los meses siguientes de junio, julio y agosto; los más bajos se registran entre septiembre y febrero, en términos energéticos en estos meses se habla de posible estiaje, esto significa una disminución marcada en los caudales del río, el gráfico muestra entonces claramente la estacionalidad que mantiene la serie a través de los años cumpliendo dos ciclos: temporada de lluvia y temporada seca.

Gráfico No.9 Serie con logaritmos del Caudal Medio Mensual de Mazar



Fuente: CENACE
Elaboración: Las Autoras

El gráfico No.9 muestra a la serie ahora tomando logaritmos, con esta transformación se espera que la varianza se estabilice. Para la media es necesario tomar en consideración si existe algún patrón de tendencia, ciclos o estaciones, lo cual de manera evidente existe ya que cumple con ciclos y dos estaciones marcadas en el año por tanto es una serie que mantiene la no estacionalidad en la media.

Gráfico No.10 Autocorrelación y Autocorrelación Parciales de la serie con logaritmos del Caudal Medio Mensual de Mazar

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.601	0.601	196.33	0.000	
2	0.373	0.019	272.23	0.000	
3	0.115	-0.182	279.50	0.000	
4	-0.159	-0.268	293.38	0.000	
5	-0.350	-0.196	360.61	0.000	
6	-0.424	-0.090	459.13	0.000	
7	-0.371	0.015	534.94	0.000	
8	-0.212	0.092	559.78	0.000	
9	0.004	0.127	559.79	0.000	
10	0.230	0.147	589.14	0.000	
11	0.357	0.045	659.61	0.000	
12	0.464	0.146	779.13	0.000	
13	0.378	-0.040	858.53	0.000	
14	0.194	-0.100	879.53	0.000	
15	-0.010	-0.071	879.59	0.000	
16	-0.218	-0.067	906.28	0.000	
17	-0.374	-0.066	984.79	0.000	
18	-0.423	-0.034	1085.5	0.000	
19	-0.385	-0.049	1169.0	0.000	
20	-0.185	0.108	1188.2	0.000	
21	0.022	0.059	1188.5	0.000	
22	0.227	0.046	1217.5	0.000	
23	0.389	0.082	1303.2	0.000	
24	0.441	0.035	1413.8	0.000	

Fuente: CENACE
Elaboración: Las Autoras

El gráfico No.10 muestra las autocorrelaciones estimadas y autocorrelaciones parciales estimadas de la serie original. En el gráfico se observa que la serie presenta un pico sobresaliente para la parte autorregresiva (Partial Correlation) y se muestra un comportamiento sinusoidal y fuera de bandas formando ciclos cada 12 meses para la parte de media móvil (Autocorrelation).

Se evidencia además la ciclicidad de la serie dado el hecho que este análisis se trata de serie de caudales y su variación depende directamente del nivel de lluvia que se registre en el año, se puede presumir entonces que se trata de una serie no estacionaria.

En la siguiente tabla se encuentra condensado las pruebas de raíces unitarias para la serie original con intercepto, con tendencia e intercepto y ninguna.

Tabla No.6 Resumen del Test de Raíces Unitarias para la Serie con logaritmos del Caudal Medio Mensual de Mazar

	INTERCEPTO		INTERCEPTO Y TENDENCIA		NINGUNO	
	t-Statistic	Prob.*	t-Statistic	Prob.*	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.845137	0.0027	-3.805946	0.0169	0.269621	0.7639
Test critical values:						
1% level	-3.442483		-3.975499		-2.569341	
5% level	-2.866784		-3.418338		-1.941423	
10% level	-2.569624		-3.131661		-1.616297	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

Dentro de las pruebas de raíces unitarias practicadas a la serie se puede observar en la Tabla No. 6 que al realizar dicha prueba sin intercepto ni tendencia la probabilidad es mayor al 5% lo que muestra que posee raíz unitaria.

Ho: $\delta=0$, lo que significa que $\rho=1$ raíz unitaria

No se rechaza la hipótesis nula que $\delta=0$ es decir la serie presenta raíz unitaria lo que con base en la prueba del correlograma analizado se pudo anticipar.

Tabla No.7 Resumen del Test de Raíces Unitarias con una diferencia para la Serie con logaritmos del Caudal Medio Mensual de Mazar

	INTERCEPTO		INTERCEPTO Y TENDENCIA		NINGUNO	
	t-Statistic	Prob.*	t-Statistic	Prob.*	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-16.06098	0.0000	-16.05830	0.0000	-16.06800	0.0000
Test critical values:						
1% level	-3.442483		-3.975499		-2.569341	
5% level	-2.866784		-3.418338		-1.941423	
10% level	-2.569624		-3.131661		-1.616297	

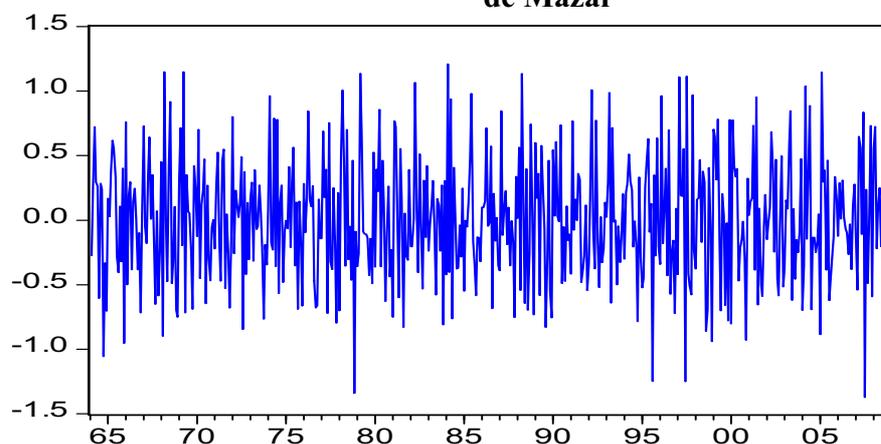
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

La Tabla No.7 muestra que el resultado de la prueba conduce a rechazar la hipótesis nula pues como se observa el valor del estadístico ADF es superior a los valores críticos de MacKinnon en todos los niveles de significación, la nueva serie en primeras diferencia es estacionaria, por lo tanto debe ser integrada de orden 1, como resultado esta se vuelve estacionaria.

Gráfico No.11 Serie con logaritmos y primera diferencia del Caudal Medio Mensual de Mazar

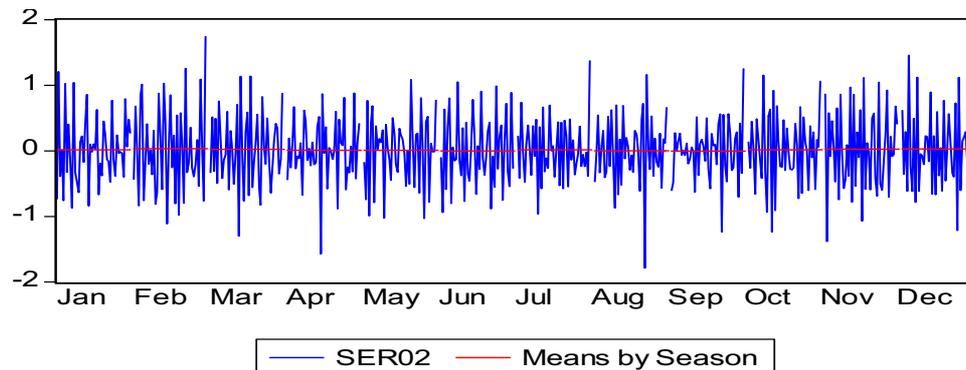


Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

El gráfico No. 11 se puede observar que la serie está centrada en la media, tiene varianza estable y no tiene estacionalidad.

Gráfico No.12 Gráfico de estaciones Serie de CMMM transformada y diferenciada



Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

El Gráfico No. 12, muestra que luego de las transformaciones realizadas a la serie logra mitigar los ciclos que se presentaban anteriormente, de igual manera la variabilidad en la misma disminuye, por tanto se puede decir que esta ser es estacionaria en la media y en la varianza.

Gráfico No.13 Autocorrelación y Autocorrelación Parciales de la serie con logaritmos del Caudal Medio Mensual de Mazar

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.215	-0.215	25.156	0.000
		2	0.035	-0.012	25.819	0.000
		3	0.021	0.028	26.066	0.000
		4	-0.105	-0.099	32.111	0.000
		5	-0.145	-0.200	43.602	0.000
		6	-0.146	-0.242	55.354	0.000
		7	-0.132	-0.256	64.917	0.000
		8	-0.070	-0.237	67.605	0.000
		9	-0.025	-0.235	67.937	0.000
		10	0.125	-0.109	76.572	0.000
		11	0.033	-0.172	77.186	0.000
		12	0.242	0.029	109.54	0.000
		13	0.119	0.077	117.47	0.000
		14	0.028	0.042	117.90	0.000
		15	0.009	0.036	117.94	0.000
		16	-0.063	0.031	120.19	0.000
		17	-0.134	-0.006	130.27	0.000
		18	-0.112	-0.001	137.30	0.000
		19	-0.196	-0.135	158.84	0.000
		20	-0.011	-0.074	158.90	0.000
		21	-0.003	-0.055	158.91	0.000
		22	0.055	-0.074	160.63	0.000
		23	0.131	-0.028	170.40	0.000
		24	0.143	-0.001	182.03	0.000
		25	0.150	0.063	194.74	0.000
		26	0.058	0.072	196.67	0.000

Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

El Gráfico No.13, muestra que los rezagos en relación a la primera correlación estimada disminuye, sin embargo en los primeros rezagos tanto para la parte autorregresiva como de media móvil, los rezagos 2 y 3 son poco significativos y se encuentran ya dentro de la banda de confianza, se observa que la ciclicidad persiste para la media móvil con valores significativo para el rezago 12.

Con el análisis expuesto anteriormente se procede a la estimación de los posibles modelos. (Ver Anexo B)

➤ Estimación

2.7.2.1 MEJOR MODELO ESTIMADO PARA MAZAR

Tabla No.8 SARIMA(3,1,6)(0,1,6)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(2)	0.143745	0.045375	3.167946	0.0016
AR(1)	0.311497	0.043767	7.117095	0.0000
AR(3)	0.092671	0.043807	2.115426	0.0349
MA(6)	-0.970766	0.009262	-104.8132	0.0000
SMA(6)	0.981847	0.004901	200.3455	0.0000
R-squared	0.562398	Mean dependent var		0.017904
Adjusted R-squared	0.559038	S.D. dependent var		0.536136
S.E. of regression	0.356021	Akaike info criterion		0.781805
Sum squared resid	66.03715	Schwarz criterion		0.822349
Log likelihood	-200.6147	Durbin-Watson stat		1.992269

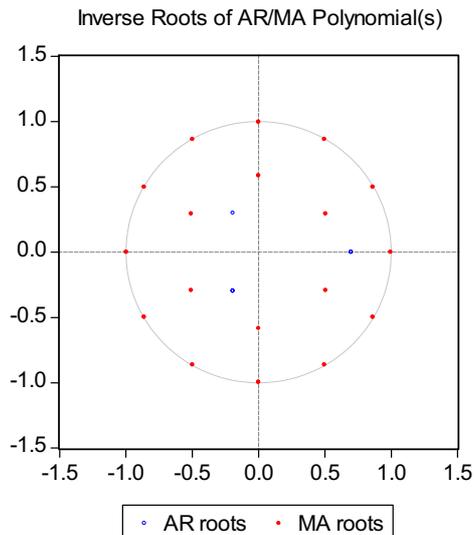
Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

Se puede apreciar en la tabla No. 8 que el modelo muestra mediante el estadístico t que todos los parámetros son significativos al 95% de confianza y su probabilidad es menor a 0.05.

Los indicadores AIC con un valor de 0,78 y BIC con 0,822 son significativamente menores a los registrados en los modelos contrastados, esto se comprueba además con el valor de la suma de residuos al cuadrado de 66,03 aceptable para el modelo.

Gráfico No.14 Prueba De Estructura ARMA Mejor Modelo Estimado 3



Fuente: CENACE
Elaboración: Las Autoras

El grafico No.13, muestra que en la prueba de estructura del modelo las raíces del polinomio se encuentran dentro del círculo de la unidad.

➤ **Verificación**

Gráfico No.15 Autocorrelaciones y Autocorrelaciones Parciales Estimadas para el Modelo 3

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 0.000	0.000	7.E-05	
		2 -0.003	-0.003	0.0052	
		3 -0.002	-0.002	0.0069	
		4 -0.013	-0.013	0.0993	
		5 -0.011	-0.011	0.1687	
		6 0.023	0.023	0.4577	0.499
		7 0.001	0.001	0.4589	0.795
		8 -0.013	-0.013	0.5521	0.907
		9 -0.029	-0.030	1.0161	0.907
		10 0.035	0.035	1.6674	0.893
		11 -0.068	-0.068	4.1765	0.653
		12 0.023	0.022	4.4562	0.726
		13 0.014	0.013	4.5691	0.802
		14 -0.032	-0.031	5.1116	0.824
		15 0.008	0.009	5.1449	0.881
		16 0.009	0.006	5.1914	0.922
		17 -0.017	-0.015	5.3577	0.945
		18 0.015	0.014	5.4822	0.963
		19 -0.081	-0.083	9.0846	0.826
		20 0.038	0.036	9.8703	0.828
		21 0.003	0.008	9.8760	0.873
		22 -0.002	-0.009	9.8786	0.909
		23 0.019	0.019	10.078	0.929
		24 -0.032	-0.030	10.631	0.936

Fuente: CENACE
Elaboración: Las Autoras

El gráfico No. 15 se muestra que los retardos se mantienen dentro de las bandas, su probabilidad de forma individual es estadísticamente significativa y se considera como un buen modelo.

Se determina para la elección los estadísticos siguientes:

Tabla No.9 Normalidad de los Modelos Estimado para predicción

SERIE	SKEWNESS	KURTOSIS	PROBABILIDAD
Modelo Estimado 1	0,619105	4,409607	0.00
Modelo Estimado 2	0,619105	2,806852	0.429277
Modelo Estimado 3	0,113964	2,804156	0.37175

Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

La tabla No. 9 muestra los diferentes criterios de decisión de los modelos estimados con anterioridad (Ver Anexo B), se considera al tercer modelo estimado como el mejor ya que sus parámetros son lo más cercanos a los parámetros de normalidad como se puede apreciar en la tabla anterior.

Tabla No.10 Comparación de los Modelos Estimado para predicción

MODELO	AIC	BIC	LOGLIKELHOOD	SUMA DE LOS CUADRADOS DE LOS RESIDUOS
1. SARIMA(3,1,12)(0,1,12)	9,696403	9,736947	-2545.15	491302.5
2. SARIMA(3,1,6)(0,1,12)	9,673061	9,713606	-2539,015	479967.4
3. SARIMA (3,1,6)(0,1,6)	0,7818	0,822349	-200,6147	66.03715

Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

Como muestra la tabla No. 10 se puede considerar como mejor predictor al último modelo ya que los indicadores de AIC (0,7818) y BIC (0,8223) son menores que los dos modelos estimados anteriores, de igual forma el indicador de máxima verosimilitud es el mejor con -200.61 y en la suma de los errores al cuadrado disminuye el valor significativamente con respecto de los modelos anteriores de 491302.5 en el primero a 66.037 en el modelo 3.

➤ Predicción

Gráfico No.16 Comparación Gráfica del modelo Estimado 3 vs. la serie original

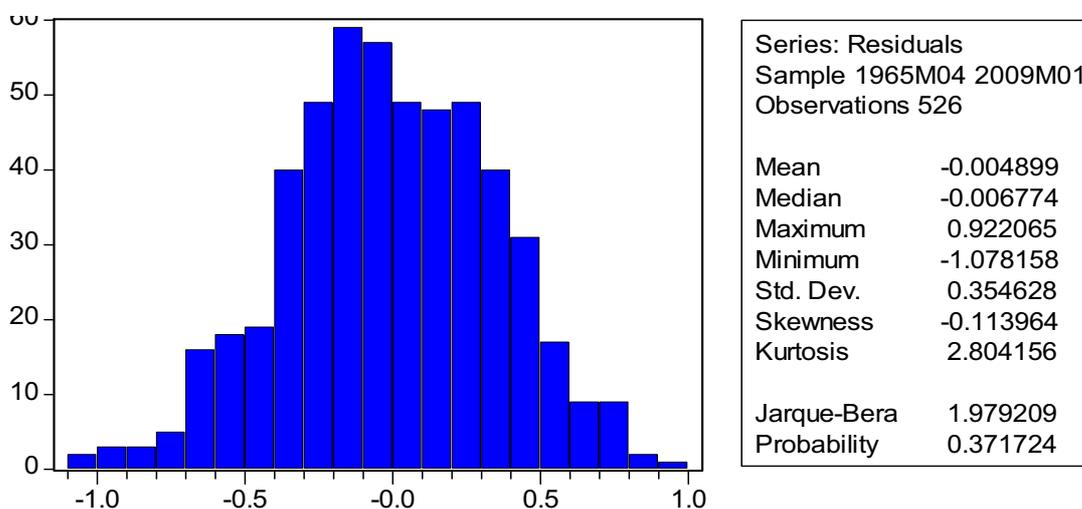


Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

El gráfico N°16 muestra el backtesting que se realiza entre el modelo elegido y el original, como se puede apreciar el modelo estimado 3 se ajusta de mejor manera a la serie original.

Gráfico No.17 Histograma Mejor Modelo



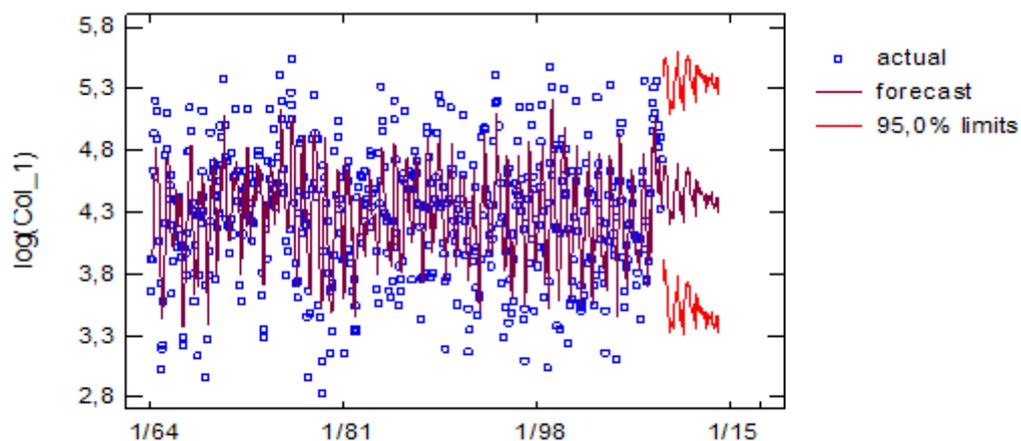
Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

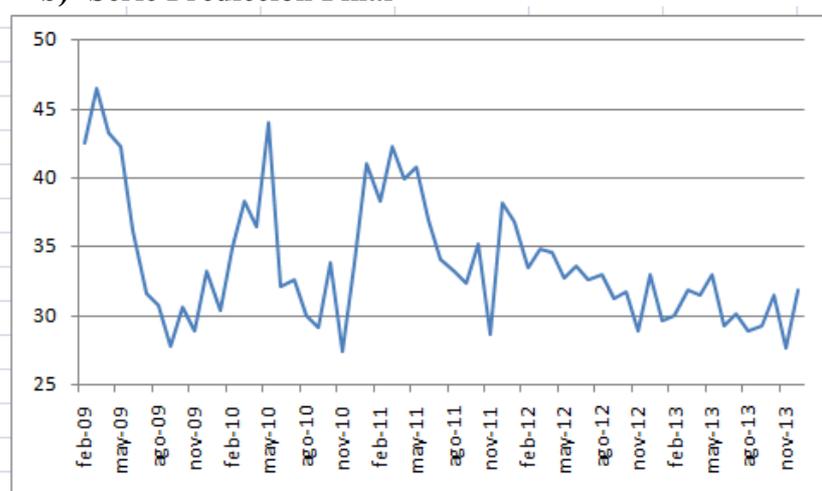
El histograma del Gráfico No. 17 muestra variaciones en los estadísticos considerados dentro del análisis, la explicación a esto es que la estimar el mejor modelo predictivo se afecta directamente a estos hasta conseguir el mejor ajuste con los menores errores.

Gráfico No.18 Serie Final Trasformada con predicción

a) Serie ajustada con predicción hacia atrás



b) Serie Predicción Final



Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

El gráfico No. 18 a) muestra que la serie tiene un buen nivel de ajuste, esto se puede apreciar en la estimación hacia atrás que se mantiene dentro del intervalo de confianza al 95%.

En el gráfico 18 b) muestra la predicción definitiva hasta el 2013.

Tabla No.11 Test de residuos y Box Pierce

(1) Runs above and below median
Median = 0,000483272
Number of runs above and below median = 284
Expected number of runs = 271,0
Large sample test statistic $z = 1,07683$
P-value = 0,281556
(2) Runs up and down
Number of runs up and down = 361
Expected number of runs = 359,667
Large sample test statistic $z = 0,0851948$
P-value = 0,932101
(3) Box-Pierce Test
Test based on first 24 autocorrelations
Large sample test statistic = 33,1643
P-value = 0,000125034

Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

En la tabla N° 11, se muestra las tres pruebas de corridas para determinar si los residuos forman una sucesión aleatoria de números o no. Las primeras corridas de la prueba es el número de tiempos de la sucesión sobre o debajo de la mediana. El número corridas es 284 comparado a un valor esperado de 271,0 si la sucesión fuera aleatoria, el valor P para esta prueba es mayor que o igual a 0,05 no se puede rechazar la hipótesis que los residuos sean aleatorios al 95,0%.

Las segundas corridas de la prueba en el número de tiempos de la sucesión prueban si subió o cayó. El número de corridas es 361 comparado a un valor esperado de 359,667 si la sucesión fuera aleatoria, el valor p para esta prueba es mayor que o iguala a 0,05 por tanto no se puede rechazar la hipótesis que la serie es aleatoria en los 95,0%. La tercera prueba es basada en la suma de cuadrados de los primeros 24 coeficientes del autocorrelación, el valor P para esta prueba es igual a 0,05 no podemos rechazar la hipótesis de aleatoriedad de la serie al 95,0% de confianza.

MEJOR MODELO ESTIMADO:

Se puede considerar como mejor modelo, al

$$SARIMA (3, 1, 6) \times (0, 1, 6).$$

Donde su estimación representa a la serie de caudales medios mensuales de Mazar, con una diferencia estacional.

Con el modelo establecido se procede a realizar las predicciones correspondientes, en este caso se lo hace hasta el año 2013

Tabla No.12 Caudal Estimado (Predicciones)

FECHA	CAUDAL ESTIMADO
ene-09	49,958
feb-09	42,539
mar-09	46,450
abr-09	43,320
may-09	42,306
jun-09	36,183
jul-09	31,705
ago-09	30,752
sep-09	27,813
oct-09	30,646
nov-09	28,871
dic-09	33,273
ene-10	30,441
feb-10	35,011
mar-10	38,384
abr-10	36,486
may-10	44,050
jun-10	32,105
jul-10	32,668
ago-10	30,031
sep-10	29,130
oct-10	33,928
nov-10	27,414
dic-10	33,921
ene-11	40,997

FECHA	CAUDAL ESTIMADO
mar-11	42,298
abr-11	39,994
may-11	40,789
jun-11	36,996
jul-11	34,064
ago-11	33,282
sep-11	32,356
oct-11	35,227
nov-11	28,612
dic-11	38,173
ene-12	36,886
feb-12	33,483
mar-12	34,869
abr-12	34,641
may-12	32,760
jun-12	33,628
jul-12	32,637
ago-12	32,991
sep-12	31,281
oct-12	31,711
nov-12	28,875
dic-12	33,014
ene-13	29,690
feb-13	30,034
mar-13	31,895
abr-13	31,558
may-13	33,010
jun-13	29,276
jul-13	30,119
ago-13	28,858
sep-13	29,350
oct-13	31,549
nov-13	27,723
dic-13	31,947

Elaboración: Las Autoras

2.8 CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES (MAZAR)

2.8.1 QUÉ ES LA CURVA DE DURACIÓN GENERAL

También denominada curva de permanencia de caudales, consiste en una distribución de frecuencias acumuladas, que permite evaluar principalmente los caudales medios y mínimos. La curva de duración general también indica el porcentaje del tiempo en que el caudal de un río es igual o mayor que un determinado valor, independiente de la periodicidad estacional o interanual.

El análisis de frecuencias empíricas para la obtención de la curva general de caudales (probabilidades $P(i)$), se representa mediante un vector de m elementos y esta dado por la siguiente fórmula para valores descendentes:

$$P(i) = \frac{i}{m} \times 100$$

Donde:

$P(i)$: vector probabilidad (%)

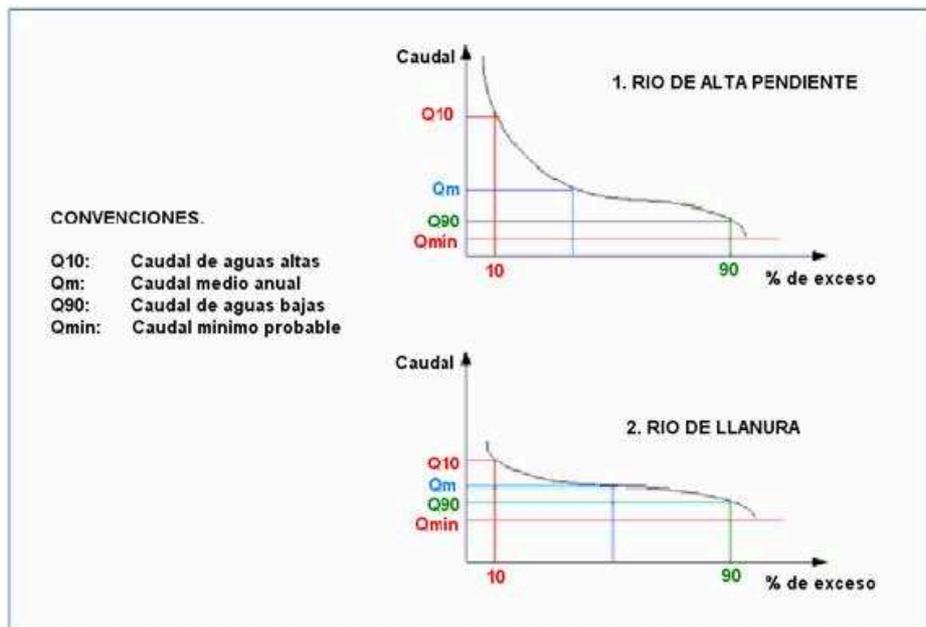
i : posición del vector

m : número total de elementos del vector caudal.

La curva de duración general es muy útil para conocer la distribución de caudales en el tiempo y constituye la base para diseños hidráulicos.

El Gráfico No. 19, muestra como el caudal mínimo probable de la curva es el caudal que la corriente puede suministrar durante todo el año con una probabilidad de excedencia próxima al 100%. Si este caudal es mayor que la demanda del proyecto, entonces la fuente tiene capacidad para abastecer la demanda sin necesidad de almacenamiento, la curva de duración es muy útil para determinar si una fuente es suficiente para suministrar la demanda o si hay necesidad de construir embalses de almacenamiento para suplir las deficiencias en el suministro normal de agua durante los períodos secos.

Gráfico No.19 Curva de Duración General de Caudales

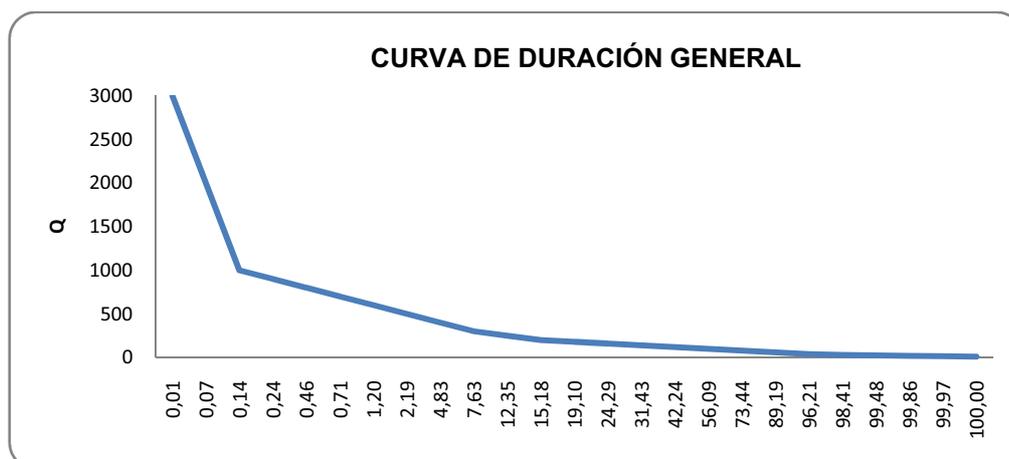


Fuente: CENACE
Elaboración: Las Autoras

2.8.2 CURVA DE DURACIÓN GENERAL DE MAZAR

La curva de duración se la construye en base a las tablas obtenidas del cálculo de duración de caudales de Mazar (probabilidad de ocurrencia de lluvias m³/s) (Ver Anexo F)

Gráfico No.20 Curva de Duración General de Mazar



Fuente: CENACE
Elaboración: Las Autoras

El Gráfico No. 20, muestra la curva de duración general de Mazar, una vez más se debe considerar que la mayor parte de la concentración de masa de agua se

mantiene en la cota 1.000 con una probabilidad de 14% para esta gráfica, hecho que se corrobora con los cálculos anteriores, puesto que si se revisa las gráficas precedentes se puede observar que la concentración de energía producida es de 755 a 795GW con una concentración del 13% a penas un punto porcentual de diferencia.

Los valores de la gráfica para determinar su viabilidad son:

Q ₁₀	225,1 m ³ /s
Q _m	90,1 m ³ /s
Q ₉₀	50,1 m ³ /s
Q _{min}	5 m ³ /s

2.9 DISTRIBUCIÓN DE LA GENERACIÓN

En la actualidad, la distribución de energía eléctrica se realiza a través del Sistema Nacional Interconectado (SNI), que permite llevar la energía proveniente de las centrales hidroeléctricas y termoeléctricas hacia las regiones del país en un total de dieciocho empresas eléctricas. La capacidad total de energía instalada es de 2.763 MW; con el aporte de 74 centrales eléctricas que se encuentran en funcionamiento, las mismas que se dividen en 33 centrales hidráulicas, 18 centrales térmicas a vapor, 13 centrales a turbo gas y 10 centrales a diesel oil¹⁴.

El Proyecto Hidroeléctrico Paute – Mazar, ha sido puesta en funcionamiento con una inversión estimada de USD \$626 millones de dólares a febrero de 2010. Cabe indicar que su aporte al SNI, aun no puede darse por encontrarse en etapa de llenado del embalse.

El Gráfico No. 21, elaborado por el CONELEC muestra el sistema integrado tanto de generación (hidroeléctrica y térmica) como de transmisión (según el tipo de línea) que se encuentran operando en la actualidad.

¹⁴ Centro de Información y Documentación empresarial sobre Iberoamérica (DEIBER)

Gráfico No.21 Sistema Nacional de Generación y Transmisión



Fuente: CONELEC- Plan de electrificación del Ecuador 2002-2011

2.10 ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA DE PAUTE - MAZAR

La brecha existente entre la demanda y oferta de energía eléctrica, será cubierta en parte por la puesta en funcionamiento de la Central Hidroeléctrica Paute – Mazar. Esta central aporta con 18.000 megavatios/hora a la demanda de energía del país; esto se debe a que la central Paute – Mazar cuenta con dos turbinas tipo Francis de 80 megavatios cada una.

Paute – Mazar, además de regular el flujo de sedimentos a la Central Paute – Amaluza con lo cual se incrementará la generación eléctrica alrededor de 50 MW en esta última, también reducirá la importación de 100 millones de galones de combustible, en su mayoría diesel importado para el funcionamiento de las plantas térmicas de generación eléctrica.

En definitiva, la central Paute – Mazar representará una reserva adicional y un soporte en la reserva para la central Paute – Amaluza, que estará disponible en las épocas de estiaje, incrementando la capacidad de alrededor de 1.050 MW de energía; además, con la baja demanda de funcionamiento de centrales termoeléctricas, el país dejara de pagar por concepto de combustible, convirtiéndose en otro aporte para la economía nacional.

CAPÍTULO III

3 ANÁLISIS DE RIESGO A TRAVÉS DE SIMULACIÓN MONTECARLO

3.1 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

En este capítulo se tiene como fin, definir la metodología de análisis y valoración de riesgos en el proyecto hidroeléctrico Paute – Mazar, para poder determinar el riesgo de inversión, basados en la probabilidad de no obtener una rentabilidad deseada, se ha procedido de la siguiente manera:

- a. Se realizan corridas financieras sucesivas con fecha de inicio en cada uno de los 45 años reportados (1964 al 2009), y continuando con las producciones de los años subsiguientes. De esta forma se simula un comportamiento variable de la producción de energía.
- b. Cuando en la simulación se llegue al último año, faltándose datos para completar la serie de 45 años, se reinicia a partir de ese punto con las primeras producciones hasta completar la serie. Con esto se pretende, en cierta forma, reconocer un compartimento periódico en el régimen hidrológico.
- c. Se determina para el proyecto la Tasa Interna de Retorno (TIR)¹⁵.

¹⁵La Tasa Interna de Retorno (TIR) esta definida como la tasa de interés con la cual el Valor Actual Neto o Valor Presente Neto es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente. Es un indicador de la rentabilidad de proyectos, a mayor TIR, mayor rentabilidad.

En la medida de las condiciones y alcance del proyecto estos deben evaluarse de acuerdo a sus características. Esta es una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones financiera dentro de las organizaciones.

Ross, Stephen A., Finanzas Corporativas, Quinta Edición, McGraw Hill.

3.2 SIMULACIÓN DE MONTECARLO (SMC)

“El Método de Montecarlo es un método numérico que permite resolver problemas matemáticos mediante la simulación de variables aleatorias”¹⁶.

Este método se caracteriza por:

1. Una extensión del análisis de sensibilidad y de escenarios.
2. Simultáneamente toma en cuenta las diferentes distribuciones de probabilidades y los diferentes rangos de los valores para las variables claves del proyecto.
3. Permite la correlación entre variables.
4. Análisis de tipo dinámico. Escenarios aleatorios consistentes.
5. Genera una distribución de probabilidad de resultados del proyecto (Valor Actual Neto (VAN)¹⁷) en vez de un solo estimado. Perfil denominado de riesgo/rendimiento.
6. La distribución de probabilidad del proyecto facilita la toma de decisiones pero existen problemas de interpretación y uso.
7. Facilita el mejoramiento del modelo y por consiguiente su aproximación al sistema real.
8. Permite evaluar la información requerida para reducir la Incertidumbre.
9. Facilita la toma de decisiones en un contexto de Incertidumbre al comprender el efecto de ésta sobre el resto de los componentes considerados.
10. Es importante no solo mostrar el valor esperado para una variable, sino también el rango de variación ya que puede ocurrir que dos proyectos tengan el mismo valor esperado pero diferente factor de riesgo.

Por lo tanto se debe realizar un análisis de riesgo con escenarios e incertidumbre siendo fundamental la determinación de estimadores de riesgo con un rango de

¹⁶ I. M. Sóbol (1983)

¹⁷ VAN o VPN es la diferencia entre el valor actual de los flujos de fondos que suministrará una inversión, y el desembolso inicial necesario para llevarla a cabo. Se recomienda efectuar la inversión si el VAN es positivo. El valor actual se calcula como la diferencia entre el valor actual de los cobros y de los pagos.

Ross, Stephen A., Finanzas Corporativas, Quinta Edición McGraw Hill.

probabilidades que reflejen el comportamiento del sistema real y no simplemente como un conjunto de números elegidos subjetivamente.

3.2.1 INCERTIDUMBRE AL RIESGO

Es la falta de conocimiento preciso o desconocimiento de las causas que determinan el comportamiento de un sistema real o las variables que definen el modelo respectivo, sea ésta cualitativa o cuantitativa.

Esto genera los siguientes inconvenientes:

- a. No se puede describir con certeza el comportamiento parcial o total de un sistema.
- b. Se debe realizar el análisis de riesgo y tomar decisiones en ese contexto de incertidumbre.

3.2.2 INCERTIDUMBRE EN LOS ESCENARIOS

Es la falta de información requerida para definir en forma completa el análisis que está expresada por:

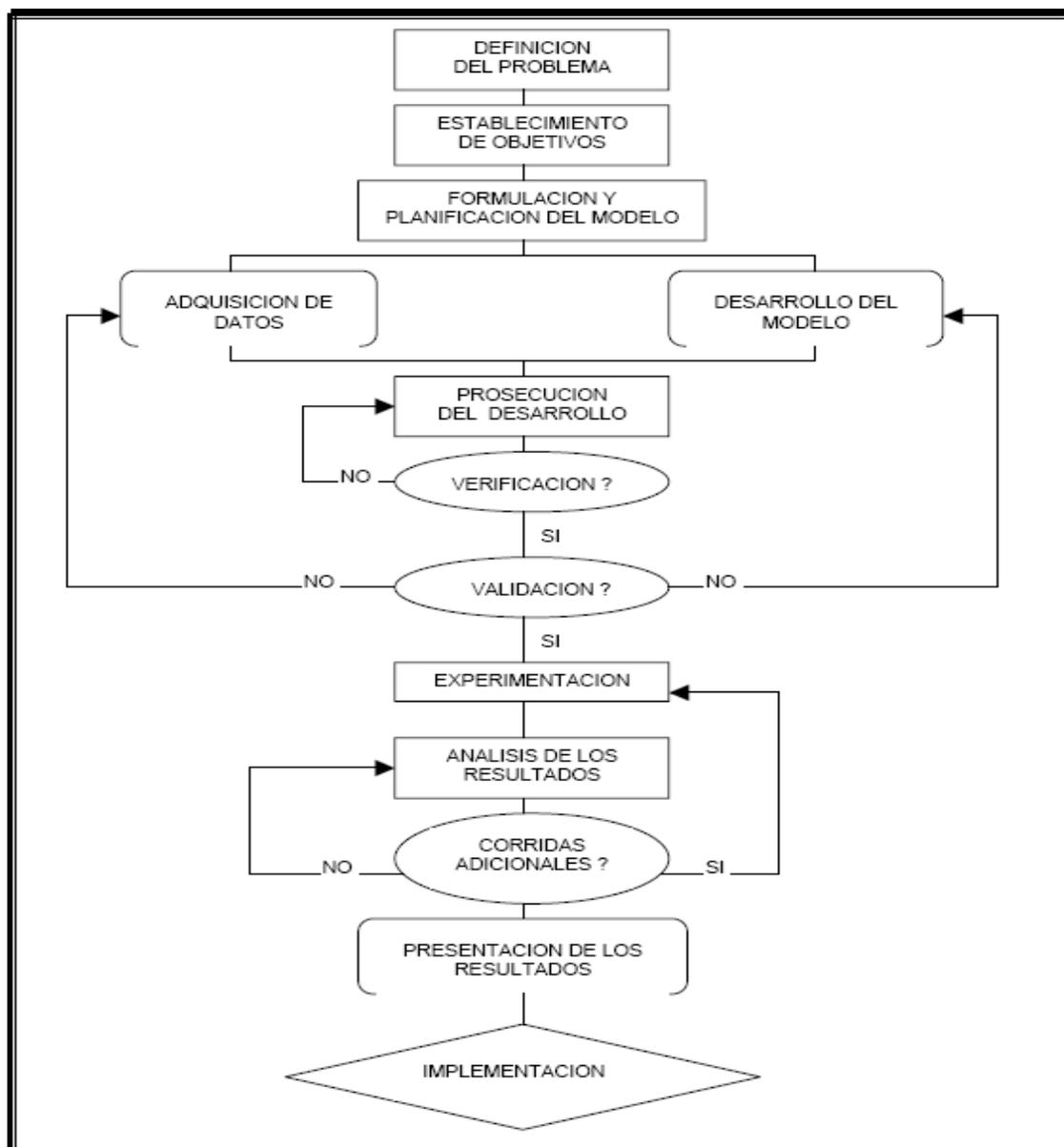
- Errores de agregación al combinar las diferentes aproximaciones.
- Errores de juicio profesional al definir las características de los escenarios.
- Análisis incompleto. Esta es una de las causas más difíciles de subsanar ya que no es esencialmente cuantificable, no se puede cuantificar aquello que no se ha considerado y por lo tanto es una de las causales más significativas.

La definición de escenarios debe ser fundamentada cualitativamente para validar las conclusiones en lo que se refiere a considerar o descartar escenarios que representen la realidad.

En el Gráfico No. 22, se puede observar la secuencia o pasos a seguir para realizar la simulación, es decir se empieza con la definición del problema, definido este se establece los objetivos para seguir a la formulación y planificación del

modelo teniendo esto se procede a la adquisición de datos para poder desarrollar el modelo, con esto se deriva al desarrollo, teniendo en cuenta la verificación si esta es positiva se procede a la validación, caso contrario se regresa al paso del desarrollo. En la parte de la verificación se asevera que esta sea positiva para continuar con la experimentación caso contrario se adquiere nuevamente los datos para desarrollar el modelo.

Gráfico No.22 Diseño de Simulación



Elaboración: Las Autoras

Una vez realizada la fase de experimentación se procede al análisis de resultados para así verificar el modelo, si se realiza más corridas, se regresa nuevamente a la fase de experimentación, terminando las corridas se presenta los resultados para así proceder a la implementación del modelo.

3.3 ANÁLISIS DE RIESGO DE LA HIDROELÉCTRICA PAUTE – MAZAR CON SIMULACIÓN MONTECARLO

Es conveniente tener en cuenta que el riesgo es la probabilidad de tener éxito o fracaso cuando se toma la decisión de llevar a cabo un proyecto, por tal motivo se hace necesario realizar una evaluación del riesgo y para tal efecto mediante la aplicación del método del análisis de riesgo, el cual es un método de tipo probabilístico, que considera que se puede asociar las variables con una distribución de probabilidades.

Para el análisis de riesgo financiero de la Hidroeléctrica Paute – Mazar, a través de Simulación de Montecarlo, se realiza un modelo econométrico, basado en series de tiempo, con la recolección de datos históricos.

El modelo que se obtuvo en este análisis es un SARIMA (3,1,6)(0,1,6), el cual se lo analizó en el capítulo 2.

Las variables significativas analizadas en este estudio son el caudal medio mensual del Mazar y la energía total de Paute – Mazar.

El riesgo establecido de acuerdo a la variable caudal medio es que a más caudal de agua el embalse será llenado y se podría satisfacer las necesidades de la hidroeléctrica, especialmente en la épocas de estiaje ya que se necesita un embalse lleno para que exista generación principalmente para generar energía con las dos turbinas aportando de esta manera 160 MW al SIN.

Con los datos seleccionados se podrá establecer además los mínimos y máximos del caudal del río para poder saber en qué épocas se corre un riesgo de falta de operatividad de la hidroeléctrica.

Además con la variable producción de energía se podrá verificar si el proyecto es rentable o no, haciendo un análisis de la TIR y del VAN pudiendo de esta manera ver en qué año se puede recuperar la inversión.

Para obtener los resultados de la simulación se realizan las corridas necesarias para obtener los resultados del pronóstico hasta el año 2013, con esto se obtiene la siguiente tabla con la cual se procederá a calcular las probabilidades de ocurrencia para la variable producción de energía para Paute – Mazar.

Tabla No.13 Caudal medio – Producción de Energía año 1964 - 2013

AÑO	CAUDAL MEDIO m³/s	PRODUCCIÓN ANUAL GWh/ año
1964-1965	81,44	810,00
1965-1966	71,60	819,00
1966-1967	72,82	525,00
1967-1968	73,61	728,00
1968-1969	71,02	707,00
1969-1970	108,84	1092,00
1970-1971	94,17	970,00
1971-1972	84,93	890,00
1972-1973	84,15	892,00
1973-1974	75,89	770,00
1974-1975	116,81	1155,00
1975-1976	121,26	1133,00
1976-1977	82,40	852,00
1977-1978	85,14	829,00
1978-1979	73,47	766,00
1979-1980	69,25	655,00
1980-1981	75,36	773,00
1981-1982	53,69	540,00
1982-1983	85,12	768,00
1983-1984	96,82	1022,00
1984-1985	77,44	779,00
1985-1986	74,91	743,00
1986-1987	91,69	986,00

AÑO	CAUDAL MEDIO m³/s	PRODUCCIÓN ANUAL GWh/ año
1987-1988	77,98	848,00
1988-1989	102,74	1026,00
1989-1990	75,59	753,00
1990-1991	80,31	834,00
1991-1992	63,37	663,00
1992-1993	75,57	685,00
1993-1994	101,45	1066,00
1994-1995	81,94	963,00
1995-1996	80,40	826,93
1996-1997	81,16	728,40
1997-1998	56,29	740,57
1998-1999	73,47	748,48
1999-2000	71,69	722,54
2000-2001	104,26	1101,47
2001-2002	93,94	954,47
2002-2003	87,17	861,90
2003-2004	87,34	854,13
2004-2005	77,02	771,33
2005-2006	109,59	1181,27
2006-2007	107,72	1225,88
2007-2008	83,95	836,53
2008-2009	82,01	863,97
2009-2010	76,68	747,05
2010-2011	67,29	704,77
2011-2012	77,27	766,05
2012-2013	57,56	548,91
PROMEDIO	82,77	841,36
DESVIACION ESTÁNDAR	14,88	164,06
MÍNIMO	53,69	525,00
MÁXIMO	121,26	1225,88
MEDIA		826,01

Fuente: CENACE / CONELEC

Elaboración: Las Autoras

En la Tabla No. 13, se puede observar a las variables de caudales medios mensuales en m³/s como de la producción de la energía en GWh anual, proyectada hasta el año 2013, teniendo como valor de media para la energía de 826, 01 Gwh valor que servirá para obtener las probabilidades de ocurrencia de si la hidroeléctrica alcanzará el nivel de producción de energía deseado o no,

resultados que servirán para analizar la situación financiera a través de los criterios de la TIR y VAN, para así conocer los períodos de recuperación de la inversión.

Tabla No.14 Distribución Probabilística de la generación desde el año1964 al 2013 en GWh anuales

PRODUCCIÓN GWh/año	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	DISTRIBUCIÓN PROBABILÍSTICA	FUNCIÓN DE DENSIDAD
525	1	1	0,020	0,020
535	0	1	0,000	0,020
545	1	2	0,020	0,041
555	1	3	0,020	0,061
565	0	3	0,000	0,061
575	0	3	0,000	0,061
585	0	3	0,000	0,061
595	0	3	0,000	0,061
605	0	3	0,000	0,061
615	0	3	0,000	0,061
625	0	3	0,000	0,061
635	0	3	0,000	0,061
645	0	3	0,000	0,061
655	1	4	0,020	0,082
665	1	5	0,020	0,102
675	0	5	0,000	0,102
685	1	6	0,020	0,122
695	0	6	0,000	0,122
705	1	7	0,020	0,143
715	1	8	0,020	0,163
725	1	9	0,020	0,184
735	2	11	0,041	0,224
745	2	13	0,041	0,265
755	3	16	0,061	0,327
765	0	16	0,000	0,327
775	6	22	0,122	0,449
785	1	23	0,020	0,469
795	0	23	0,000	0,469
805	0	23	0,000	0,469
815	1	24	0,020	0,490
825	1	25	0,020	0,510
835	3	28	0,061	0,571
845	1	29	0,020	0,592
855	3	32	0,061	0,653

PRODUCCIÓN GWh/año	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	DISTRIBUCIÓN PROBABILÍSTICA	FUNCIÓN DE DENSIDAD
865	2	34	0,041	0,694
875	0	34	0,000	0,694
885	0	34	0,000	0,694
895	2	36	0,041	0,735
905	0	36	0,000	0,735
915	0	36	0,000	0,735
925	0	36	0,000	0,735
935	0	36	0,000	0,735
945	0	36	0,000	0,735
955	1	37	0,020	0,755
965	1	38	0,020	0,776
975	1	39	0,020	0,796
985	0	39	0,000	0,796
995	1	40	0,020	0,816
1005	0	40	0,000	0,816
1015	0	40	0,000	0,816
1025	1	41	0,020	0,837
1035	1	42	0,020	0,857
1045	0	42	0,000	0,857
1055	0	42	0,000	0,857
1065	0	42	0,000	0,857
1075	1	43	0,020	0,878
1085	0	43	0,000	0,878
1095	1	44	0,020	0,898
1105	1	45	0,020	0,918
1115	0	45	0,000	0,918
1125	0	45	0,000	0,918
1135	1	46	0,020	0,939
1145	0	46	0,000	0,939
1155	1	47	0,020	0,959
1165	0	47	0,000	0,959
1175	0	47	0,000	0,959
1185	1	48	0,020	0,980
1195	0	48	0,000	0,980
1205	0	48	0,000	0,980
1215	0	48	0,000	0,980
1225	0	48	0,000	0,980
1235	1	49	0,020	1,000
VALOR ESPERADO DE PRODUCCIÓN (GWh)				841,360

Fuente: CENACE / CONELEC

Elaboración: Las Autoras

En la Tabla No. 14, se muestran las corridas realizadas, obteniéndose así el comportamiento de la variable producción de energía, logrando el valor esperado de producción hasta el año 2013 de 841,360 Gwh anuales, se puede observar además las frecuencias y las probabilidades de ocurrencia de la producción de energía, teniendo en cuenta que se obtiene un mismo resultado probabilidad del 20% de obtener un producción máxima y mínima.

3.3.1 PRODUCCIÓN DE ENERGÍA MENSUAL

Luego de analizar la serie de datos históricos de la variable producción de energía para Paute – Mazar, se obtuvo los siguientes pronósticos hasta el año 2013 mediante Simulación Montecarlo.

Tabla No.15 Estimación de la producción de energía para Paute – Mazar con SMC

FECHA	ENERGÍA ESTIMADA
Ene-09	82,981
Feb-09	94,94
Mar-09	79,102
Abr-09	94,314
May-09	97,445
Jun-09	67,689
Jul-09	70,786
Ago-09	87,849
Sep-09	56,205
Oct-09	81,995
Nov-09	75,88
Dic-09	78,548
Ene-10	83,304
Feb-10	95,275
Mar-10	79,448
Abr-10	94,664
May-10	97,804
Jun-10	68,049
Jul-10	71,138
Ago-10	88,2
Sep-10	56,556
Oct-10	82,345

FECHA	ENERGÍA ESTIMADA
Nov-10	76,233
Dic-10	78,895
Ene-11	83,652
Feb-11	95,62
Mar-11	79,793
Abr-11	95,02
May-11	98,16
Jun-11	68,395
Jul-11	71,489
Ago-11	88,551
Sep-11	56,899
Oct-11	82,694
Nov-11	76,578
Dic-11	79,243
Ene-12	84
Feb-12	95,966
Mar-12	80,136
Abr-12	95,353
May-12	98,49
Jun-12	68,732
Jul-12	71,825
Ago-12	88,887
Sep-12	57,241
Oct-12	83,032
Nov-12	76,918
Dic-12	79,583
Ene-13	84,339
Feb-13	96,308
Mar-13	80,48
Abr-13	95,7
May-13	98,839
Jun-13	69,08
Jul-13	72,191
Ago-13	89,279
Sep-13	57,662
Oct-13	83,485
Nov-13	77,403
Dic-13	80,099

Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

En la Tabla No. 15, se puede observar la producción de energía de Paute – Mazar teniendo un mínimo de 56,06 GW/h mensual y un máximo de 98,84 Gwh mensual.

Después de realizar las iteraciones correspondientes se obtiene la tabla de percentiles la cual nos indica los porcentajes de los valores asumidos para la generación de energía, es decir que para el 10% se asumirá valores menores a 66,3 y 71,46 Gwh mensuales, y para el 100% se obtendrá valores de generación mayores 96,39 Gw/h mensuales.

Tabla No.16 Percentiles y Resultados Estadísticos para la Producción de Energía mensual (GWh)

Percentiles	Valores Asumidos
0%	-Infinito
10%	66,3
20%	71,47
30%	75,19
40%	78,37
50%	81,35
60%	84,32
70%	87,5
80%	91,23
90%	96,39
100%	Infinito

Resultados Estadísticos

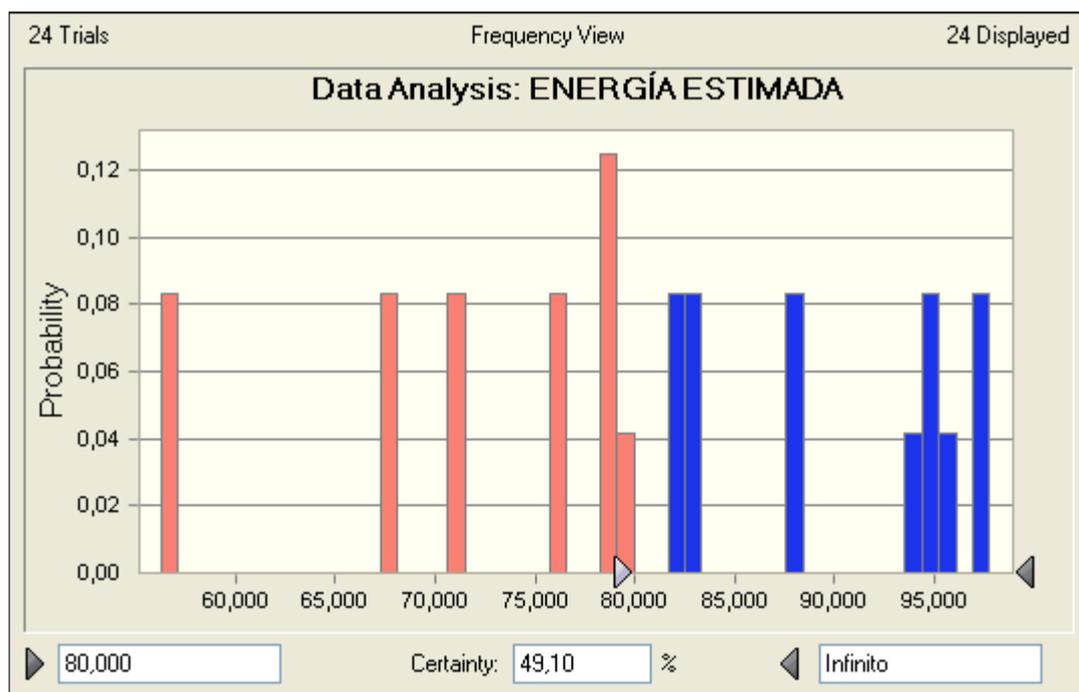
	Valores Asumidos
Media	34,17
Mediana	34,17
Moda	34,17
Desviación Estándar	5,00094
Varianza	25,01
Skewness	0,00
Kurtosis	3,00
Coficiente de variabilidad	0,1463

Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

En la Tabla No. 16, se pueden observar los valores estadísticos obtenidos a través de la simulación, obteniendo una varianza de 25,01 siendo este un valor positivo.

Gráfico No.23 Análisis de Datos de la Producción de Energía



Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

En el Gráfico N° 23, se puede observar que se obtiene un porcentaje certeza del 49,19% cuando se genera 80 Gwh mensuales.

Tabla No.17 Percentiles para la Producción de Energía Mensual Mínima (GWh)

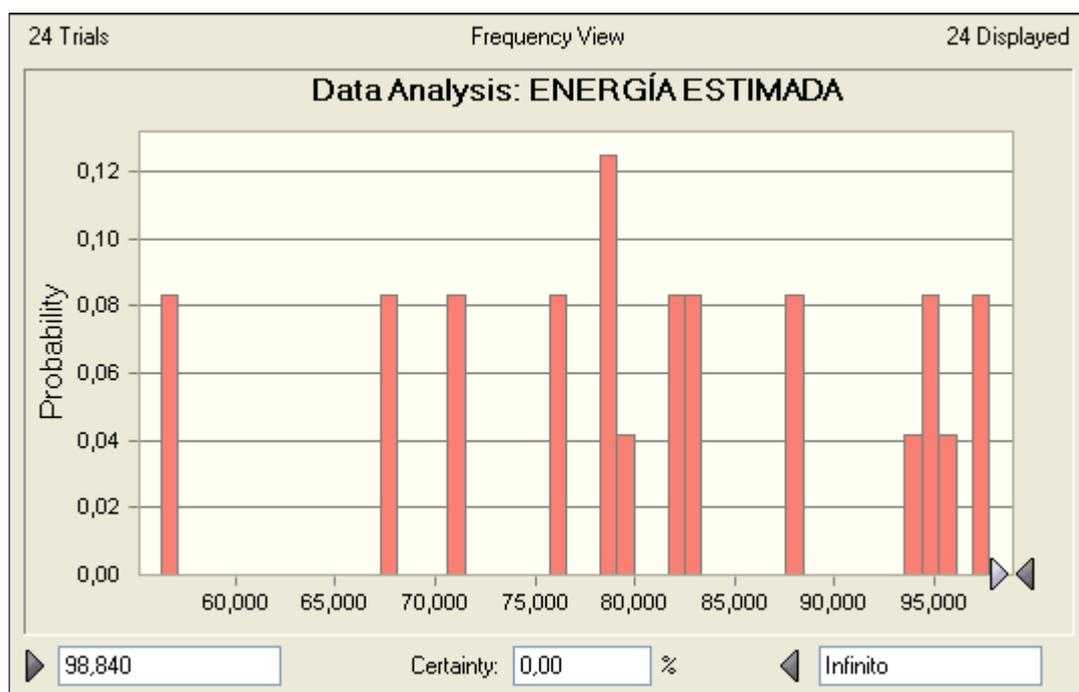
Percentiles	Valores pronosticados
0%	56,205
10%	61,009
20%	70,239
30%	75,951
40%	78,756
50%	79,448
60%	82,599
70%	86,94
80%	94,384

Percentiles	Valores pronosticados
90%	95,141
100%	97,804

Elaboración: Las Autoras

En la Tabla No. 17, se puede observar los percentiles y los valores pronosticados, es decir que en el percentil del 70% estarán inmersos valores de producción de energía entre 82,6 - 94,4 GWh mensuales y así para cada valor asignado de cada percentil.

Gráfico No.24 Probabilidad de Producción de Energía mensual Máxima



Elaboración: Las Autoras

En el Gráfico N° 24, se observa que la certeza de obtener una producción de energía máxima de 98,84 GWh mensuales es del 0%, es decir que no existirá producción de energía óptima, comprobándose con esto que el proyecto Paute. Mazar únicamente sirve como recolector de sedimentos más no como productor de energía, en cambio unido con Molino (Paute Integral) es un proyecto que logrará satisfacer las expectativas por parte del gobierno.

3.4 SIMULACIÓN CON COTAS DE CAUDAL MÍNIMAS Y MÁXIMAS (ESCENARIOS)

El análisis de escenarios mediante simulación Montecarlo ayudará a señalar las áreas en la que el riesgo de la preparación de pronósticos es especialmente severo. En la simulación realizada se puede establecer las cotas de caudales máximas y mínimas del río Mazar, luego del proceso de búsqueda y estimación de los escenarios en caso pesimista y optimista se ha definido los siguientes:

Tabla No.18 Estimación de Caudales para Mazar con SMC

FECHA	CAUDAL ESTIMADO
ene-09	49,958
feb-09	42,539
mar-09	46,450
abr-09	43,320
may-09	42,306
jun-09	36,183
jul-09	31,705
ago-09	30,752
sep-09	27,813
oct-09	30,646
nov-09	28,871
dic-09	33,273
ene-10	30,441
feb-10	35,011
mar-10	38,384
abr-10	36,486
may-10	44,050
jun-10	32,105
jul-10	32,668
ago-10	30,031
sep-10	29,130
oct-10	33,928
nov-10	27,414
dic-10	33,921
ene-11	40,997
feb-11	38,326
mar-11	42,298

FECHA	CAUDAL ESTIMADO
abr-11	39,994
may-11	40,789
jun-11	36,996
jul-11	34,064
ago-11	33,282
sep-11	32,356
oct-11	35,227
nov-11	28,612
dic-11	38,173
ene-12	36,886
feb-12	33,483
mar-12	34,869
abr-12	34,641
may-12	32,760
jun-12	33,628
jul-12	32,637
ago-12	32,991
sep-12	31,281
oct-12	31,711
nov-12	28,875
dic-12	33,014
ene-13	29,690
feb-13	30,034
mar-13	31,895
abr-13	31,558
may-13	33,010
jun-13	29,276
jul-13	30,119
ago-13	28,858
sep-13	29,350
oct-13	31,549
nov-13	27,723
dic-13	31,947

Fuente: CENACE

Elaboración: Las Autoras

En la Tabla No. 18, se puede apreciar los pronósticos de los caudales que son resultados de las corridas de la simulación, esta estimación de caudales para Mazar van desde el año 2009 hasta el año 2013, aquí se puede ver la variación

que existe en la cota de los caudales año tras año, existiendo un nivel máximo de 42,29 m³/s en el mes de marzo del 2011, y un nivel mínimo de 27,72 m³/s encontrado en el mes de noviembre del año 2013.

Tabla No.19 Percentiles para los Caudales mensuales (m³/s)

Percentiles	Valores Asumidos
0%	-Infinito
10%	27,76
20%	29,96
30%	31,55
40%	32,9
50%	34,17
60%	35,44
70%	36,79
80%	38,38
90%	40,58
100%	Infinito

Elaboración: Las Autoras

En la Tabla No.19, se muestran los percentiles y los valores asumidos para el caudal medio mensual de Mazar, es decir que para el porcentaje del 50% están inmersos los valores para caudales entre 33 y 35,43 m³/s.

3.4.1 ESCENARIOS DE CAUDALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE MAZAR

Tomando como referencia la tabla No. 18 de la estimación de caudales se ha podido definir los siguientes escenarios de caudales para Mazar.

Tabla No.20 Cotas de Caudales Mínimos y Máximos (escenarios)

Caudal Mazar	Caso Base	Caso Pesimista m ³ /s	Caso Optimista m ³ /s
2009	33,84	27,8134579	49,9583671
2010	33,84	27,4144432	44,0502047
2011	33,84	28,6118223	42,2984313
2012	33,84	28,8751106	36,8859235
2013	33,84	27,7229336	33,0096519

Elaboración: Las Autoras

En la Tabla No. 20, se puede observar que con el cálculo de caudales mínimos y máximos se podrá predecir que el tiempo de estiaje comprende en los meses

desde julio hasta noviembre, donde la generación de energía eléctrica será deficiente, no así en los tiempos de lluvia que comprenden los meses desde diciembre a junio donde se tendrá una generación de energía eléctrica eficiente.

Además en el año 2009 se tiene un caudal mínimo de 21,8 m³/s siendo el caudal máximo de 49,9 m³/s, dándose en el año 2013 el pronóstico de caudal más bajo en relación de los años anteriores de 33 m³/s.

3.5 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA HIDROELÉCTRICA PAUTE - MAZAR

La evaluación económica juega un papel importante y decisivo en los procesos de decisión de construcción de presas, siendo que la generación de energía es el proceso más importante que contribuye al desarrollo y al mejoramiento de las condiciones de vida de la población. Desde el punto de vista económico, este análisis debe considerar los costos y beneficios que se derivarán del proyecto y valorarlos para determinar si su ejecución es o no conveniente, además es muy importante contar con una adecuada capacidad de organización y de gestión para realizarlo¹⁸. Este análisis, desde el punto de vista empresarial, es esencial porque permitirá prever si se recuperará o no la inversión y si se pueden pagar los costos de operación y mantenimiento que aseguren la continuidad del proyecto.

3.5.1 ANÁLISIS DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN), LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR), PERÍODO DE RECUPERACIÓN E ÍNDICE DE RENTABILIDAD

Con los datos generados de la simulación Montecarlo se procede a realizar el cálculo de la tasa interna de retorno y valor actual neto teniendo en cuenta tres escenarios para su análisis

¹⁸ Evaluación Económica de Proyectos Hidráulicos, Incluyendo las Presas. Economic Evaluation of Hydraulic Project Including Dams. Luis Berga Casafont. Dr. Ingeniero de caminos, Canales y Puertos. XXI Congreso Internacional de Grandes Presas.

3.5.1.1 Cálculo del VAN y la TIR caso base con potencia instalada de 160 MW

Para el realizar el análisis del VAN y la TIR se procede al cálculo de los flujos de efectivo neto que se obtienen proyectando y considerando la cantidad de energía instalada, además de la cantidad de energía producida a un precio 4¹⁹ centavos de dólar aproximadamente por kilovatio hora y la inflación al 2010 del 3,44%. Obteniendo así los ingresos totales menos gastos operativos financieros.

Tabla No.21 Cálculo de Flujos Netos Energía en Mw/h para Paute -Mazar con 160MW

POTENCIA (MW)	160,00
ENERGÍA (MW/H)	1401600,00
USD. \$ (KW/H)	\$ 0,04
INFLACIÓN	3,44%
TASA DE RENDIMIENTO (Descuento)	0%

Elaboración: Las Autoras

Con los datos de la tabla No. 21 que son: potencia, energía, Kw/h, Tasa de Rendimiento, e inflación se calcula los flujos netos efectivos presentados en la tabla 22.

La energía en MW/H se calcula con la siguiente fórmula.

$$E = \text{Potencia} \times 24 \text{ horas} \times 365 \text{ horas}$$

$$E = 1401600,00 \text{ MW/H}$$

Tabla No.22 de Flujos Netos Energía en Mw/h para Paute -Mazar con 160MW

PROYECTO HIDROELECTRICO PAUTE - MAZAR	MW/H	ANO 1		ANO 2	
		Costo KW/H	TOTAL USD	Costo KW/H	TOTAL
ENERGÍA ANUAL GENERADA	1.401.600,00	0,043	59.848.320,00	0,044	61.643.769,60
(-) GASTOS OPERATIVOS Y FINANCIEROS			-42.791,55		-44.075,30
FLUJOS NETOS			59.805.528,45		61.599.694,30

Elaboración: Las Autoras

¹⁹ COSTO KW/H ESTABLECIDO MEDIANTE DECRETO EJECUTIVO A partir de mayo del 2000, el CONELEC, a través de la Resolución No. 0087, aprobó un incremento inicial diferenciado y por tipo de servicio que significó pasar de US\$ 2.49 centavos a US\$ 4 centavos por kWh.

En la tabla No. 22 se puede apreciar solo 2 años de los 22 años de flujos netos calculados en base a la energía anual generada menos los gastos operativos y financieros; se obtiene los flujos netos efectivos calculados para 22 años.(Ver Anexo G).

3.5.1.2.1 Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

Para el cálculo del VAN se utilizó la siguiente fórmula:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+i)^n}$$

Donde:

I = Inversión del proyecto, se toma negativamente corresponde a un desembolso de dinero.

N = Número de períodos considerado.

Q_n = Flujos de caja estimados.

i = Tipo de interés (tasa de descuento)

Tabla No.23 Valor Actual Neto (VAN) de Paute – Mazar con 160 MW

Año	Flujo de Efectivo (USD)	
0	-626.782.299,00	
1	39.870.352,30	
2	41.066.462,87	
3	41.066.462,87	
4	41.066.462,87	
5	41.465.166,39	
6	42.503.789,07	
7	42.093.124,44	
8	42.585.922,00	
9	43.123.773,05	
10	43.991.421,69	
11	43.608.476,92	
12	43.693.155,97	
13	44.331.238,69	
14	45.531.121,45	
15	45.003.948,18	
16	45.047.643,80	
17	45.616.844,62	
18	47.079.179,58	
19	46.174.050,84	
20	46.038.691,97	
21	46.802.882,58	
22	48.209.079,89	
VAN=	331.073.589,97	

Elaboración: Las Autoras

En la Tabla No. 23, se puede mostrar el VAN (Valor Actual Neto) calculado para Mazar de USD \$331.073.589,97, se toma en cuenta que como su valor es positivo mayor que cero entonces la inversión es aceptable.

Se considera, además la cantidad de energía instalada para la obtención de los flujos de efectivo, la cantidad producida con un precio de \$4²⁰ centavos de dólar el Kw/h.

Al realizar una inversión de USD \$626.782.299,00, junto con una tasa de rendimiento del 0%²¹, el valor de los flujos netos esperados se puede estimar el valor actual neto, siendo esta una forma de evaluar la rentabilidad de una inversión.

3.5.1.1.2 Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es la tasa de descuento que hace que el VAN de una inversión sea igual a cero, una inversión es aceptable si la TIR es superior al rendimiento requerido, de lo contrario, debería ser rechazada, siendo este un factor importante porque nos indica cómo calcular los rendimientos sobre inversiones más complicadas.

Para calcular la TIR se lo hace con la siguiente fórmula:

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^N \frac{Q_i}{(1 + tir)^i} = 0$$

Donde:

Q_i = Flujo de Caja en el periodo i y,

$$r = \frac{-I + \sum_{i=1}^n Q_i}{\sum_{i=1}^n i * Q_i}$$

²⁰ Costo kw/h establecido mediante decreto ejecutivo a partir de mayo del 2000, el CONELEC, a través de la Resolución No. 0087, aprobó un incremento inicial diferenciado y por tipo de servicio que significó pasar de US\$ 2.49 centavos a US\$ 4 centavos por kWh.

²¹ Tasa de descuento referencial dada por el CELEC para en análisis del Proyecto Paute -Mazar

Tabla No.24 Cálculo de la TIR

Año	Flujos de Efectivo
0	-\$ 626.782.299,00
1	39.870.352,30
2	41.066.462,87
3	41.066.462,87
4	41.066.462,87
5	41.465.166,39
6	42.503.789,07
7	42.093.124,44
8	42.585.922,00
9	43.123.773,05
10	43.991.421,69
11	43.608.476,92
12	43.693.155,97
13	44.331.238,69
14	45.531.121,45
15	45.003.948,18
16	45.047.643,80
17	45.616.844,62
18	47.079.179,58
19	46.174.050,84
20	46.038.691,97
21	46.802.882,58
22	48.209.079,89
TIR=	4,0%

Elaboración: Las Autoras

En la Tabla No. 24, se puede apreciar que la TIR para el proyecto hidroeléctrico Paute – Mazar es del 4% teniendo en cuenta que la inversión es de USD \$626.782.299,00, la tasa de rendimiento para este proyecto es del 0%, lo que nos indica que este proyecto es viable.

3.5.1.2 Período de recuperación descontado (PRD)

Para el cálculo del Período de Recuperación Descontado (PRD) de la inversión para el Proyecto Hidroeléctrico Paute - Mazar, se procede a tomar las cifras correspondientes a los flujos de efectivo esperados a través de los años previamente especificados, la columna perteneciente a los datos descontados son el resultado de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$RD = \frac{REnD}{(1 + r)}$$

Donde:

RD = Rendimiento Descontado.

REnD = Rendimiento Esperado no Descontado.

r = tasa de rendimiento.

Tabla No.25 Período de Recuperación Descontado

Año	Flujo de Efectivo	
	No Descontado	Descontado
0	-626782299,00	0,00
1	39.870.352,30	39.841.865,37
2	41.066.462,87	41.037.121,33
3	41.066.462,87	41.037.121,33
4	41.066.462,87	41.037.121,33
5	41.465.166,39	41.435.539,98
6	42.503.789,07	42.473.420,57
7	42.093.124,44	42.063.049,36
8	42.585.922,00	42.555.494,82
9	43.123.773,05	43.092.961,58
10	43.991.421,69	43.959.990,29
11	43.608.476,92	43.577.319,14
12	43.693.155,97	43.661.937,68
13	44.331.238,69	44.299.564,51
14	45.531.121,45	45.498.589,95
15	45.003.948,18	44.971.793,35
16	45.047.643,80	45.015.457,75
17	45.616.844,62	45.584.251,88
18	47.079.179,58	47.045.542,01
19	46.174.050,84	46.141.059,98
20	46.038.691,97	46.005.797,82
21	46.802.882,58	46.769.442,42
22	48.209.079,89	48.174.635,02

Elaboración: Las Autoras

En la Tabla No. 25, se indica que si el período de recuperación descontado de una inversión es inferior al número de años previamente especificado la inversión es aceptable, en este caso se puede observar que el periodo de recuperación descontado toma en cuenta los costos de capital, mostrando así el año en que ocurrirá el punto de equilibrio después de que se cubran los costos imputables a las deudas y al costo de capital.

La tabla proporciona además información acerca del plazo del tiempo durante el cual los fondos permanecerán comprometidos en el proyecto hidroeléctrico Paute – Mazar, por lo tanto, entre más corto sea el periodo de recuperación, manteniéndose las demás valores constantes, mayor será la liquidez del proyecto, y verificar con esto el grado de riesgo inmerso.

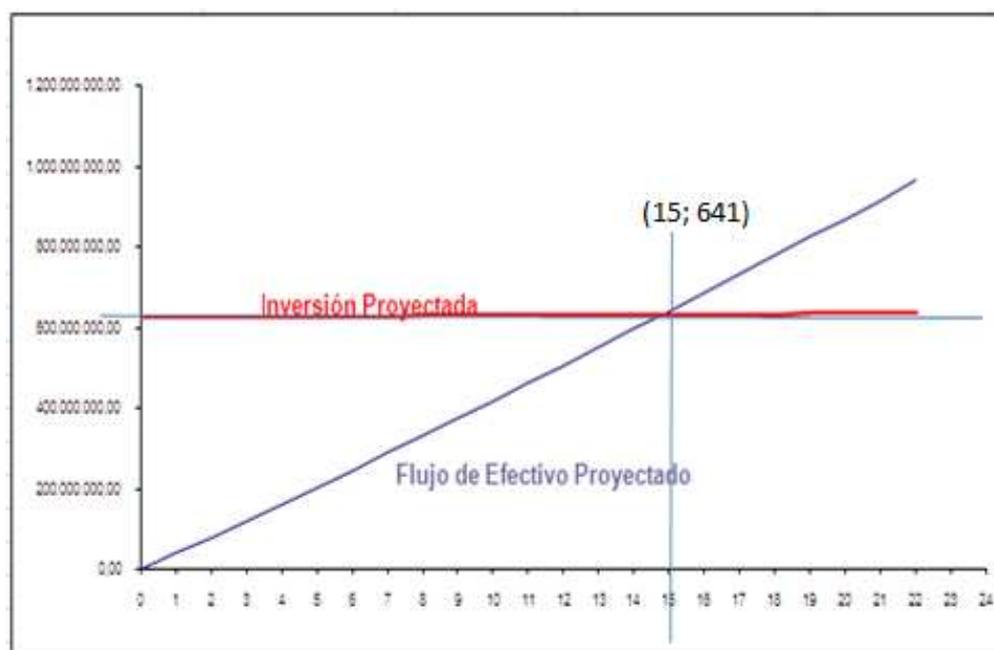
Tabla No.26 Flujo de efectivo acumulado y valor futuro a una tasa del 0%

Flujo de Efectivo Acumulado		Valor Futuro a una tasa de 0%	
No Descontado USD	Descontado USD	Flujo de Efectivo Projectado USD	Inversión Projectada USD
0,00	0,00	0,00	626.782.299,00
39.870.352,30	39.841.865,00	39.898.859,60	627.230.448,34
80.936.815,17	80.878.987,00	80.994.684,99	627.678.918,11
122.003.278,04	121.916.108,00	122.090.510,38	628.127.708,54
163.069.740,91	162.953.229,00	163.186.335,78	628.576.819,85
204.534.907,30	204.388.769,00	204.681.149,76	629.026.252,28
247.038.696,37	246.862.190,00	247.215.329,04	629.476.006,05
289.131.820,81	288.925.239,00	289.338.550,07	629.926.081,39
331.717.742,81	331.480.734,00	331.954.921,00	630.376.478,54
374.841.515,86	374.573.696,00	375.109.527,54	630.827.197,72
418.832.937,55	418.533.686,00	419.132.403,10	631.278.239,17
462.441.414,47	462.111.005,00	462.772.060,08	631.729.603,11
506.134.570,44	505.772.943,00	506.496.456,65	632.181.289,78
550.465.809,13	550.072.507,00	550.859.392,18	632.633.299,40
595.996.930,58	595.571.097,00	596.423.068,38	633.085.632,21
641.000.878,76	640.542.891,00	641.459.194,39	633.538.288,44
686.048.522,56	685.558.348,00	686.539.047,26	633.991.268,31
731.665.367,18	731.142.600,00	732.188.507,92	634.444.572,07
778.744.546,76	778.188.142,00	779.301.349,11	634.898.199,94
824.918.597,59	824.329.202,00	825.508.414,39	635.352.152,15
870.957.289,56	870.335.000,00	871.580.024,02	635.806.428,94
917.760.172,13	917.104.442,00	918.416.370,66	636.261.030,54
965.969.252,02	965.279.077,00	966.659.920,03	636.715.957,17

Elaboración: Las Autoras

La Tabla No. 26, muestra los flujos de efectivo acumulados y valor futuro con una tasa de rendimiento del 0%. Esta tasa se utiliza para establecer los valores tanto de los flujos de efectivo proyectados y de la inversión proyectada.

Gráfico No.25 Valor futuro de los flujos de efectivo del proyecto hidroeléctrico Paute – Mazar (USD)



Elaboración: Las Autoras

El Gráfico No. 25, muestra el período de recuperación de la inversión junto con los intereses que se podría haber generado, esto se lo hace a los 15 años con un valor de USD \$641.000.878,76; además cuando se compara el valor futuro a una tasa del 0% de la inversión de USD \$626.782.299,00, con el valor futuro de los flujos anuales de efectivo variables a lo largo del período establecido a una tasa del 0%, Se puede observar que las dos rectas se cruzan en el punto correspondiente a 15 años, es decir se muestra una característica importante del período de recuperación descontado, si un proyecto se llega a recuperar sobre una base descontada, deberá tener un valor actual neto positivo.

3.5.1.3 Índice de rentabilidad

El cálculo del índice de rentabilidad del proyecto hidroeléctrico Paute – Mazar, se lo realiza con los datos de los flujos efectivos futuros y el costo inicial del proyecto. La sumatoria de los flujos de efectivo para este proyecto en los años establecidos corresponde a USD \$641.000.878,76, y el costo inicial del proyecto es de USD \$626.782.299,00, con estos parámetros se establece la rentabilidad del proyecto.

$$IR = \frac{641.000.878,76}{626.782.299,00} = 1,022687$$

$$\mathbf{IR= 1,022}$$

Lo que quiere decir que en el Proyecto Hidroeléctrico Paute – Mazar, por cada dólar invertido se obtiene un valor de 1,022 dólares.

3.5.1.4 Rentabilidad Contable Promedio (RCP)

El proyecto Paute - Mazar será aceptable si supera el rendimiento contable promedio fijado como meta. Para establecer este indicador se procede a calcular los ingresos o flujos de efectivos esperados para los años determinados y proponer la relación con el costo inicial del proyecto.

$$RCP = \frac{\textit{Utilidad Neta Promedio}}{\textit{Valor Contable en Libros}}$$

$$RCP = \frac{43.907.693,27}{313.391.149,50} = 14\%$$

Si el proyecto tiene un RCP menor al 14%, esta inversión será aceptable; de lo contrario no lo será. Sin embargo, una de las limitaciones más importantes de este método es que no se toman en cuenta los flujos de caja que tienen lugar después del período de recuperación.

3.5.1.5 Análisis de la TIR y VAN con escenarios promedio, mínimo y máximo para Paute – Mazar

Después de realizar los cálculos con la variación tanto de potencia como de energía para todos los escenarios se obtuvo la siguiente tabla

Tabla No.27 Escenarios promedio, mínimo y máximo para la inversión en Paute-Mazar

INVERSIÓN PARA PAUTE -MAZAR						
CAPACIDAD	VAN	TIR	PRD	AÑO RECUP.	RCP	IR
INSTALADA 160 MW	331.073.589,97	4,00%	641000878,76	15	14%	1,023
PROMEDIO 96,05 MW	249.237.986,29	2,22%	653579496,54	24	9%	1,043
MÁXIMA 139,94 MW	211.585.668,04	2,69%	640393626,53	17	12%	1,022
MÍNIMA 59,93 MW	284.754.965,50	1,55%	648174797,28	37	5%	1,034

Elaboración: Las Autoras

En la Tabla No. 27, se puede observar que mientras la potencia en MW es mínima, es decir de 59,93MW al año y para poder recuperar el valor de la inversión se tendrá que hacerlo en el año 37 con un rendimiento contable promedio del 5% que es el más bajo de los 4 escenarios propuestos, el índice de rentabilidad no varía mucho en relación a lo de los otros tres escenarios (Ver Anexo H). Se verifica además que la TIR en todos los casos es positivo lo que indica la viabilidad del proyecto.

3.6 ANÁLISIS DE RIESGO DE LA INVERSIÓN DESDE LA PERSPECTIVA DEL PROYECTO

Dentro de análisis del proyecto el cálculo de rendimiento y recuperación de la inversión se puede observar que existe una recuperación de la inversión en el año

15, ya que se lograría recuperar la inversión de USD \$626.782.299,00, por lo que se nota que el proyecto es viable desde cualquier punto de vista, ya que la TIR y el VAN obtenidos son indicadores positivos diferentes de cero lo corrobora la viabilidad del proyecto.

El ahorro que el país obtendrá al entrar en funcionamiento este embalse en todo su potencial es significativo ya que todo aquello que antes se generaba como déficit ya sea por la importación o por el mantenimiento de unidades obsoletas para la producción de energía se traduciría en aporte positivo para el país eliminando paulatinamente estos rubros a fin de llegar a la tan ansiada “soberanía eléctrica”.

3.7 ANÁLISIS DE RIESGO DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO SEGÚN CICLO HIDROLÓGICO.

La rentabilidad que se puede obtener en la hidroeléctrica Paute – Mazar según el ciclo hidrológico corresponde al nivel de caudal ingresado para la generación de energía, en este caso con el análisis de los datos históricos, se obtienen los ciclos de lluvias más, y donde podría obtenerse una posible escasez de lluvia lo que perjudica directamente al proyecto, ya que este depende del 100% de sus lluvias, para la generación de energía eléctrica.

Como es costumbre la entrada en marcha del proyecto siempre trabajará bajo pérdidas hasta lograr el nivel óptimo de trabajo, dado que la condición mas critica la constituye el iniciar con las producciones más bajas al inicio de la operación de la central hidroeléctrica.

CAPITULO IV

4 ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO SEGÚN EL PMI

4.1 QUÉ ES EL PMI (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE)

El PMI está actualmente considerado la asociación profesional para la gestión de proyectos sin fines de lucro más grande del mundo, formada por más de 260.000 miembros alrededor de 171 países. Sus principales objetivos son:

1. Formular estándares profesionales,
2. Generar conocimiento a través de la investigación y;
3. Promover la gestión de proyectos como profesión a través de sus programas de certificación.

La dirección de proyectos consiste en la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer sus requisitos y alcanzar sus objetivos, para lo cual hay que identificar los requisitos, establecer objetivos claros y posibles, equilibrar las demandas concurrentes de calidad, alcance, tiempo y costos y adaptar las especificaciones, los planes y el enfoque a las diversas inquietudes y expectativas.

La disciplina de Project Management fue desarrollada en los Estados Unidos por el Project Management Institute (PMI) con el único objetivo de brindar a los directores de proyectos los conocimientos, destrezas y habilidades necesarias para cumplir con eficiencia y eficacia los objetivos de los proyectos²².

²² Project Management Institute. <http://www.pmi.org>

4.2 ¿QUÉ ES EL RIESGO?

El riesgo se define como la probabilidad de que la amenaza se materialice, debido a la existencia de una o varias vulnerabilidades de peso significativo. Siendo difícil de medir, sobretodo, cuando no se cuenta con datos estadísticos que lo respalden o avalen, por la tendencia de las organizaciones a ocultar incidentes, la localización geográfica, las culturas, leyes, criticidad, situación país, etc. También se define como una amenaza evaluada en cuanto a su probabilidad de ocurrencia (Frecuencia) y a la gravedad de sus consecuencias (Severidad)²³.

4.2.1 ¿CÓMO DETERMINAR EL RIESGO?:

Es inútil intentar eliminar el riesgo, y cuestionable el poder minimizarlo, sin embargo es esencial que los riesgos que se tomen sean los riesgos adecuados. Para determinar los riesgos adecuados de un proyecto, es necesario la identificación de todos los riesgos a los que está expuesto el mismo, al menos los conocidos u obvios. En principio hay acuerdo en que el riesgo tiene asociado dos conceptos;

1. Incertidumbre: El evento que lo caracteriza puede o no ocurrir (0 -100%)
2. Pérdida: Si el evento se produce, tendrá consecuencias (pérdidas).

En general los eventos que se identifican y pre visionan son los de impacto negativo, los positivos aún cuando son considerados por el PMI no pueden ser contabilizados según los principios contables y financieros²⁴.

²³ Metodología para el Análisis y Valoración de Riesgos en Proyectos

²⁴ (IRAM 17550). PMIBA – Mendoza Branch.

4.3 ¿QUÉ ES LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS?

Es el conjunto de estrategias tendientes a minimizar los riesgos asociados al funcionamiento de un sistema, con el fin de disminuir las pérdidas y garantizar su continuidad, la administración del riesgo representa un área de conocimiento, lo cual quiere decir que requiere de mucha atención, y además está sujeto a una serie de procesos para su identificación, valoración, mitigación y control, nace para suplir la necesidad del hombre de caracterizar con precisión el riesgo. Esta disciplina tiene como principales actividades la identificación, análisis, evaluación y control físico, lógico y financiero óptimos de los riesgos a que están expuestos los recursos de la entidad (o de los cuales es responsable, al menos en parte).

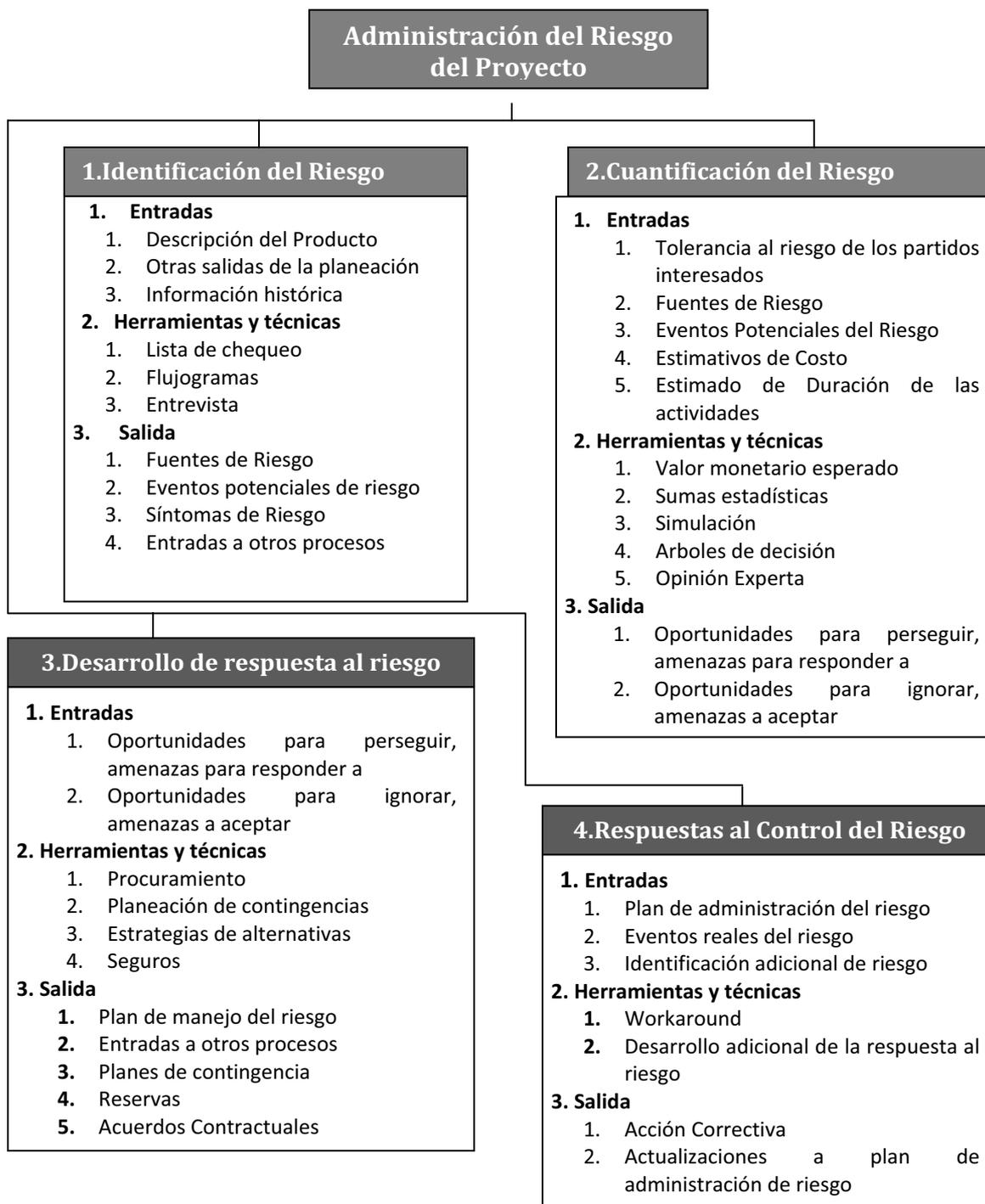
Según el Project Management Institute (PMI), los cuatro procesos que involucra la administración del riesgo del proyecto son:

1. **Identificación del Riesgo:** Determinar que riesgos tienen probabilidad de afectar el proyecto y documentar las características de cada uno.
2. **Cuantificación del Riesgo:** Evaluar el riesgo y las interacciones del riesgo para cuantificar el rango de posibles resultados del proyecto.
3. **Desarrollo de Respuesta al Riesgo:** Es definir los pasos de mejoramiento para las oportunidades y respuestas a amenazas.
4. **Control de Respuesta al Riesgo:** Es responder a cambios en el riesgo a través de la vida del proyecto.

Cada proceso involucra el esfuerzo de uno o más individuos o grupos de individuos basados en las necesidades del proyecto, cada proceso ocurre al menos una vez en cada fase del proyecto.

La Gráfica N° 26 provee una vista general de los siguientes procesos principales de la administración del riesgo en la cual se identifica tanto las entradas, herramientas y salidas para poder evaluar el riesgo del proyecto en este caso para la hidroeléctrica Paute –Mazar.

Gráfico No.26 Vista General de la Administración de Riesgo del Proyecto



Fuente: PMBOOK

4.4 ANÁLISIS DE LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGO DEL PROYECTO PAUTE – MAZAR SEGÚN EL PMI

4.4.1 IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO

4.4.1.1 Entradas a la identificación del riesgo

1. Descripción del producto

El producto involucrado en el análisis de la identificación de riesgo es la generación de energía mediante la construcción de Paute – Mazar, la hidroeléctrica está en la fase de finalización, por lo tanto el análisis de riesgo es financiero; sin embargo depende de variables, tanto técnicas como ambientales.

Técnicas, en el sentido de que se debe de realizar un plan para controlar posibles fallas en el manejo de la hidroeléctrica, y ambientales, en el sentido de que la producción de energía hidroeléctrica depende del caudal, esto quiere decir que si la precipitación es baja, el caudal es menor, lo que provocaría una disminución de la producción, que sería grave para los primeros años del proyecto.

2. Información histórica

Con la información histórica de los caudales medios mensuales que se posee de la hidroeléctrica Paute – Mazar será de utilidad para poder identificar riesgos potenciales, se tiene datos históricos del caudal medio mensual en m^3/s y de la producción de energía en GW/h correspondientes a 45 años desde 1964 hasta el año 2009, esto se utilizará para definir la probabilidad de que la potencia de generación de energía sea menor o mayor a la óptima para que el proyecto sea rentable.

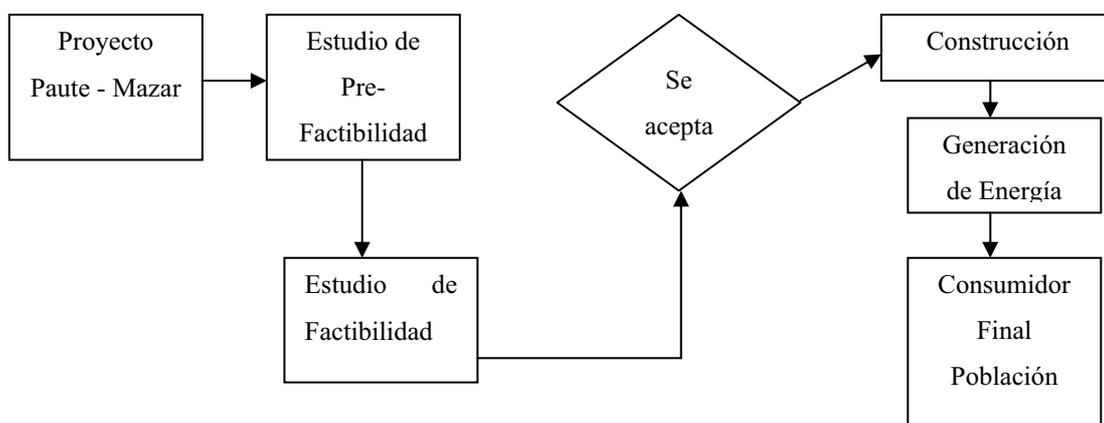
4.4.1.2 Herramientas y técnicas para la identificación del riesgo

Para la identificación del riesgo se procederá a la realización de:

1. Flujogramas

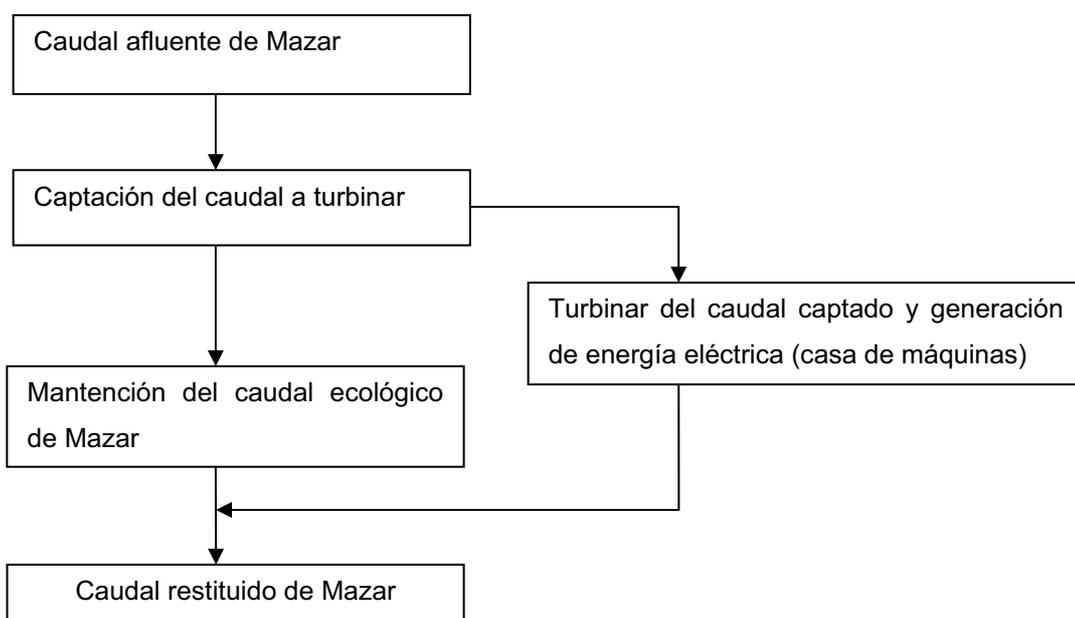
En este caso los flujogramas ayudarán a entender mejor las causas y efectos del riesgo para Paute - Mazar. Las causas y efectos para la hidroeléctrica se relacionarán para crear problemas o efectos potenciales.

Gráfico No.27 Flujograma del Diseño del Proyecto



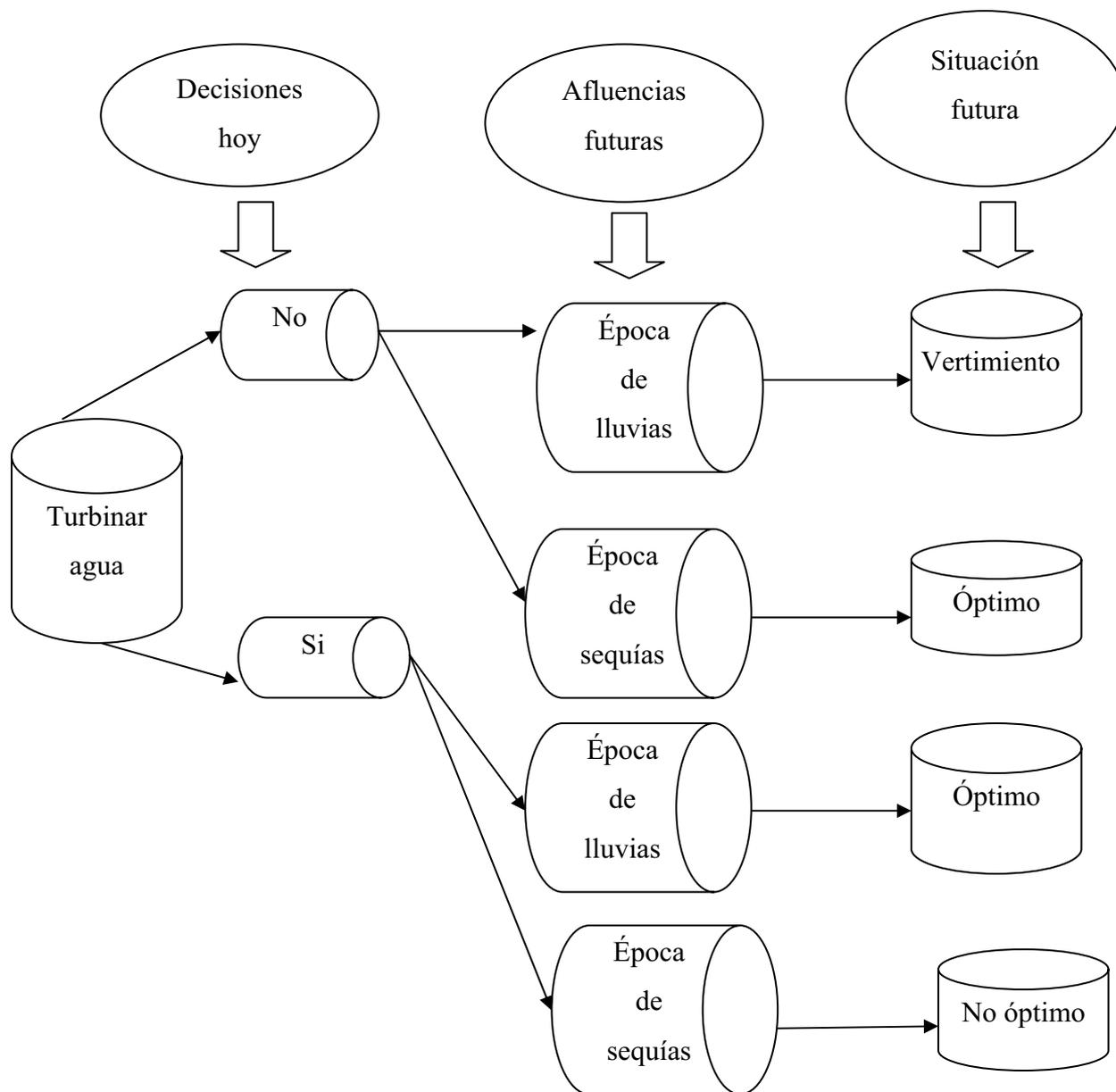
Elaboración: Las Autoras

Gráfico No.28 Flujograma del Caudal de Mazar



Elaboración: Las Autoras

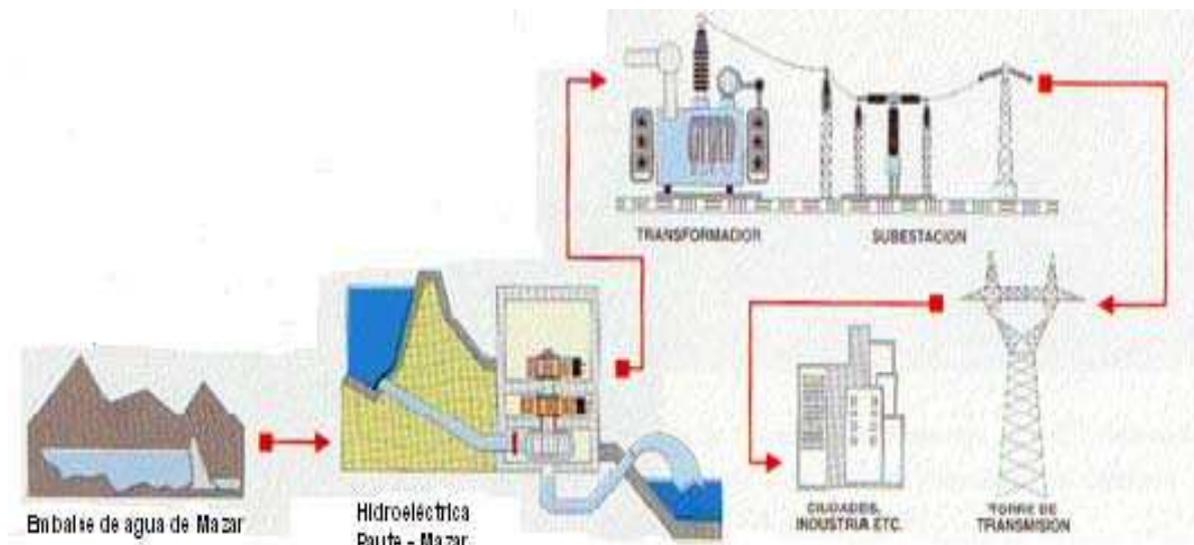
Gráfico No.29 Flujograma del Embalse de Mazar



Elaboración: Las Autoras

En los gráficos 27, 28 y 29 se describe los flujogramas para el diseño del proyecto, caudal y embalse de Mazar, donde se indica los pasos a seguir para el inicio y puesta en marcha del proyecto hidroeléctrico Paute – Mazar. Se indica además, la captación del caudal hacia la central, y los niveles del embalse y lo que pasaría si se turbinaba o no el agua ingresada a la hidroeléctrica.

Gráfico No.30 Flujograma del Proyecto en Marcha



Elaboración: Las Autoras

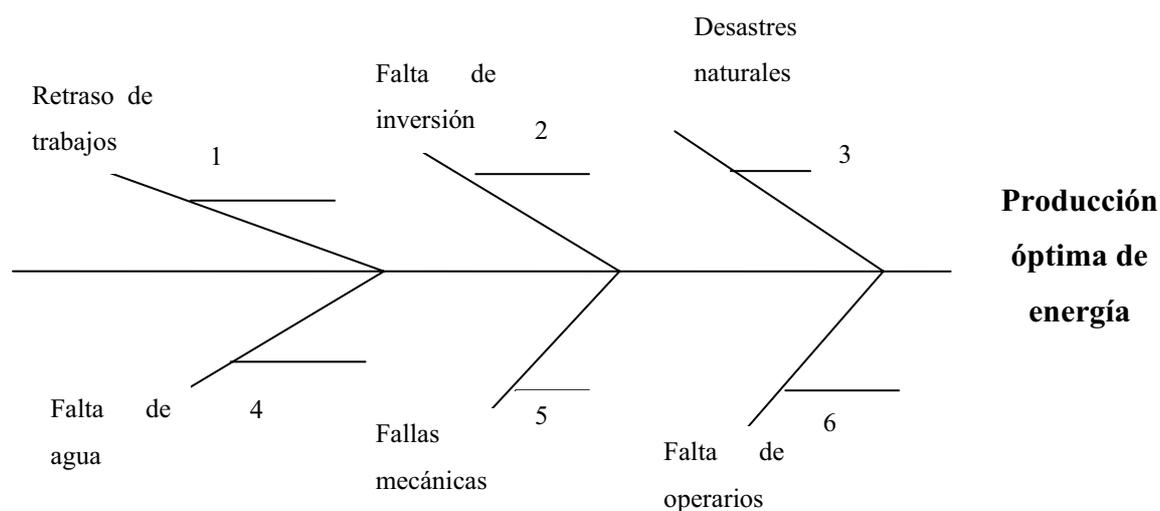
Se puede observar en el gráfico No. 30 que el agua captada será conducida hacia la central mediante una obra de aducción (canal y túnel), luego de lo cual ingresará a una tubería en presión que permitirá aumentar la energía cinética del agua, mantener constante el caudal y conducir el fluido hacia las turbinas.

El flujo de agua mueve las turbinas a una frecuencia constante, produciendo energía mecánica de rotación, mediante un eje acoplado a la turbina la energía mecánica es transferida al generador, donde es transformada en energía eléctrica. Posteriormente, el agua utilizada para hacer girar las turbinas es devuelta al cauce natural del río mediante una obra de devolución, donde el caudal desviado se junta con el caudal ecológico que se mantendrá permanentemente en el río y finaliza el proceso productivo de la central.

Se puede observar que existe una relación desde la construcción del embalse llegando sus aguas hacia la hidroeléctrica (casa de máquinas), siendo esta turbinada y tornada en energía, para luego pasar por el transformador, subestación de energía, torres de transmisión hasta llegar al consumidor final que en este caso es el territorio nacional del Ecuador.

La generación de electricidad de la central se estima un total aproximado de 800 GWh anuales, los que serán entregados al Sistema Nacional Interconectado eventualmente, la central hidroeléctrica dejará de funcionar cuando no se cumplan las condiciones mínimas que garanticen el buen funcionamiento de las turbinas, ya sea por exceso de caudal (una crecida que ponga en peligro la obra de toma o que contenga un arrastre de sedimentos importantes), por caudales muy bajos, o en los períodos de mantenimiento y/o reparación. Este es el riesgo más acertado en este proyecto ya que podría dejarse de aportar a la generación de energía eléctrica para el país, y principalmente cuando el proyecto entre en funcionamiento se preverá pérdidas financieras como en todo proyecto hasta obtener su óptimo y trabajar con normalidad y generar utilidades para el estado.

Gráfico No.31 Diagrama Causa - Efecto



Elaboración: Las Autoras

1. Falta de dinero
2. Falta de aporte del Gobierno central
3. Deslaves, terremotos
4. Falta de lluvias en la región
5. Falta de control y mantenimiento a la maquinaria
6. Falta de solvencia, huelgas, falta de pagos a los operarios

En el diagrama causa – efecto (Gráfico No. 31) se puede observar que nuestro objetivo principal es la producción de energía ya que con esto se puede verificar la rentabilidad del proyecto en sí, aquí intervienen las causas principales que puede provocar el fracaso y el no deseo de inversión.

La falta de lluvias el principal enemigo ya que de esto depende la producción de energía, a esto se añade más puntos como la falta de inversión para el proyecto, ya que si no existe los recursos económicos necesarios no se puede concluir la construcción de la represa, y sobre todo la entrada en funcionamiento de la misma.

4.4.1.3 Salidas de la identificación del riesgo

1. Fuentes de riesgo.

Los posibles eventos de riesgo que pueden afectar al proyecto hidroeléctrico Paute – Mazar, se lo puede identificar a través de las variables: caudal medio mensual de Mazar, producción de energía ya que a través de estas se podrá verificar si la hidroeléctrica trabajará al 100 % o hasta que nivel de potencia puede generar para que no exista un riesgo en la inversión, además con la generación de energía se puede verificar si el precio de Kw/h establecido para esta hidroeléctrica es el óptimo y no ocasiona pérdidas al mercado eléctrico. Y a raíz del un análisis histórico e identificación de probabilidades de caudal y energía, se presenta un cuadro, el cual es la salida para una etapa posterior que es la cuantificación del riesgo.

2. Eventos potenciales de riesgo

Los eventos potenciales de riesgo serán las ocurrencias discretas tales como desastres naturales, que en este caso es muy probable ya que en la construcción de este proyecto existen factores externos de peligro, pero el principal riesgo que corre es la culminación del proyecto por la falta de inversión.

Se ha podido identificar los siguientes tipos de riesgos para la hidroeléctrica Paute – Mazar.

Tabla No.28 Eventos Potenciales de Riesgo

ORIGEN	TIPO	SUB TIPO	FUENTE	FRECUENCIA	PESO FRECUENCIA	SEVERIDAD	PESO SEVERIDAD	PESO TOTAL EVENTO	RPM	EVENTOS
externo	Natural		experiencia	casi seguro	4	significante	4	16	RPM 01	Caudal menor al medio mensual
externo	Natural		experiencia	Raro	2	moderada	2	4	RPM 02	Deslaves en el recorrido del río
externo	Natural		experiencia	Raro	2	moderada	2	4	RPM 03	Deslaves en taludes del embalse
interno	operativo	tecnológico	diseño	casi nulo	1	significante	4	4	RPM 04	Daño de Presa
interno	operativo	tecnológico	diseño	casi nulo	1	significante	4	4	RPM 03	Daño de compuertas
interno	operativo	tecnológico	diseño	casi nulo	1	significante	4	4	RPM 04	Daño de Túnel de carga
interno	operativo	tecnológico	diseño	casi nulo	1	moderada	2	2	RPM 05	Daños en vías de acceso
externo	natural		experiencia	casi nulo	1	significante	4	4	RPM 06	Problemas geológicos
interno	operativo	tecnológico	diseño	casi nulo	1	significante	4	4	RPM 07	Daño de válvulas y accesorios
interno	operativo	tecnológico	diseño	casi nulo	1	significante	4	4	RPM 08	Daños en sistema hidráulico restante
interno	operativo	tecnológico	diseño	casi nulo	1	significante	4	4	RPM 09	Daño de Turbinas
interno	operativo	tecnológico	diseño	casi nulo	1	significante	4	4	RPM 10	Daño de Generadores
interno	operativo	tecnológico	diseño	casi nulo	1	significante	4	4	RPM 11	Daño de sistemas auxiliares
interno	operativo	tecnológico	diseño	casi nulo	1	significante	4	4	RPM 12	Daño en sistema informático
interno	operativo	tecnológico	diseño	casi nulo	1	significante	4	4	RPM 13	Daño en Subestación de elevación
interno	operativo	tecnológico	diseño	casi nulo	1	significante	4	4	RPM 14	Daño en línea de transmisión
interno	operativo	personas	incumplimiento	casi nulo	1	moderada	2	2	RPM 15	Problemas laborales
externo	operativo	personas	experiencia	casi nulo	1	significante	4	4	RPM 16	Terrorismo o ataque externo
externo	mercado	demanda	experiencia	probable	3	fuerte	3	9	RPM 17	Variación de demanda
externo	mercado	proveedor	experiencia	probable	3	moderada	2	6	RPM 18	Aumento en los costos de combustible
interno	mercado	proveedor	Abuso	casi nulo	1	moderada	2	2	RPM 19	Confiabilidad en lo proveedores
externo	regulación		Experiencia	probable	3	moderada	2	6	RPM 20	Inestabilidad económica del

ORIGEN	TIPO	SUB TIPO	FUENTE	FRECUENCIA	PESO FRECUENCIA	SEVERIDAD	PESO SEVERIDAD	PESO TOTAL EVENTO	RPM	EVENTOS
										país
externo	regulación	demanda	Experiencia	probable	3	significante	4	12	RPM 21	Problemas estructurales del mercado de energía eléctrica
externo	mercado		Experiencia	probable	3	significante	4	12	RPM 22	Volatilidad de las variables macroeconómicas
externo	natural		Experiencia	Raro	2	significante	4	8	RPM 23	Fenómenos de naturaleza: terremotos
externo	mercado	política	Experiencia	probable	3	significante	4	12	RPM 24	Inestabilidad política
externo	mercado		Experiencia	probable	3	significante	4	12	RPM 25	Variación en las tasas de interés
interno	operativo	procesos	Diseño	casi nulo	1	insignificante	1	1	RPM 26	Reglamento no acorde con la realidad tecnológica de la hidroeléctrica
interno	operativo	procesos	Incumplimiento	casi nulo	1	significante	4	4	RPM 27	Incumplimiento total o parcial a las regulaciones ambientales
interno	operativo	tecnológico	Diseño	casi nulo	1	fuerte	3	3	RPM 28	Obsolencia tecnológica
interno	liquidez		Planeación	probable	3	significante	4	12	RPM 29	Rentabilidad esperada menor al costo del capital empleado
interno	operativo	procesos	Planeación	casi nulo	1	fuerte	3	3	RPM 30	Aumento de los costos y gastos operacionales de la empresa
externo	mercado		Planeación	casi nulo	1	fuerte	3	3	RPM 31	Disminución de la participación del mercado.
interno	operativo	procesos	Diseño	Raro	2	significante	4	8	RPM 32	Disminución de la eficiencia de la hidroeléctrica
interno	operativo	procesos	Planeación	Raro	2	fuerte	3	6	RPM 33	Altos costos administrativos
interno	operativo	procesos	Planeación	casi nulo	1	significante	4	4	RPM 34	Inadecuado manejo de responsabilidad social en la hidroeléctrica
interno	operativo	procesos	Planeación	casi nulo	1	fuerte	3	3	RPM 35	Procesos tecnológicos no alineados con los procesos estratégicos
interno	operativo	procesos	Incumplimiento	casi nulo	1	fuerte	3	3	RPM 36	Pago inoportuno de las obligaciones contractuales: proveedores, empleados.

Elaboración: Las Autoras

En la tabla No. 28, se puede observar la matriz de eventos potenciales de riesgo, la misma que permite identificar los tipos de riesgo y el perfil inicial de riesgo inmerso en la hidroeléctrica Paute - Mazar, esta es una forma de cuantificar el riesgo de manera cualitativa basada en la administración del riesgo.

4.4.2 CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO

4.4.2.1 Entrada a la cuantificación del riesgo

La cuantificación del riesgo del proyecto Paute – Mazar involucra el riesgo y las interacciones del riesgo para evaluar el rango de posibles resultados a obtener.

Gráfico No.32 Matriz de Riesgo de Paute – Mazar

CASI SEGURO (4)	4	8	12	RPM 01 16
PROBABLE (3)	3	RPM 20 /RPM22 / 6	RPM 19 9	RPM 23/ RPM 24/ RPM 26/ RPM 27/ RPM 31 12
RARO (2)	RPM 02 / RPM 03 2	RPM 02 /RPM03 / 4	RPM 20 6	RPM 25 / RPM 34 8
CASI NULO (1)	RPM 28 1	RPM 07 / RPM 17 / RPM 21 2	RPM 30 / RPM 32 / RPM 33 /RPM 37 / RPM 38 3	RPM04 / RPM 05/ RPM 06 /RPM07 / RPM08 / RPM 09 / RPM 10 /RPM11 / RPM12 / RPM 13/ RPM 14 /RPM15 / RPM16 / RPM 18 /RPM29 / RPM36 4
	INSIGNIFICANT E (1)	MODERADO (2)	FUERTE (3)	SIGNIFICANTE (4)

Elaboración: Las Autoras

En el gráfico N° 32 se puede observar la matriz que representa la intensidad y la probabilidad de ocurrencia de los eventos de riesgo descritos, en la zona de color rojo se muestra los eventos de riesgo a los cuales se debe dar prioridad pues son los más alta probabilidad y de mayor severidad, esto no implica desatender al resto de eventos encontrados, ya que todos deben ser considerados en los planes de mitigación.

Tabla No.29 Eventos Alta Probabilidad y Severidad

EVENTOS DE ALTA PROBABILIDAD Y SEVERIDAD
Caudal menor al medio mensual
Variación de demanda
Problemas estructurales del mercado de energía eléctrico
Volatilidad de las variables macroeconómicas
Fenómenos de naturaleza: terremotos
Inestabilidad política
Variación en las tasas de interés
Rentabilidad esperada menor al costo del capital empleado
Disminución de la eficiencia de la hidroeléctrica

Elaboración: Las Autoras

La tabla 29 muestra los eventos de riesgo con los que se deben trabajar con mayor énfasis ya que al estos presentarse causarían grandes pérdidas en términos económicos para el proyecto.

Tanto para la mitigación como para su control se debe determinar ciertas actividades como son:

- Modificación al sistema
- Capacitación al personal
- Reportes con cifras de control
- Redefinir funciones
- Planes de contingencia

Es en esta etapa en donde las siguientes fases de la administración del riesgo se deben aplicar, el desarrollo de respuesta al riesgo tomando en consideración la oportunidades y amenazas posibles, una vez planteada los planes de mitigación es necesario controlar el desarrollo de las respuestas dadas pudiendo ser estas mientras se ejecuta el proyecto o a término, una vez implantado el plan de mitigación y llevado a su etapa final.

Se debe generar los indicadores de riesgo los cuales permitirán dar un seguimiento periódico de la evolución del nivel de riesgo, alertar de situaciones

graves de riesgo y verificar el impacto en el nivel de riesgo de las acciones correctoras.

Indicadores del Riesgo

- Estadística de actividad
- Base de datos de incidencia y eventos de pérdida
- Reportes de cifras de control
- Reportes para análisis de conciliaciones
- Grado de implementación de las recomendaciones de los auditores
- Indicadores de evolución en tiempo real

La mitigación o eliminación de los riesgos se ira presentando conforme mas instrumentados se encuentren los controles de cada riesgo.

Las matrices de riesgo, los controles e indicadores de riesgo son bases de información indispensable que debe reunirse en la aplicación de esta metodología para la administración del riesgo.

Para este análisis también se debe tomar en cuenta las oportunidades y amenazas que pueden interactuar en este proyecto, siendo la entrada principal en este caso la identificación de riesgo.

Para poder considerar de una manera más eficaz el riesgo de Paute - Mazar se realiza un análisis FODA²⁵, el análisis de la matriz FODA de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas como indica la Tabla No.29, ayudará a desarrollar cuatro tipos de estrategias: estrategias de fuerzas y debilidades, estrategias de debilidades y oportunidades, estrategias de fuerzas y amenazas y estrategias de debilidades y amenazas para Paute – Mazar como se observa en la Tabla No. 30.

²⁵ El análisis FODA es una de las herramientas esenciales que provee de los insumos necesarios al proceso de planeación estratégica, proporcionando la información necesaria para la implantación de acciones y medidas correctivas y la generación de nuevos o mejores proyectos de mejora.

Tabla No.30 Matriz FODA para Paute – Mazar

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Tiene generación propia. • Transforma la energía secundaria en firme. • Incrementa la generación promedio anual. • Sustituye la energía térmica • Ahorro de dinero • Reducción de contaminación ambiental • Reducción anual de sedimentos a depositarse en Amaluza • Evitará racionamientos en épocas de estiaje • Construcción de vías de acceso y de integración con comunidades de Azuay y Cañar • Costos bajos de producción de energía • Mejor oferta de energía eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor desarrollo y oferta energética para el país • Incremento de oportunidades laborales • Expansión de energía eléctrica • Acceso a recursos tecnológicos y financieros • Mayor oportunidades de empleo hacia las comunidades • Desarrollo de nuevos negocios • Mayor comunicación entre comunidades
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Importación de energía • Altos costos de energía • Contaminación ambiental • Oferta no acorde con las necesidades del país • Falta de lluvias • Embalse vacío • Eficiencia productiva no es la adecuada 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de inversión en el proyecto • Demora en la construcción • Falta de atención por parte de los gobiernos de turno • Falta de control y mantenimiento • Deterioro del sistema de transmisión y distribución de la energía producida. • Desastres naturales • Mala administración de recursos

Elaboración: Las Autoras

La Matriz FODA de Paute - Mazar, muestra cuatro estrategias conceptualmente distintas. Estas estrategias se traslapan o pueden ser llevadas a cabo de manera concurrente y de manera concertada.

Al tener determinar los principales elementos de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, y realizar un análisis de cómo afecta cada uno de los elementos de FODA al proyecto Paute - Mazar y después de obtener una relación lo más exhaustiva posible, se ponderan y ordenan por importancia cada uno de los FODA a efecto de quedarnos con los que revisten mayor importancia para la hidroeléctrica.

Estrategias.

1. **La Estrategia DA (Mini-Mini):** El objetivo de la estrategia **DA** (Debilidades –vs- Amenazas), es el de minimizar tanto las debilidades como las *amenazas*.

Si Paute – Mazar estuviera enfrentada sólo con amenazas externas y con debilidades internas, pudiera encontrarse en una situación totalmente precaria, de hecho, si la hidroeléctrica pasará por este problema tendría que luchar por su supervivencia o tendría que llegar hasta su liquidación. Pero existen otras alternativas, en el caso de la hidroeléctrica Paute – Mazar se podría reducir sus operaciones buscando ya sea sobreponerse a sus debilidades o para esperar tiempos mejores, cuando desaparezcan esas amenazas. Sin embargo, cualquiera que sea la estrategia seleccionada, la posición DA se deberá siempre tratar de evitar.

2. **La Estrategia DO (Mini-Maxi).** La segunda estrategia, **DO** (Debilidades –vs-Oportunidades), intenta minimizar las debilidades y maximizar las *oportunidades*. En Paute – Mazar se podría identificar oportunidades en el medio ambiente externo pero tener debilidades organizacionales que le eviten aprovechar las ventajas del mercado.

3. **La Estrategia FA (Maxi-Mini).** Esta estrategia **FA** (Fortalezas –vs- Amenazas), se basa en las *fortalezas* que se puede encontrar en Paute - Mazar y que se pueden copar con las *amenazas* del medio ambiente externo. Su objetivo es maximizar las primeras mientras se minimizan las segundas. Esto, sin embargo, no significa necesariamente que a Paute - Mazar tenga que dedicarse a buscar amenazas en el medio ambiente externo para enfrentarlas. Por lo contrario, las fortalezas de la hidroeléctrica deben ser usadas con mucho cuidado y discreción.

4. **La Estrategia FO (Maxi-Maxi).** A Paute – Mazar le convendría estar siempre en la situación donde pudiera maximizar tanto sus *fortalezas* como sus *oportunidades*, es decir aplicar siempre la estrategia **FO** (Fortalezas –vs-Oportunidades).

Lo más conveniente para la hidroeléctrica será trabajar a partir de las fortalezas para aprovechar las oportunidades y si existen debilidades, lo primordial es que se las convierta en fortalezas, afrontando las amenazas, para así poder enfocarse en las oportunidades.

Tabla No.31 Estrategias para FODA de Paute – Mazar

<p style="text-align: center;">FACTORES INTERNOS</p> <p style="text-align: center;">FACTORES EXTERNOS</p>	<p style="text-align: center;">LISTA DE FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reducción de Contaminación Ambiental. - Reducción anual de sedimentos. - Construcción de nuevas vías de acceso. - Evitará racionamientos en épocas de estiaje. - Ahorro de dinero 	<p style="text-align: center;">LISTA DE DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Producción insuficiente - Descuido de las instalaciones. - Mala administración de recursos económicos.
<p style="text-align: center;">LISTA DE OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mayor desarrollo de oferta energética para el país. - Incremento de oportunidades laborales. - Mayor acceso a recursos tecnológicos. - Desarrollo de nuevos negocios. 	<p style="text-align: center;">FO (Maxi – Maxi)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Optimización de recursos financieros y operativos. 	<p style="text-align: center;">DO (Mini – Maxi)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plan de operación anual para la hidroeléctrica.
<p style="text-align: center;">LISTA DE AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Falta de inversión para el proyecto. - Demora en la construcción. - Falta de control y mantenimiento. - Desastres naturales. - 	<p style="text-align: center;">FA (Maxi - Mini)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plan de contingencias y riesgos laborales para la hidroeléctrica. 	<p style="text-align: center;">DA (Mini – Mini)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cumplimiento de garantías para la construcción de la hidroeléctrica

Elaboración: Las Autoras

4.4.2.2 Herramientas y Técnicas de la cuantificación de riesgos

La principal herramienta usada en este análisis es la que se basan en probabilidades y simulaciones es decir Simulación de Montecarlo.

Para realizar un análisis de la cuantificación de riesgos se utiliza el criterio del Valor Actual Neto (VAN) y de la Tasa Interna de Retorno (TIR).

➤ Cuantificación del Riesgo a través del Análisis del VAN

Para realizar el análisis de cuantificación del riesgo se seguirán los siguientes pasos:

1. Valor monetario esperado

Para poder obtener el valor esperado económico se debe tomar en cuenta las probabilidades del evento de riesgo, estimando de que los eventos de riesgo ocurran o no. En este caso se obtiene un valor de dinero esperado, es decir un VAN positivo en todos los escenarios analizados.

Tabla No.32 Percentiles para el Valor actual (VAN)

PERCENTILES	VAN
0%	119.567.944,50
10%	245.224.265,71
20%	275.755.549,95
30%	296.538.846,39
40%	313.126.687,17
50%	327.875.493,32
60%	343.685.836,01
70%	359.149.559,25
80%	381.002.833,50
90%	413.446.618,92
100%	534.340.390,88

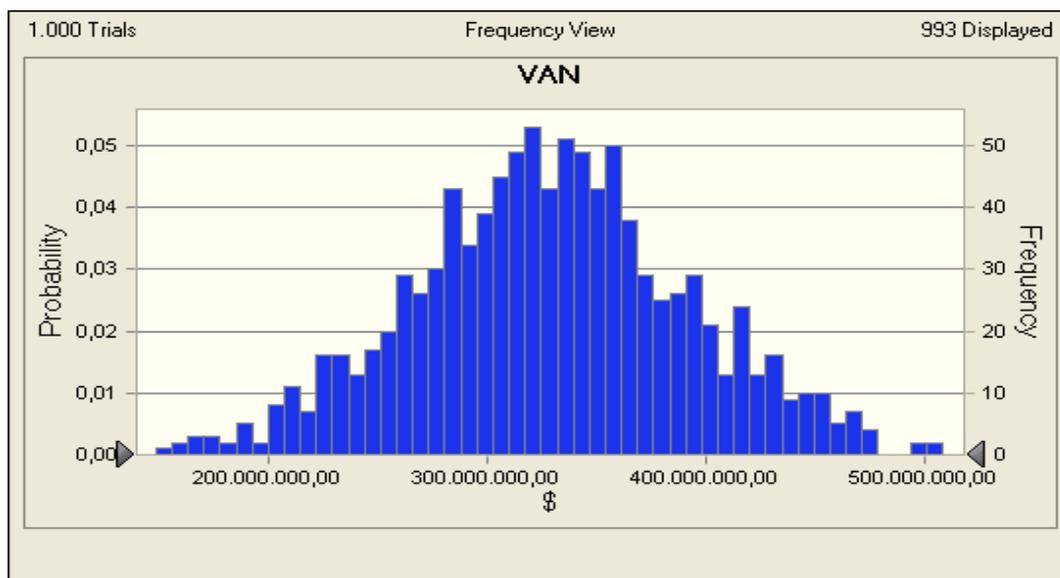
Elaboración: Las Autoras

En la tabla No. 32 se observa que en forma similar se puede asumir que el VAN sigue una distribución de probabilidades de tipo normal con media VAN, y desviación estándar VAN. Se puede apreciar que para mi percentil del 100% obtendré un VAN de 534.340.390,88 millones de dólares.

2. Pronóstico del Valor Actual Neto Económico

Se utiliza los pronósticos para el análisis del VAN (Valor actual neto) y se obtiene una gráfica como se muestra en el Gráfico No. 32, después de haber realizado 1000 iteraciones se encuentra la distribución del VAN.

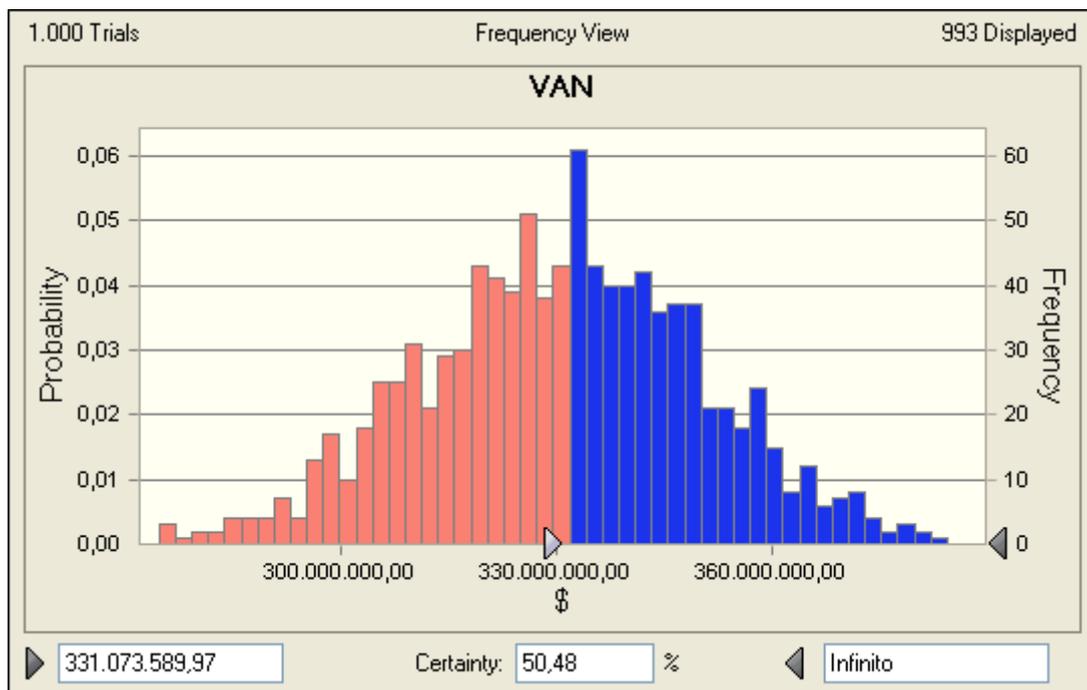
Gráfico No.33 Distribución del Valor Actual Neto (VAN)



Elaboración: Las Autoras

En el gráfico No. 33 se analiza que la probabilidad que el VAN sea mayor que cero, habiendo efectuado, la simulación correspondiente se puede determinar que el VAN está entre los USD \$200.000.000,00 y los USD \$500.000.000,00

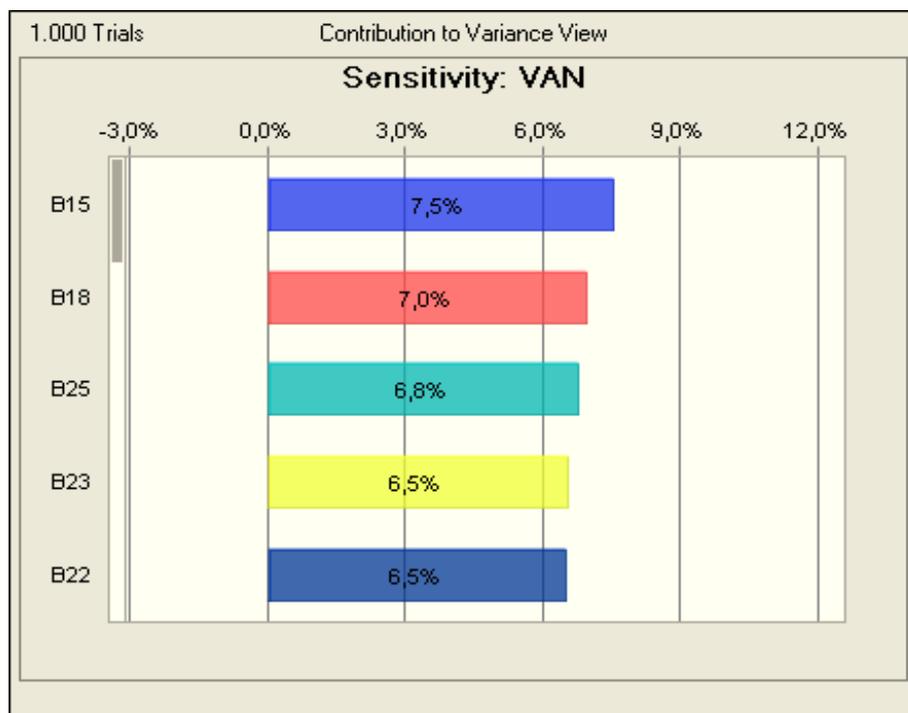
Gráfico No.34 Probabilidad del Valor Actual Neto ≥ 0



Elaboración: Las Autoras

El gráfico No. 34, muestra que con este método se puede obtener, que la probabilidad de tener un resultado positivo asciende al 50,48% y existe un 49,52% de probabilidad de perder el dinero.

El VAN sigue una distribución normal, con una media de 330.776.640,40 millones de dólares y una desviación estándar de 20.009.618,57 millones de dólares, es decir, un coeficiente de variabilidad de 0,0605, lo que representa el nivel de incertidumbre asociado al proyecto. Igualmente se identificó la proporción con la que contribuyen las variables de entrada en la varianza del VAN.

Gráfico No.35 Análisis de Sensibilidad del Valor Actual Neto (VAN)

Elaboración: Las Autoras

En el Gráfico No. 34 se muestra el análisis de sensibilidad del VAN señalando los distintos años de flujos efectivos del proyecto que pueden tener una mayor o menor influencia en la determinación del VAN, se muestra la sensibilidad que tendrían un impacto sobre la determinación del valor actual neto, es decir, en el año 10 se tiene una sensibilidad del VAN positiva del 7,5%, en tal sentido en el año 17, se tendrá un impacto del 6,5% sobre el VAN.

Tabla No.33 Escenarios de TIR y VAN para la producción de energía de Paute – Mazar

CAPACIDAD	VAN (\$)	TIR (%)
INSTALADA 160 MW	331.073.589,97	4,00%
PROMEDIO 96,05 MW	249.237.986,29	2,22%
MÁXIMA 139,94 MW	211.585.668,04	2,69%
MÍNIMA 59,93 MW	284.754.965,50	1,55%

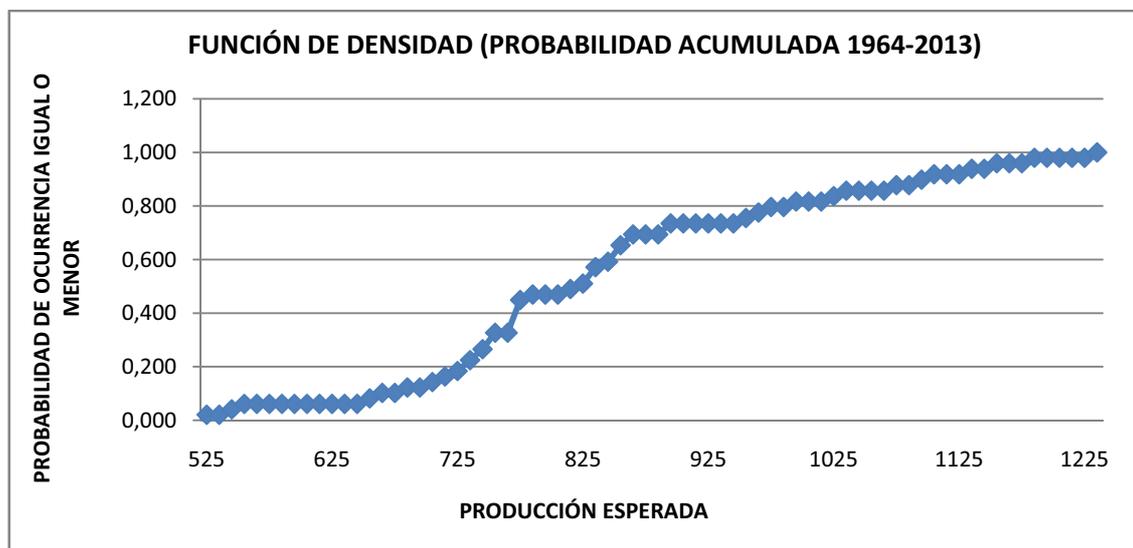
Elaboración: Las Autoras

Se puede observar en la tabla No. 33 que en los escenarios de cálculo del TIR y del VAN para cada caso con producción máxima, mínima y promedio existen las probabilidades de cumplir o no con el óptimo de generación de energía eléctrica, es decir que en el caso de una producción mínima se trabajaría con una potencia de 59,95 MW lo que indica que no se lograría satisfacer con la demanda de energía proyectada para ella puesta en marcha del proyecto, siendo además que el TIR es de 1,55%, pero mayor que cero, lo que indica a pesar de todo que el proyecto sigue siendo viable a pesar de tener un escenario bajo para la generación de energía, y trabajando a una capacidad menor al 50%.

3. Simulación

El resultado obtenido de la simulación de caudales de Mazar es usado para cuantificar el riesgo, observándose así diferentes estrategias para el proyecto Paute – Mazar.

Gráfico No.36 Probabilidad Acumulada de Producción de Energía

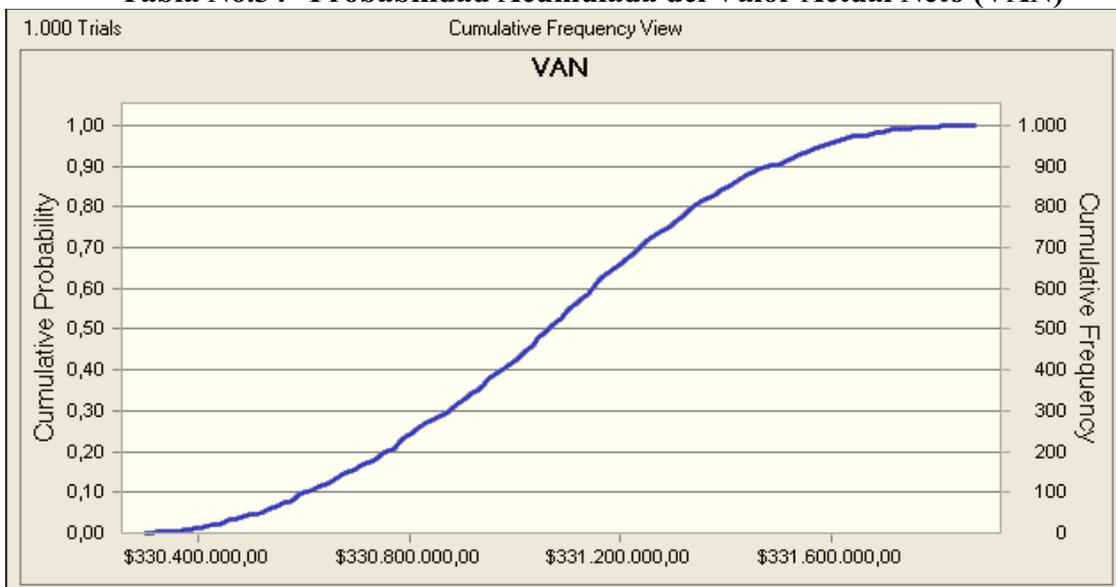


Elaboración: Las Autoras

El gráfico No. 36 muestra la probabilidad acumulada de la generación de energía del proyecto hidroeléctrico Paute – Mazar, es decir en la línea de la curva se

puede observar que hay una probabilidad del 65% que exista una generación de energía de 855 GWh anuales.

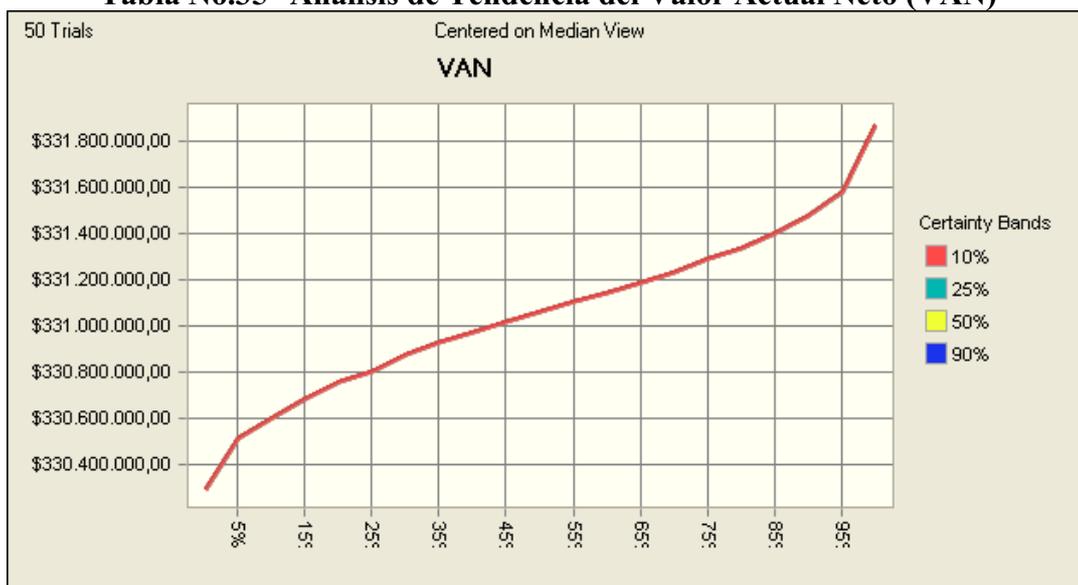
Tabla No.34 Probabilidad Acumulada del Valor Actual Neto (VAN)



Elaboración: Las Autoras

En el Gráfico No. 37, se observa las probabilidades acumuladas del valor actual neto (VAN) es decir se tiene una probabilidad del 20% de alcanzar un VAN de USD \$330'800.000.00.

Tabla No.35 Análisis de Tendencia del Valor Actual Neto (VAN)

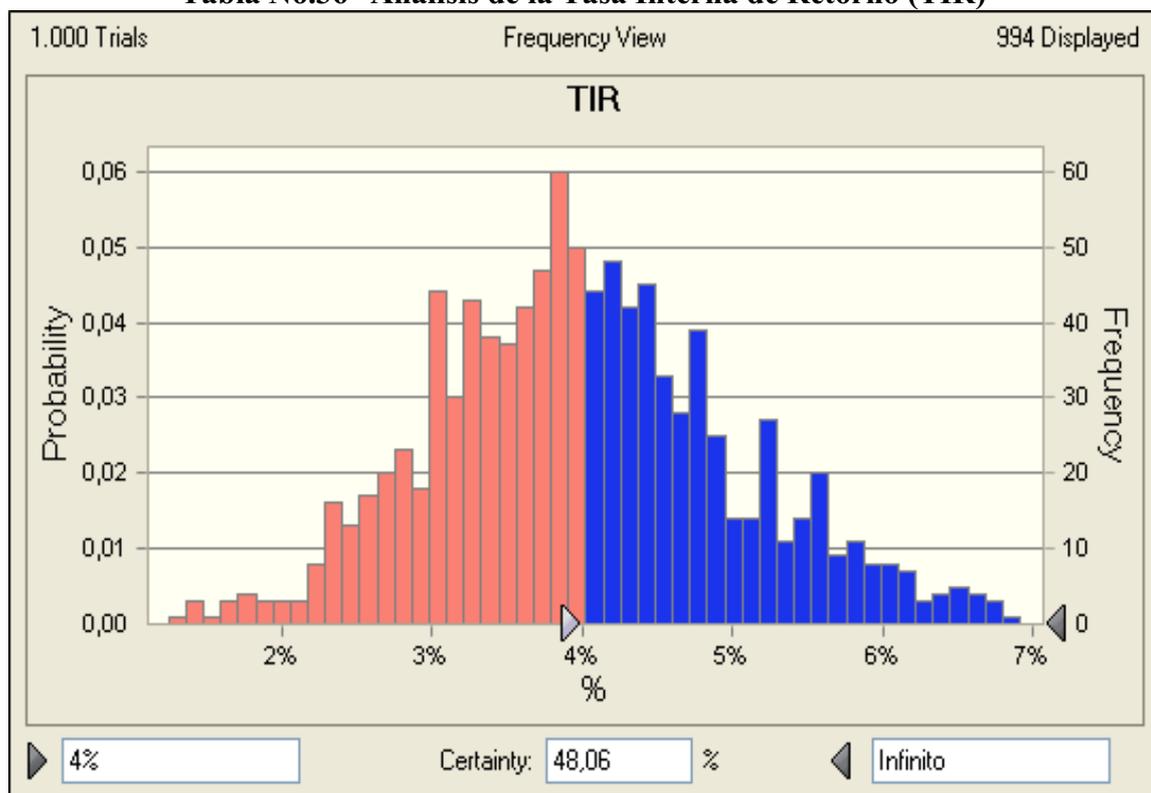


Elaboración: Las Autoras

En el Gráfico No. 38, se puede observar el mapa de tendencia que señala el nivel de confianza para los percentiles correspondientes a las líneas de tendencia de riesgo, asignado un nivel de incertidumbre a cada probabilidad, es decir entre mayor sea el VAN que se desea obtener mayor será el riesgo asociado.

➤ **Cuantificación del Riesgo a través del Análisis de la TIR**

Tabla No.36 Análisis de la Tasa Interna de Retorno (TIR)



Elaboración: Las Autoras

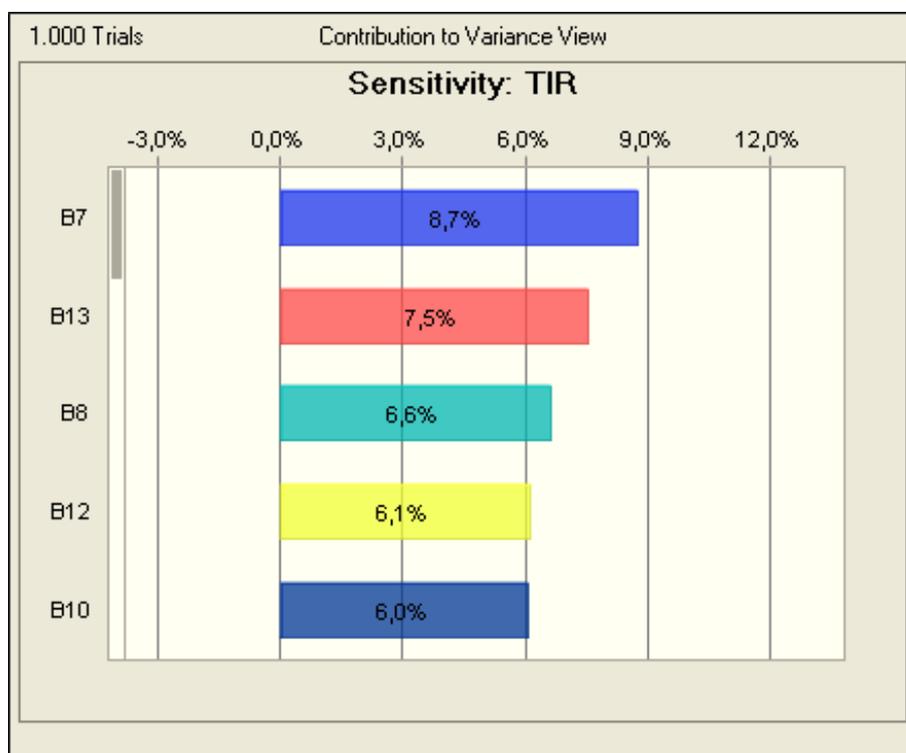
En el Gráfico No. 39, se observa la variación de la tasa interna de retorno (TIR) y las probabilidades de ocurrencia, es decir que se obtiene un 48,6% de certeza que mi TIR sea del 4% para una capacidad instalada de 160 MW de producción de potencia de Paute - Mazar.

Tabla No.37 Percentiles y Pronósticos para la TIR

Percentiles	Pronósticos
0%	1%
10%	3%
20%	3%
30%	3%
40%	4%
50%	4%
60%	4%
70%	4%
80%	5%
90%	5%
100%	8%

Elaboración: Las Autoras

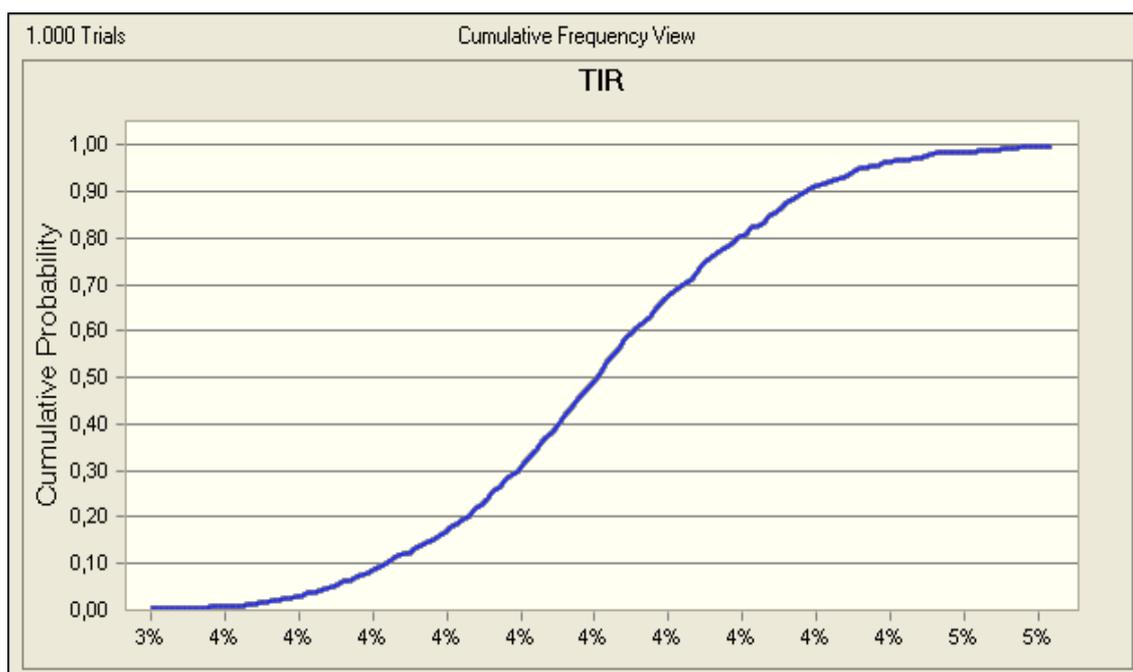
En la Tabla No. 34, se aprecia los percentiles y la variación de la tasa interna de retorno que va desde el 4% hasta el 8%. Es decir que mi tasa interna de retorno de 4% está dentro de los percentiles del 40% al 70%.

Gráfico No.37 Análisis de Sensibilidad de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

Elaboración: Las Autoras

El Gráfico No. 40, indica la sensibilidad de la tasa interna de retorno (TIR), se señala así lo diferentes años de flujos de efectivo del proyecto, es decir que la variación de porcentaje es del 6% al 8,7% obteniendo en el año 7 una sensibilidad del 8,7%.

Gráfico No.38 Probabilidad Acumulada de Tasa Interna de Retorno (TIR)



Elaboración: Las Autoras

En el Gráfico No. 41, se observa las frecuencias acumuladas de la TIR la variación va del 3% al 5%, es decir que para obtener un TIR del 4% para la generación de potencia de 160Gwh anuales obtengo probabilidades acumuladas del 0 al 90%.

4.4.2.3 Salidas de la cuantificación del riesgo

1. Oportunidades para perseguir amenazas para responder

Las salidas son los posibles factores que pueden incidir en el riesgo de una baja rentabilidad en los primeros años, causa de bajo caudal por sequías o mal funcionamiento de la planta.

4.4.3 DESARROLLO DE RESPUESTA AL RIESGO

El desarrollo de respuesta al riesgo para Paute - Mazar involucra definir los pasos de mejoramiento de oportunidades y respuestas de amenazas inmersas para la hidroeléctrica.

Para el desarrollo de respuesta al control de riesgo, se desprenden lo siguientes puntos que se deben considerar.

4.4.3.1 Entradas al control del riesgo

El control de respuesta al riesgos para a la hidroeléctrica Paute – Mazar estan inmersos tres puntos importantes.

1. Eliminar el riesgo
2. Mitigar el riesgo
3. Aceptar el riesgo

No se puede eliminar por completo el riesgo, pero sí eventos específicos, en cambio para la mitigación del riesgo se puede reducir los valores económicos esperados de los eventos para así reducir la probabilidad de ocurrencia. En el análisis de Paute – Mazar se tiene que tomar las dos primeras opciones (eliminar y mitigar el riesgo), ya que aceptar el riesgo es la no ejecución del proyecto, ya que éste depende de la rentabilidad.

4.4.3.2 Herramientas y Técnicas para el desarrollo de respuesta al riesgo

Entre las técnicas para el desarrollo de respuestas al riesgo del proyecto Paute - Mazar se menciona las siguientes opciones:

1. Manejo técnico. Crear un adecuado plan de funcionamiento de la planta hidroeléctrica, lo cual conllevará el no tener ningún fallo en el flujo de agua a las turbinas. (mantenimiento de canales, de casa de máquinas, entre otros).
2. Realizar un adecuado plan de contingencias para así poder identificar el tipo de riesgo de la hidroeléctrica.

3. Manejo de factores ambientales. Derrumbes que afecten los canales y manejo del estado del tiempo para controlar el embalse.
4. Aspectos sociales: Administrar tanto recursos humanos internos como a la población de influencia del proyecto, esto debido a que este proyecto puede ser susceptible a problemas en distintos sectores del país.
5. Tener estrategias de alternativas, es decir que los eventos de riesgo se puedan prevenir o evitar, para Paute – Mazar estas estrategias son muy importantes ya que se podría prevenir daños en la parte operativa, y así evitar cualquier tipo de daño en la producción de la hidroeléctrica.

4.4.3.3 Salidas del desarrollo de respuesta al riesgo

Las salidas del desarrollo de la respuesta al riesgo se los puede analizar con lo siguientes puntos.

1. Plan de manejo del riesgo

En el plan de administración de riesgos para Paute – Mazar se documentarán los procedimientos que se usarán para administrar el riesgo a través de la vida del proyecto, se deberá identificar quien es el responsable para administrar las varias áreas del riesgo, siendo necesarios planes de contingencia para lograr esto.

Para los años críticos del proyecto lo más adecuado es la implementación de un plan de manejo del riesgo (en los primeros años), ya que cualquier situación causaría problemas tanto al proyecto como a los socios involucrados.

Los responsables de los procesos y de la gestión y administración de las diferentes áreas de la entidad, evalúan y consideran de manera concertada las posibles acciones a ser tomadas en razón al costo beneficio que representan.

2. Planes de Contingencias

El plan de contingencia para Paute – Mazar será a través de acciones pre definidas, que se deberán tomar si un evento identificado de riesgo ocurre.

4.4.4 RESPUESTA AL CONTROL DEL RIESGO

4.4.4.1 Entradas a la respuesta al control del riesgo

La respuesta al control de riesgo de Paute – Mazar involucra en primera instancia el ejecutar el plan de riesgo de manera que se dé respuesta a los eventos de riesgo sobre la vida del proyecto.

4.4.4.2 Herramientas y Técnicas para respuesta al control del riesgo

Se recomienda dentro de un plan de administración del riesgo una persona encargada exclusivamente además del gerente de proyecto, el cual estaría a cargo de las acciones correctivas y de aspectos financieros que son de mucha importancia en los primeros años del proyecto.

4.4.4.3 Salidas de la respuesta al control del riesgo

1. Acción correctiva

La cual consiste en ejecutar la respuesta planeada de riesgo, es decir el encargado del riesgo, además de manejar las acciones correctivas, debe de ir actualizando la información financiera y tratar con aspectos tanto técnicos como sociales y ambientales.

2. Actualizaciones a plan de administración de riesgos.

Para Paute – Mazar se debe verificar que a medida que vayan ocurriendo los eventos de riesgo, y a medida que han sido evaluados, se podrá estimar la probabilidades y los valores para así actualizar el plan de administración de riesgos.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. El método de la simulación de Montecarlo es el método más flexible para estudios de confiabilidad en este caso de la hidroeléctrica Paute – Mazar, pues permite incorporar todas las características de un sistema real como: modelos probabilísticos específicos para cada variable, aleatoriedad en la producción de la energía en los diferentes meses del año, aleatoriedad en la disponibilidad de recursos para la generación de energía, y análisis de caudales, a través de datos históricos.
2. Como se puede observar, la hidroeléctrica Paute - Mazar, maneja técnicas y herramienta para la administración del riesgo, sin embargo no basadas en procesos estandarizados, sino en experiencias obtenidas de su desempeño, siendo estas analizadas a través de los principios del PMI.
3. La aplicación del PMI, permite reconocer con facilidad las oportunidades y amenazas, debilidades que están inmersas en el desarrollo del proyecto, permitiendo así identificar los problemas de una manera inmediata, logrando resolver las dificultades existentes.
4. La creación de un plan de riesgos para la hidroeléctrica Paute – Mazar permite un adecuado control y así evitar riesgos innecesarios, ocasionando pérdidas económicas considerables.

5. La necesidad de que el Ecuador aproveche el potencial hidroeléctrico que posee, fomentando así el desarrollo de este tipo para la generación de energía, sea ya por iniciativa propia o con la participación del Estado.
6. La carencia de lluvias en la región hace que el proyecto corra riesgos ya que la falta de agua hace reducir la capacidad de producción de energía, el llenado total del embalse de 410 millones de metros cúbicos permitirá alcanzar el óptimo de potencia que es 160 MW para la hidroeléctrica.
7. La construcción del Proyecto Mazar, que constituye la segunda etapa de Paute integral, constituirá un eje importante para la producción de energía ya que retiene el 75% de sedimentos, lo que ocasionará una mayor generación en conjunto con Molino.
8. Por otra parte la puesta en marcha del Proyecto Mazar, para la generación de energía no logrará satisfacer la producción deseada, ya que este proyecto sirve únicamente como recolector de sedimentos, mas no como generador de energía.

5.2 RECOMENDACIONES

1. En base al estudio realizado se recomienda que se realice la ejecución y puesta en marcha del proyecto hidroeléctrico Paute – Mazar, ya que según los valores obtenidos en el estudio económico el proyecto es viable, ya que la inversión es recuperable a los 15 años de entrada en funcionamiento la central.
2. Para evitar el riesgo de mal funcionamiento se debe implementar un plan de mantenimiento para todos los equipos que formen parte de la hidroeléctrica ya que de esta manera se podrá cuidar la inversión realizada y con esto evitar la paralización de producción de energía, ocasionando de esta manera terribles consecuencias energéticas para el país.

3. Se debe crear in sistema adecuado para poder obtener precios de energía lo más bajo posible, para así poder abastecer la demanda actual.
4. Se debe mantener la abundancia en generación de emergencia para los servicios auxiliares, ante posibles fallas de la central, este respaldo siempre será importante ante posibles eventos naturales.

REFERENCIAS

- Administración de Proyectos. Marion E. Haynes, Grupo Editorial Iberoamérica 1993.
- Administración y Dirección de Proyectos. Pedro Briceño Lazo, McGraw-Hill Interamericana 1996.
- La Nueva Dirección de Proyectos. J. Davidson Frame, Ediciones Granica 2002.
- La Dirección de Proyectos en las Organizaciones. J. Davidson Frame, Ediciones Granica 2002.
- Técnicas de Programación y Control de Proyectos. C. Romero , Pirámide, 1988.
- Gestión de Proyectos. J. Brand, Elsevier 1990.
- Teoría General del Proyecto. M. De Cos, Síntesis, 1995..
- Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. Harold Kerzner, John Wiley & Sons 2003.
- Project Leadership, Wendy Briner, Michael Geddes, Colin Hastings, Van Nostrand Reinhold 1990.
- The Fast Forward MBA in Project Management. Eric Verzuh, John Wiley & Sons 1999.
- PMP Project Management Professional Study Guide. Kim Heldman, Sybex 2002.
- Strategic Planning for Project Management using a Project Management Maturity Model. Harold Kerzner, PhD, John Wiley & Sons, Inc. 2001.
- The Little Black Book of Project Management. Michael C. Thomsett, AMACOM Books 1990.
- Project Management Practitioner's Handbook. Ralph Kleim and Irwin S. Ludin, AMACOM Books 1998.
- Project Office, The. J. Davidson Frame, Thomas Block, Crisp Publications 1998.

- Project Management for Dummies. Stanley E. Portny, John Wiley & Sons 2000.
- Métodos Cuantitativos para los Negocios Autor Anderson David R. Editorial Thomson International Edición 1999.
- Investigación de Operaciones Autores: Kamlesh Mathur – Daniel Solow Editorial: Prentice Hall .Edición 1996.
- Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos. Autores: mamad r. Azarang – Eduardo García Duna.Editorial: Ma Graw Hill. Edición: 1996
- Introducción a los Modelos Cuantitativos en Administración. Autor: Anderson David. Editorial Iberoamerica .Edición 1993.
- Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en Administración. Charles A. Gallagher , Hugh Watson, Mc Graw Hill
- Análisis Cuantitativo para los Negocios. Bonini – Asuman – Bierman Mc Graw Hill . 1999
- Técnicas Cuantitativas. Dresdner – Evelson – Dreiyfus . Ediciones Universo 1998.
- BESLEY S., BRIGHAM E., “Fundamentos De Administración Financiera”, Decimosegunda Edición, Editorial Programas Educativos S.A. de C.V., México, 2004.
- MAO, James, “Análisis Financiero”, Editorial El Ateneo, Buenos Aires – Argentina, 1974.
- PORTUS Lincoyán, “Matemáticas Financieras”, Cuarta Edición, Editorial Nomos, Santa Fe - Colombia, Junio, 1999.
- SAMUELSON P., NORDHAUS W., “Economía”, Decimoquinta Edición, Editor Mariano J. Norte, España, 1995.
- PMI. 1996. UNA GUÍA AL CUERPO DE CONOCIMIENTOS DE LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS. (PMBOK). USA. Ing. Pablo Soto. Director del Área de Planificación. Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A. Setiembre, 2002, Ing. Karl Kulma. Administrador de Proyectos. COOPELESCA. Septiembre, 2002.

- BASAK, S. and SHAPIRO, A. (1999). "Value-at- Risk Based Risk Management: Optimal Policies and Asset Prices". Working paper, Wharton School, University of Pennsylvania, Philadelphia.
- BERCOWITZ, J. (2000), "A Coherent Framework for Stress Testing". Journal of Risk 2 (winter), 5-15
- BOYLE, PH., BROADIE, M. and GLASSERMAN, P. (1997). "Monte Carlo Methods for Security Pricing". Journal of Economic Dynamic and Control 21, 1267-1321.
- DANIELSSON, JON, and CASPER DE URIES (1997). "Value-at-Risk and Extreme Returns". LSE: Financial Markets Group Discussion Paper 273, London School of Economics.
- DUAN, J. (1995). "The GARCH option Pricing Model". Mathematica Finance 5 (1995), p. 13-32.
- DUFFIE, D. (1997). "An Overview of Value at Risk". The Graduate School of Business, Stanford University. Stanford CA 94305-5015 USA.
- FINNERTY, J. (1998). "Financial Engineering in Corporate Finance: An Overview". Financial Management 17, 14-33.
- GARMAN, M. (1996). "Improving on VAR". Risk 9 (May), 61-63.
- JORION, PH. (1997). "Value at Risk: The New Benchmark for Controlling Market Risk". Mc Graw-Hill.
- KUPIEC, P. (1998). "Stress Testing in a Value at Risk Framework" Journal Derivatives 6 (Fall), 7-24.
- KUPIEC, P. (1999). "Risk Capital and VAR". Journal of Derivative 7 (winter), 41-52.
- ESQUEMA DE UNA CENTRAL HIDROELÉTRICA, <http://www.renovables-energia.com/2009/06/esquema-de-una-central-hidroelectrica/>
- LUIS ENRIQUE RIOS CANDO. 2010. INCIDENCIA DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LOS CAUDALES MÍNIMOS DEL ECUADOR: Quito, 2010
- MARTINEZ PONCE L EÓN, Jesús G. Introducción al Análisis de Riesgos. Editorial Limusa S.A de CV México.
- MARINO R, José Manuel. Administración de Riesgos Financieros. Universidad Metropolitana Vol 2.

- LÓPEZ, GARCÍA, Juan (2004), Procedimiento Metodológico de la Evaluación del Desempeño y el Perfeccionamiento del Control Interno y la Gestión, 2002.
- JUAN M. LÓPEZ GARCÍA. Bases metodológicas Generales para el diseño e implementación de los Sistemas de Control Interno.
- CAMAC GUTIERREZ, Daniel Javier. Programación Dinámica Dual Determinista en el Despacho Hidrotérmico. Tesis de Maestría. Pontificia Universidad Católica de Chile. Escuela de Ingeniería.
- EVANS, James R LAGUNA Manuel, "OptQuest User Manual"; 1988 – 2004, Decisioneering, Inc.
- MUN, Johnathan "Applied Risk Analysis. Moving Beyond Uncertainty in Business", Ed Jhon Willey 2003.
- Capa Santos "Holger. Modelación de Series de Tiempo". Escuela Politécnica Nacional.
-

Referencias Web

- **CONELEC**
- www.conelec.gov.ec
- **Banco Central del Ecuador**
- <http://www.bce.fin.ec/>
- **Hidropaute S.A**
- www.hidropaute.com
- **CENACE**
- www.cenace.gov.ec
- **CELEC**
- www.celec.gov.ec
- **PMI**
- www.pmi.org - Project Management Institute.
- www.risksig.com - sitio del SIG (Special Interest Group) de Riesgo en Proyectos del PMI.
- www.asapm.org - American Society for the Advancement of Project Management.

- www.pmforum.org - Organización no comercial para el desarrollo de la Administración de Proyectos.
- www.etsimo.uniovi.es/regespro
- www.allpm.com
- www.montecarlosimulations.org

ANEXOS

ANEXO A – Cronograma de ejecución del proyecto

ANEXO B– Modelos Estimados para Mazar

ANEXO C– Caudales Turbinados

ANEXO D– Energía Total

ANEXO E– Caudales Medios Mensuales Mazar 1964 - 2009

ANEXO F– Cálculo de Duración de Caudales

ANEXO G– Cálculo de Flujos Netos

ANEXO H– Cálculo del VAN y TIR escenarios



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS

ORDEN DE ENCUADERNACIÓN

De acuerdo con lo estipulado en el Art. 17 del instructivo para la Aplicación del Reglamento del Sistema de Estudios, dictado por la Comisión de Docencia y Bienestar Estudiantil el 9 de agosto del 2000, y una vez comprobado que se han realizado las correcciones, modificaciones y mas sugerencias realizadas por los miembros del Tribunal Examinador al informe del proyecto de titulación presentado por **SANDRA GISSELA VELOZ AGUIRRE** y **GRACE CATALINA VIZCAÍNO PILLALAZA**.

Se emite la presente orden de empastado, con fecha 1 de Agosto de 2011

Para constancia firman los miembros del Tribunal Examinador:

NOMBRE	FUNCIÓN	FIRMA
Ing. Santiago López	Director	
Dr. Marco Naranjo	Examinador	
Ing. Jorge Vintimilla	Examinador	

Dr. Eduardo Ávalos Cascante

DECANO