

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“DISEÑO DE UNA RED DE ASPERSIÓN CON ALIMENTACIÓN DIRECTA A PARTIR DE UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS FAVORABLES (ACUIFEROS Y/O ACUITARDOS) DE LA ZONA INTERVENIDA (O SUS CERCANÍAS) Y DE ACTIVACIÓN AUTOMÁTICA ANTE ANOMALÍAS FÍSICAS DETECTADAS MEDIANTE SENSORES, PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE INCENDIOS FORESTALES O SIMILARES, EN ZONAS DE DIFÍCIL ACCESO- PROPUESTA METODOLÓGICA”- CASO PROGRESO, PROVINCIA DEL GUAYAS

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO GEÓLOGO

Presentada por:

CRISTIAN HERNÁN ORTIZ ESCOBAR

ERIK SANTIAGO RIVAS ORDÓÑEZ

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2014

AGRADECIMIENTO

A Dios por el privilegio de la vida y la salud, por la sabiduría para entender que vinimos al mundo para hacerlo al menos un poco mejor y, por la fortaleza y convicción para tratar de conseguirlo. A nuestras familias por estar ahí incondicionalmente. A nuestros amigos por ser nuestra segunda familia. A los Doctores Marcelo Cando y Paúl Carrión por su guía y soporte.

Al Ing. Edison Navarrete por su apoyo desinteresado. A “Hidalgo e Hidalgo Constructores” por las facilidades brindadas. Al “Centro de Investigación y Proyectos Aplicados a las Ciencias de la Tierra” (CIPAT) por su valioso aporte en el desarrollo de este trabajo. Y a cada una de las dificultades y limitaciones, que se volvieron motivos para crecer.

DEDICATORIA

Cristian Ortiz Escobar

A DIOS Y A MIS PADRES

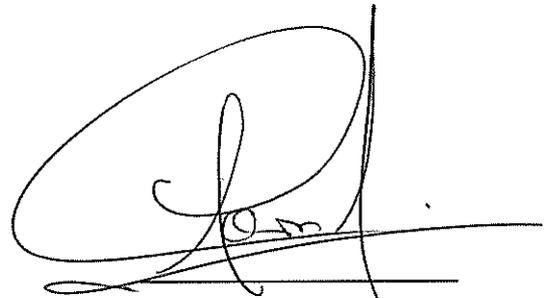
Erik Rivas Ordóñez

A MIS PADRES

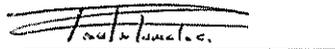
A MIS ABUELOS Y TÍOS

TRIBUNAL GRADUACIÓN

Msc. Alby Aguilar
SUBDECANA DE LA FICT (Delegada)



Dr. Paúl Carrión M.
DIRECTOR DE TESIS



Dra. Paola Romero C.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente;
y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de graduación de la ESPOL).



Erik S. Rivas Ordóñez



Cristian H. Ortiz Escobar



BIBLIOTECA
FICT

RESUMEN

La presente consiste en una propuesta que busca mediante el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles y las herramientas brindadas por la técnica y la tecnología, complementado por supuesto por el respectivo criterio técnico y la experiencia asociada, brindar una alternativa eficaz y eficiente en la atención de uno de los fenómenos más amplia y frecuentemente amenazantes, los incendios forestales. un proceso que parte del mapeo temático, el estudio hidrogeológico, la definición de barreras y, el diseño de redes de detección, bombeo y aspersión precediendo a una secuencia operativa de detección de amenazas potenciales o reales y explotación-aspersión de agua subterránea (de la zona o sus cercanías) automáticas, para terminar en el control del evento adverso en las etapas pre o post-ignición, hacen de ésta una propuesta que suprime o al menos reduce en mayor o menor grado las notables deficiencias, dificultades y limitaciones de las que padecen los entes y métodos tradicionales.

Índice General

CAPÍTULO 1.- GENERALIDADES.....	17
1.1. <i>INTRODUCCIÓN.....</i>	<i>17</i>
1.2. <i>IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....</i>	<i>20</i>
1.3. <i>JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....</i>	<i>25</i>
1.4. <i>OBJETIVOS.....</i>	<i>29</i>
1.4.1. <i>OBJETIVO GENERAL.....</i>	<i>29</i>
1.4.2. <i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</i>	<i>30</i>
1.4.3. <i>HIPÓTESIS.....</i>	<i>31</i>
1.4.4. <i>HIPÓTESIS GENERAL.....</i>	<i>31</i>
1.4.5. <i>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....</i>	<i>31</i>
1.5. <i>METODOLOGÍA.....</i>	<i>32</i>
1.6. <i>GEOLOGÍA GENERAL.....</i>	<i>39</i>
1.7. <i>RIESGOS NATURALES.....</i>	<i>44</i>
CAPÍTULO 2.- ANÁLISIS DE ZONAS DE AMENAZA POR INCENDIOS FORESTALES EN EL ECUADOR.....	49
2.1. <i>IDENTIFICACIÓN DE FACTORES GENERADORES DE AMENAZA.....</i>	<i>49</i>
2.1.1. <i>Cobertura- Vegetación.....</i>	<i>50</i>
2.1.2. <i>Tipo de Suelo.....</i>	<i>51</i>
2.1.3. <i>Uso del Suelo.....</i>	<i>53</i>
2.1.4. <i>Pluviometría.....</i>	<i>54</i>
2.1.5. <i>Temperatura.....</i>	<i>55</i>
2.1.6. <i>Condiciones meteorológicas.....</i>	<i>55</i>
2.2. <i>PONDERACIÓN DE FACTORES GENERADORES DE AMENAZA.....</i>	<i>57</i>
2.2.1. <i>Ponderación Intra- Factores.....</i>	<i>57</i>
2.2.2. <i>Ponderación Inter- Factores.....</i>	<i>68</i>

2.3.	<i>MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO CONJUNTO DE FACTORES GENERADORES DE AMENAZA</i>	68
2.3.1.	Humedad.....	69
2.3.2.	Modelo de Combustible.....	70
2.3.3.	Temperatura	71
2.3.4.	Radiación.....	72
2.3.5.	Textura	74
2.4.	<i>ZONIFICACIÓN Y MEDICIÓN DE LA AMENAZA</i>	75
2.5.	<i>ANÁLISIS DE PRIORIDAD</i>	77
2.6.	<i>SELECCIÓN DE AREA PILOTO (ÁREA DE ESTUDIO)</i>	78
	<i>CAPÍTULO 3.- GEOLOGÍA Y ASPECTOS COMPLEMENTARIOS DEL ÁREA DE ESTUDIO.</i>	80
3.1.	<i>GEOLOGÍA REGIONAL</i>	80
3.1.1.	Litología Regional.....	80
3.1.2.	Geomorfología Regional	81
3.1.3.	Geomorfometría Regional	83
3.2.	<i>GEOLOGÍA LOCAL</i>	86
3.2.1.	Litología Local.....	86
3.2.2.	Geomorfología Local	86
3.2.3.	Geomorfometría Local	88
3.3.	<i>ANÁLISIS EDAFOLÓGICO</i>	91
3.4.	<i>ANÁLISIS BOTÁNICO</i>	93
3.5.	<i>ANÁLISIS BIOLÓGICO</i>	95
3.6.	<i>ANÁLISIS METEOROLÓGICO</i>	96
	<i>CAPÍTULO 4.- ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO</i>	98
4.1.	<i>IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS FAVORABLES (ACUÍFEROS Y ACUITARDOS)</i>	98
4.1.1.	CONTEXTO GEOLÓGICO DE LA ZONA.....	100
4.1.2.	BALANCE HÍDRICO.....	132

4.1.3.	ANÁLISIS PETROLÓGICO	137
4.1.4.	ANÁLISIS TEXTURAL	138
4.1.5.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	139
4.1.6.	INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA	140
4.2.	CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS Y UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS IDENTIFICADAS.....	141
4.2.1.	GEOMETRÍA.....	151
4.2.2.	GRANULOMETRÍA	159
4.2.3.	POROSIDAD Y FISURACIÓN	161
4.2.4.	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO	163
4.2.5.	PERMEABILIDAD Y TRANSMISIVIDAD	163
4.2.6.	CAUDAL ESPECÍFICO ESTIMADO	165
CAPÍTULO 5.-	DISEÑO DE SISTEMAS: SENSOR, DE EXPLOTACIÓN Y ASPERSIÓN (PARA EL ÁREA DE ESTUDIO).....	167
5.1.	SISTEMA SENSOR.....	168
5.1.1.	ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS ÚTILES	169
5.1.2.	ANOMALÍAS DE TEMPERATURA.....	172
5.1.3.	ANOMALÍAS DE CALOR	173
5.1.4.	ANÁLISIS DE ALCANCE Y PRECISIÓN.....	174
5.1.5.	SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	177
5.1.6.	DISEÑO DE LA RED	178
5.2.	SISTEMA DE EXPLOTACIÓN- CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA (SONDEO)	181
5.2.1.	ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO Y DEL ENTORNO PARA DEFINICIÓN DE PUNTOS DE PERFORACIÓN	181
5.2.2.	DEFINICIÓN DE PROFUNDIDAD Y ORIENTACIÓN	184
5.2.3.	SELECCIÓN DEL METODO Y EQUIPOS DE PERFORACIÓN.....	184
5.2.4.	SISTEMA DE BOMBEO- SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE EQUIPOS.....	185
5.2.5.	DISEÑO DE ADAPTACIÓN- SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	188

5.2.6.	DISEÑO DE LA RED	189
5.3.	<i>SISTEMA DE ASPERSIÓN</i>	190
5.3.1.	ANÁLISIS DE PARÁMETROS ÚTILES	191
5.3.2.	ANÁLISIS DE CONDICIONES FÍSICAS EXISTENTES	192
5.3.3.	ANÁLISIS DE ALCANCE Y PRECISIÓN.....	192
5.3.4.	SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	193
5.3.5.	DISEÑO DE LA RED	195
5.4.	<i>DISEÑO DE ADAPTACIÓN- SISTEMA DE ALIMENTACIÓN</i>	211
	CAPÍTULO 6.- ANÁLISIS DE RESULTADOS	258
6.1.	<i>ANÁLISIS FINANCIERO</i>	258
6.2.	<i>ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO</i>	262
6.3.	<i>ANÁLISIS AMBIENTAL</i>	262
6.4.	<i>ANÁLISIS DE RESULTADOS</i>	263
7.1.	<i>CONCLUSIONES</i>	267
7.2.	<i>RECOMENDACIONES</i>	270
	<i>ANEXOS</i>	273
	<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	3021

ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1.1. Equipo aéreo aplacando incendio forestal</i>	24
<i>Imagen 2.1. Zonificación de variable “Humedad” para la provincia de Guayas- Raster generado en herramienta SIG.</i>	70
<i>Imagen 2.2. Zonificación de variable “Modelo de combustible” para la provincia de Guayas- Raster generado en herramienta SIG.</i>	71
<i>Imagen 2.3. Zonificación de variable “Temperatura” para la provincia de Guayas- Raster generado en herramienta SIG.</i>	72
<i>Imagen 2.4. Zonificación de variable “Radiación” para la provincia de Guayas- Raster generado en herramienta SIG.</i>	73
<i>Imagen 2.5. Zonificación de variable “Textura” para la provincia de Guayas- Raster generado en herramienta SIG.</i>	74
<i>Imagen 2.6. Mapa de zonificación de amenaza por incendios forestales para la provincia de Guayas- Raster generado en herramienta SIG.</i>	76
<i>Imagen 2.7. Ilustración de elementos involucrados en la definición de prioridad- Selección parcial- Raster generado en herramienta SIG.</i>	78
<i>Imagen 2.8. Área piloto seleccionada con malla para muestreo sistemático- Raster generado en herramienta SIG.</i>	79
<i>Imagen 3.1. Mapa de “Pendientes”- Provincia de Guayas.</i>	83
<i>Imagen 3.2. Mapa de “Curvatura”- Provincia de Guayas.</i>	84
<i>Imagen 3.3. Mapa de “Aspecto”- Provincia de Guayas.</i>	85
<i>Imagen 3.4. Mapa de “Pendientes” para el área de estudio</i>	88
<i>Imagen 3.5. Mapa de “Curvatura” para el área de estudio</i>	89
<i>Imagen 4.1. Columna estratigráfica 1</i>	105
<i>Imagen 4.2. Columna estratigráfica 2</i>	110
<i>Imagen 4.3. Columna estratigráfica 3</i>	115
<i>Imagen 4.4. Columna de litopermeabilidades 1</i>	121
<i>Imagen 4.5. Columna de litopermeabilidades 2</i>	126

<i>Imagen 4.6. Columna de litopermeabilidades 3</i>	131
<i>Imagen 4.7. Mapa de Puntos de agua para la Provincia de Guayas (Fuente: SENAGUA- Proyecto “Mapa Hidrogeológico Nacional 1:250.000”)</i>	140
<i>Imagen 4.8. Valores de resistividad de diferentes rocas y minerales (Orellana, 1982)</i>	143
<i>Imagen 4.9. Mapa de ubicación de SEVs y orientación de secciones litoestratigráficas generadas</i>	144
<i>Imagen 4.10. Sección litoestratigráfica entre los SEVs 3 y 2</i>	151
<i>Imagen 4.11. Sección litoestratigráfica entre los SEVs 2 y 1</i>	152
<i>Imagen 4.12. Sección litoestratigráfica entre los SEVs 3 y 1</i>	153
<i>Imagen 4.13. Sección hidrogeológica entre los SEVs 3 y 2</i>	154
<i>Imagen 4.14. Sección hidrogeológica entre los SEVs 2 y 1</i>	155
<i>Imagen 4.15. Sección hidrogeológica entre los SEVs 3 y 1</i>	156
<i>Imagen 4.16. Mapa Hidrogeológico de Ecuador- Sector Guayas- Escala 1:2.000.000</i>	166
<i>Imagen 5.1. Termocupla Tipo K (Fuente: Gsatermicos)</i>	175
<i>Imagen 5.2. Sensor de temperatura LM35 (Fuente: trastejant)</i>	176
<i>Imagen 5.3. Sensor de temperatura DS18B20 (Fuente: Bricogeek)</i>	176
<i>Imagen 5.4. Mapa de amenaza con presencia de la red de sensores</i>	180
<i>Imagen 5.5. Sección Litológica 2-1</i>	182
<i>Imagen 5.6. Sección Litológica 3-2</i>	183
<i>Imagen 5.7. Sección Litológica 3-1</i>	183
<i>Imagen 5.8. Bomba NR-152B</i>	187
<i>Imagen 5.9. Mapa de ubicación de pozos potenciales</i>	189
<i>Imagen 5.10. Mapa de amenaza vertical- Área de estudio</i>	196
<i>Imagen 5.11. Mapa de amenaza horizontal- Área de estudio</i>	197
<i>Imagen 5.12. Mapa de amenaza por incendios forestales y focos potenciales de ignición (Área de estudio)</i>	198

<i>Imagen 5.13. Modelo de propagación- Foco 1</i>	200
<i>Imagen 5.14. Modelo de propagación- Foco 2</i>	201
<i>Imagen 5.15. Modelo de propagación- Foco 3</i>	202
<i>Imagen 5.16. Modelo de propagación- Foco 4</i>	203
<i>Imagen 5.17. Modelo de propagación- Foco 5</i>	204
<i>Imagen 5.18. Modelo de propagación- Foco 6</i>	205
<i>Imagen 5.19. Mapa de barreras</i>	208
<i>Imagen 5.20. Mapa de red discreta de aspersores</i>	210
<i>Imagen 5.21. Microcontrolador</i>	215
<i>Imagen 5.22. Módulo XBEE Serie 1</i>	220
<i>Imagen 5.23. Configuración de pines 18B20</i>	227
<i>Imagen 5.24. Tratamiento de la señal del sensor</i>	228
<i>Imagen 5.25. Configuración de pines LM741</i>	229
<i>Imagen 5.26. Configuración de pines 2N3904</i>	230
<i>Imagen 5.27. Pantalla Principal Mikro Basic PRO</i>	231
<i>Imagen 5.28. Interfaz Gráfica de PROTEUS</i>	232
<i>Imagen 5.29. Electroválvula</i>	233
<i>Imagen 5.30. Etapas del sistema</i>	234
<i>Imagen 5.31. Descripción Geográfica de amenaza y cantidad de elementos</i>	236
<i>Imagen 5.32. Conexión XBEE modo transmisor con PIC</i>	238
<i>Imagen 5.33. Conexión sensor de temperatura con PIC</i>	238
<i>Imagen 5.34. Esquema General Etapa de Adquisición</i>	239
<i>Imagen 5.35. Conexión XBEE modo receptor con PIC</i>	245
<i>Imagen 5.36. Conexión módulo de acoplamiento con PIC</i>	245
<i>Imagen 5.37. Conexión de Bombas</i>	246
<i>Imagen 5.38. Calculo de resistencia etapa de acoplamiento</i>	247
<i>Imagen 5.39. Prueba con AccessPort</i>	250

<i>Imagen 5.40. Prueba Tx-Rx entre Xbee con PICs.....</i>	<i>251</i>
<i>Imagen 5.41. Diseño sugerido para la red de tuberías</i>	<i>253</i>

Índices de tablas

<i>Tabla II.I. Valores referenciales para ponderación intra-factores</i>	58
<i>Tabla II.I. Valores referenciales para ponderación intra-factores. (continuación)</i>	59
<i>Tabla II.I. Valores referenciales para ponderación intra-factores. (continuación)</i>	60
<i>Tabla II.II. Rangos de precipitación- Ponderación para humedad</i>	61
<i>Tabla II.III. Rangos de temperatura- Ponderación para humedad</i>	61
<i>Tabla II.IV. Rangos de temperatura- Ponderación para amenaza</i>	62
<i>Tabla II.V. Rangos de radiación- Ponderación para amenaza</i>	63
<i>Tabla II.VI. Valores referenciales para ponderación de características texturales- Definición de la amenaza</i>	64
<i>Tabla II.VI. Valores referenciales para ponderación de características texturales- Definición de la amenaza. (continuación)</i>	65
<i>Tabla II.VI. Valores referenciales para ponderación de características texturales- Definición de la amenaza. (continuación)</i>	66
<i>Tabla IV.I. Capacidades de campo en función de la clase textural. Fuente: Blair, E. Manual de Riegos y Avenidas</i>	133
<i>Tabla IV.II. Datos de entrada para el cálculo del Balance Hídrico referencial- Valores mensuales de Precipitación (P) y Evapotranspiración Potencial (ETP) en mm de altura de agua</i>	134
<i>Tabla IV.III. Balance hídrico referencial generado</i>	136
<i>Dónde:</i>	136
<i>Tabla IV.IV. Valores medidos para el sondeo eléctrico vertical 1</i>	146
<i>Tabla IV.V. Valores medidos para el sondeo eléctrico vertical 2</i>	148
<i>Tabla IV.VI. Valores medidos para el sondeo eléctrico vertical 3</i>	150
<i>Tabla IV.VII. Valores de porosidad total y eficaz de los materiales presentes en términos de porcentaje (%)</i>	162

<i>Tabla IV.VIII. Valores aproximados del coeficiente de almacenamiento en acuíferos libres para las unidades identificadas</i>	<i>163</i>
<i>Tabla IV.IX. Rango de Permeabilidad estimado para los materiales definidos</i>	<i>164</i>
<i>Tabla V.I. Descripción, función y número de pines.....</i>	<i>217</i>
<i>Tabla V.II. Descripción, función y número de pines.....</i>	<i>218</i>
<i>Tabla V.III. Descripción, función y número de pines.....</i>	<i>219</i>
<i>Tabla V.IV. Especificaciones Módulo Xbee Serie 1</i>	<i>221</i>
<i>Tabla V.V. Pines del Módulo Xbee Serie 1</i>	<i>222</i>
<i>Tabla V.VI. Consumo y configuración en el Modo Sleep</i>	<i>224</i>
<i>Tabla V.VII. Pines de interconexión</i>	<i>240</i>
<i>Tabla V.VIII. Tabla de control</i>	<i>241</i>
<i>Tabla V.IX. Conexión etapa de potencia/control de electroválvulas/Transmisión ..</i>	<i>248</i>
<i>Tabla VII.I. Esquema presupuestario referencial para la ejecución del proyecto</i>	<i>261</i>

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1.INTRODUCCIÓN

Son muchas las definiciones existentes aplicadas al fenómeno “incendio forestal”; todas ellas sin embargo convergen en su descripción como fuegos de diversa intensidad, forma y

magnitud, que se propagan libremente, esto es, sin obedecer o estar sujetos a control humano alguno y, con efecto negativo sobre la flora, fauna e infraestructura expuestas. Aparecen también aquí los conceptos o casos de incendios rurales y de interface cuyas condiciones, características e influencia sobre la estabilidad del medio de ocurrencia y propagación pudieren resultar en una reducción y potenciación de la naturaleza básica del evento respectivamente.

A escala mundial, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO- Food and Agriculture Organization) estima que son 350 millones de hectáreas de espacios verdes las que se pierden cada año debido a los incendios. Además de las pérdidas humanas y materiales que generan los incendios forestales, éstos también contribuyen al empeoramiento del calentamiento global, la desertificación, la contaminación del aire y la pérdida de gran parte de la biodiversidad en el planeta. Sólo en Etiopía, se han registrado 400 000 incendios entre 2000 y 2008. En Sudán, en el mismo período, han sido reportados 200 000. (Fuente: FAO Bosques)

En Ecuador en el año 2012, uno de los peores en cuestión de activación y daños causados por esta amenaza, alrededor de 15 mil hectáreas se perdieron a causa de los incendios forestales, de las cuales más de 9 mil fueron consumidas sólo en el mes de septiembre. Bosques, páramos y cultivos fueron afectados, además de registrarse cinco personas muertas y más de 70 heridas. En apenas este espacio de tiempo, más de 3000 incendios fueron identificados asociados a un período de sequía en desarrollo en aquel entonces; todo esto según información publicada por diarios locales.

La convergencia de variables físico-químicas tales como temperatura, presión, radiación, composición y contenido de los diferentes materiales que cubren la corteza terrestre en sus etapas relativamente negativas por intensidad o influencia mutua, es una fuente potencial para la generación de eventos adversos que en este caso, bajo la correlación de las variables mencionadas y otras directa o indirectamente involucradas y, en su forma quizá más significativa, se traduce en los llamados incendios forestales; fenómenos teóricamente de origen natural, cuya aparición ha provocado considerables pérdidas materiales e incluso humanas a lo largo de la historia además de, un casi irreversible impacto ambiental y que lamentablemente, no han podido ser controlados eficaz y eficientemente mediante las técnicas, métodos y herramientas tradicionales.

Respondiendo a la necesidad latente de brindar una solución alternativa y complementaria ante las deficiencias o limitaciones de las hoy disponibles, el presente proyecto consiste en el diseño de una red de aspersores a definir en lo que a cantidad y características se refiere, con una distribución adecuada y estratégica en zonas con potencial (teórico o estadístico) generador de incendios forestales (de origen natural o antrópico) y de difícil acceso y aplicación para los entes de control y las técnicas o mecanismos de reacción tradicionales respectivamente. La alimentación de tal sistema de aspersión será ejecutada a partir del recurso proveniente de unidades hidrogeológicas favorables (acuíferos y acuitardos) existentes en la zona (lo más cercana ó estratégicamente ubicados) cuya infraestructura de explotación (sondeos de captación como recomendación) deberá ser diseñada e implementada previamente. La activación del sistema responderá a las señales anómalas detectadas por un equipo sensor también previamente instalado y, de actuación en torno a

alguna de las propiedades físicas cuyas variaciones extraordinarias denuncian este tipo de eventos, su potencial o inminente ocurrencia.

1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El origen de incendios forestales radica en un problema de entorno ambiental, con sus variantes atmosféricas, morfológicas y de combustible. Pero mucho más, en un problema de índole social, las estadísticas indican que aproximadamente más del 60% corresponden a incendios intencionados y otro porcentaje de más del 20% es originado por negligencias, con lo cual queda al descubierto la inconsciencia ambiental humana existente ante esta amenaza, poniendo por delante intereses económicos personales o simplemente haciendo omisión a la problemática ecológica que cada vez se intensifica y van quedando al descubierto las consecuencias que gradualmente se incrementan con el pasar de los años. (Fuente: Área de Defensa Contra Incendios Forestales de la “Dirección General para la Biodiversidad”)

Aproximadamente el 30% de los incendios intencionados corresponde a la quema agrícola, el 25% a la quema de pastos y generados por pirómanos a un 10%, que son las causas más frecuentes en incendios deliberados. (Fuente: Organización “Incendios forestales”)

Los incendios forestales han ido incrementando su nivel de ocurrencia a lo largo de los años, y donde se estima que cerca del 85% de estas afectan a áreas de no más de 5 ha., sin

embargo estos pueden llegar a alcanzar grandes magnitudes aunque el porcentaje de estos es bajo.

La vulnerabilidad de determinadas áreas y las secuelas de un incendio forestal, afectan directamente no solo al buen vivir de nativos y ciudadanos sino a todo el complejo de la pirámide trófica, afectando directamente al nivel de los productores, alterando todo un ecosistema, desencadenando una serie de cambios perjudiciales, para el resto de seres que se benefician y obtienen su energía de estos. Perturbando directamente a todo ser autóctono y extranjero de un nicho ecológico, e indirectamente al ecosistema terrestre.

Sobre la flora, dejan muchos residuos que serán un punto de plagas y enfermedades que afectaran a comunidades forestales venideras, debilitamiento de unidades sobrevivientes. Sobre la fauna, modificado el equilibrio del ecosistema muchas especies se verán afectadas negativamente por este hecho, volviendo adverso el mantenimiento de la fauna. Otras especies, con deficiencias de movilidad, perecerán al no poder escapar. Hay un incremento del pH en el suelo que estropea el desarrollo y germinación de determinadas especies, hay una destrucción de materia orgánica del suelo y un acelerado proceso de erosión. En el agua de las cuencas incendiadas, el cubrimiento de cenizas obstruye el paso de la luz solar, afectando procesos fotosintéticos y por ende produciendo problemas a la fauna acuática. Generación de gran cantidad de gases contribuyendo a la atenuación del efecto invernadero, el humo generado más una velocidad de viento suficiente puede causar problemas de visibilidad en zonas urbanas. Existe una posible pérdida de productos de consumo y comercialización humana, donde se ve afectada la economía en ese sentido. La

pérdida de vidas humanas no está exenta dentro de los daños y damnificación producida por un incendio forestal. (Fuente: Centros3- Valvanera)

Los métodos actualmente utilizados se basan en la extinción de al menos uno de los tres elementos indispensable para la generación del fuego: Combustible, comburente (Oxígeno) y energía de activación, lo que es necesario para la desaparición de este y evitar una mayor reacción en cadena en la combustión del material.

Se ha logrado clasificar los métodos en directos e indirectos, donde los métodos indirectos están enfocados a incendios en etapas tempranas, atacando en especial a dos de los elementos fundamentales para la generación de fuego: calor y oxígeno. Se trata de sofocar el frente de propagación echando arena o tierra, utilizando palas o también batefuegos para la eliminación de oxígeno provocando la extinción de este.

Se conviene en una reducción de la temperatura, ya sea con equipos terrestres o aéreos, utilizando agua, que es el mejor medio y más rápido para controlar el fenómeno ya que además de enfriar el combustible, lo aísla del aire. Y donde también se suelen utilizar sustancias químicas para la inhibición de la reacción en cadena, evitando así la propagación.

Dentro de los sistemas nombrados para el control de incendios forestales, se identifican varios inconvenientes. La utilización de palas, batefuegos o en su defecto ramas verdes que realicen la misma función, requieren estrictamente de personal capacitado que esté a la vanguardia del evento, y en esto existe un alto riesgo de muerte, en especial en incendios de copa donde existe la posibilidad de que el personal pueda quedar atrapado, sin contar

que el aporte en un incendio de gran magnitud de las palas y batefuegos puede no ser tan efectivo como se requeriría.

Para la reducción de la temperatura, es indispensable una fuente de agua, problema que no siempre es de fácil solución, ya que muchas ocasiones existe dificultad en localizar dicho recurso, sin contar con el distanciamiento de este, y es ahí que nace el problema de la transportación donde es necesaria la acción de helicópteros especializados en riego, o equipos terrestres que muy difícilmente podrán llegar en zonas donde el acceso es adverso, en el que el tiempo en este tipo de acontecimientos es un factor determinante si se quiere evitar una catástrofe de mayor dimensión, sin contar con la exposición al humo y calor de los combatientes.

En los métodos indirectos se hace generalmente una dispersión o alejamiento del combustible, con las denominadas barreras, utilizando recursos naturales como ríos, lagunas y arroyos; o artificiales como carreteras o cortafuegos. Cortafuegos que pueden ser creados si no tenemos la suerte de contar con un cuerpo de agua o una carretera cerca, que limite la existencia de material combustible.



Imagen 1.1. Equipo aéreo aplacando incendio forestal (Tomado de internet- Página: www.yopasolavoz.com/ 18-05-2013)

Cortafuegos son creados eliminando y retirando en una franja prudente material combustible, utilizando rastrillos, motosierras o manualmente, ya que sin este no existe material que se consuma, no es posible el avance del frente de propagación y se da el aplacamiento del mismo. Los cortafuegos pueden ser improvisados durante el incendio pero la distancia a la cual se realice está íntimamente relacionada por la velocidad de propagación.

Existe un último modo de extinción, utilizado en casos extremos, que consiste en provocar un incendio con un sentido contrario al frente de propagación, el objetivo de esto es quemar los materiales que quedarían inevitablemente consumidos y en cuanto los dos

incendios hagan contacto, se apagarán las brasas ante la inexistencia de material combustible. Proceso conocido como Contrafuego.

Los métodos indirectos, como se indica anteriormente, cortafuego y contrafuego, si bien es cierto ayudan eficientemente al aplacamiento de un incendio forestal, requieren una inevitable destrucción y eliminación extra de la flora, es decir se requiere un impacto ambiental para la solución del problema, aspecto que se quiere reducir al máximo en este proyecto. (Fuente: Miliarium- Incendios)

Ahora, habiendo establecido todas las posibles condiciones y considerado los diferentes parámetros involucrados: **¿Es posible prevenir y controlar eficientemente incendios forestales mediante el diseño y aplicación de un sistema de alerta- reacción y activación simultánea, alimentado directamente por recursos hidrogeológicos?**

1.3.JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Desde hace más de 50 años, la FAO facilita información y asistencia técnica en el ámbito de la ordenación forestal, incluso la terminología sobre los incendios forestales, el acopio y difusión de datos, la preparación de directrices, informes de la situación sobre los incendios forestales y asesoramiento directo a los Estados Miembros. Recientemente se ha prestado especial atención a la información y la concienciación pública sobre cuestiones normativas, jurídicas e institucionales. En los últimos 20 años, la Organización ha elaborado unos 100

informes sobre incendios forestales mediante la ejecución de más de 60 proyectos de campo en unos 40 países, proyectos financiados por el Programa de Cooperación Técnica, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y varios donantes bilaterales. Durante los últimos diez años se han elaborado estudios de caso sobre la ordenación de los incendios forestales centrados en varios importantes proyectos de campo en China, Cuba, Chipre, Etiopía, Honduras, la India, Indonesia, la República Democrática Popular Lao, Mongolia, Sierra Leona, y Turquía. La FAO tiene proyectos de campo en varios países, entre ellos, Croacia, Marruecos, Nicaragua y la República Árabe Siria y otros están en cartera. En estos proyectos, es importante hacer hincapié en la necesidad de adoptar enfoques participativos en la ordenación forestal, incluida la participación de la población local en la planificación y ejecución de programas encaminados a la prevención, detección y lucha contra los incendios; y la ordenación del uso apropiado del fuego como instrumento en actividades planificadas de desbroce de la tierra y de ordenación de pastizales. Cada uno de los proyectos incluye un importante componente nacional de creación de capacidad. (Fuente: Departamento Forestal- FAO)

Por su parte, Ecuador como muchos países en el mundo expuestos a esta problemática, ha propuesto y ejecutado programas y estrategias en general para atender la amenaza y el riesgo latente por efecto de la existencia o potencial existencia de los llamados incendios forestales. Acciones tales como el Plan de Prevención y Control de Incendios Forestales en el D.M Quito en sus etapas de equipamiento de unidades y educación ciudadana (con la inversión de más de 200 mil dólares), la creación del equipo de bomberos forestales como ente especializado en el control de este tipo de eventos, la planificación de campañas contra

incendios forestales y la generación de documentos y herramientas gráficas para la gestión de la amenaza por parte de la S.N.G.R., etc.; se han ejecutado o están en desarrollo, ante situaciones como la de Septiembre de 2012 en la que el fenómeno superó claramente las capacidades de los entes encargados llevando a la emisión de las respectivas alertas nacionales y el empleo de la gran cantidad de recursos que estas demandan.

Ante la problemática previamente descrita y como bien se ha mencionado, las notables y preocupantes limitaciones existentes en los intentos por atender y solventar las necesidades involucradas, la presente iniciativa pretende, mediante el aprovechamiento conjunto de recursos y herramientas hasta ahora poco utilizadas en un marco de funcionamiento conjunto, generar las capacidades requeridas para, previa planificación y ejecución acorde a parámetros orientados a la búsqueda y consecución de la eficacia, eficiencia, sustentabilidad y sostenibilidad, reducir el grado de vulnerabilidad de las diferentes zonas de interés ante la amenaza latente que ésta considera.

La existencia de propiedades físico-químicas identificables, medibles y lógicamente, íntimamente relacionadas al comportamiento anómalo del medio provocado por el origen y desarrollo del evento en tratamiento, brindan una amplia gama de indicadores que a su vez pueden ser consolidados y empleados posteriormente en un óptimo sistema de alerta que permita la ubicación, delimitación y clasificación de la amenaza. Todas estas condiciones de preparación del medio afectado, dibujan un panorama de sencilla caracterización a partir del uso de equipos e instrumentos seleccionados con las necesarias y suficientes consideraciones de alcance, dimensiones y factibilidad socioeconómica que en términos generales, aportan idoneidad al sistema y al proceso de detección y reacción pertinente.

Por otro lado, la explotación técnica y responsable por supuesto, de un recurso de extraordinaria utilidad aunque pobremente valorado como el agua subterránea, da a la iniciativa un sustancial valor agregado cuyos beneficios inherentes van desde el acondicionamiento voluntario o involuntario de las unidades hidrogeológicas seleccionadas en cuestiones de recarga y descarga, hasta las convenientes modificaciones y repercusiones asociadas al desarrollo y aplicación del proyecto como tal, entre éstas, las de carácter geomorfológico-morfométrico y las variaciones en parámetros de cobertura y saturación de suelos íntimamente relacionados a la existencia y activación de riesgos geológicos de gran interés respectivamente. Debiendo mencionar además, la notable ventaja en lo insignificante de aspectos tales como fuentes de aporte del recurso y calidad del agua en general, para el abastecimiento del sistema de prevención y control, lo que le otorga un grado de flexibilidad e importancia en la optimización de recursos no renovables definitivamente destacable.

Finalmente, la posibilidad y factibilidad socio-económica, logística y ambiental asociada a éste proyecto, su desarrollo, aplicación y ejecución, dado el uso de materiales disponibles en el mercado bajo costos de adquisición e instalación absolutamente coherentes con limitaciones y requerimientos; una extraordinaria flexibilidad en la distribución de elementos extraños en el terreno complementado con un mecanismo y proceso de activación y reacción completamente ajeno a cualquier dificultad referente a tiempo y espacio, así como un relativamente despreciable impacto sobre puntos de interés común y quizá prioritario asociados a paisajes y condiciones de estabilidad de medios naturales o de interés estratégicos; todo esto, además de a posibilidad de efectuar acciones de control,

pruebas de eficiencia y permanente disposición para la modificación, hacen de la presente propuesta una alternativa atractivamente viable donde conocimientos y/o experiencias previas y regularmente bien manejadas como las correspondientes al monitoreo y cuidado ambiental, la hidrogeología, la mecánica, la informática y la electrónica, dan paso a una simple y atípica correlación de recursos, con un objetivo y orientación claros hacia aquello que debe y “puede” hacerse, pero que sencillamente no se ha hecho.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema para la prevención y mitigación de incendios forestales o similares potenciales y reales en sus diferentes etapas, mediante el aprovechamiento de los recursos hidrogeológicos disponibles, para su aplicación principalmente en zonas de difícil acceso e interés prioritario en su conservación.
Caso Progreso, Provincia Guayas, Ecuador.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer un sistema eficaz y eficiente para la prevención y mitigación de incendios forestales, con el mínimo impacto ambiental a las “zonas amenazadas”.

- Aprovechar los recursos hidrogeológicos disponibles en las zonas de interés en la atención a una problemática de notables dimensiones, simplificando así la gestión de tal amenaza, minimizando su potencial generador de riesgo y afectando positivamente a su vez, a otras de similar importancia.

- Diseñar y planificar adecuada, oportuna y estratégicamente un sistema conjunto de detección y reacción (detectores y aspersores) de estructura, calidad y funcionalidad óptimas y pertinentes.

- Incrementar el alcance en lo que a control de incendios forestales y similares se refiere, hacia zonas de difícil acceso principalmente.

1.4.3. HIPÓTESIS

1.4.4. HIPÓTESIS GENERAL

El presente proyecto cumple eficientemente con la prevención y mitigación de incendios forestales en su generación y etapas tempranas de desarrollo, solventando con esto la necesidad latente del control de este tipo de eventos en zonas de difícil acceso principalmente.

1.4.5. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Se incrementará sustancial y convenientemente el alcance en el control de incendios forestales respecto a técnicas, métodos y herramientas tradicionales en zonas de difícil acceso principalmente.

- Se obtuvo el diseño correspondiente al sistema conjunto de detección y reacción buscado, logrando una estructura, calidad y funcionalidad óptimas, además de una adecuada y estratégica planificación para el cumplimiento oportuno de los objetivos planteados.

- Se redujo el grado de dificultad en la gestión de la amenaza y potencial riesgo tratado, además de otras, directa o indirectamente relacionadas, mediante el aprovechamiento eficiente de los recursos hidrogeológicos disponibles y demás condiciones favorables en la zona de estudio, y se demostró un impacto ambiental mínimo en la implementación del sistema planificado.

1.5. METODOLOGÍA

Tipo de investigación

El presente proyecto abarca para su planteamiento, desarrollo y ejecución, el empleo y aplicación de una combinación de tipos de investigación orientada a cumplir con los requerimientos que la iniciativa demanda en lo que a fundamento teórico-técnico, levantamiento de datos para caracterización, planificación y diseño y, prueba de calibración y validación de las herramientas y sistema resultante se refiere.

I. INFORMACIÓN- PROBLEMA

Se partió de la obtención de una base bibliográfica consistente en material técnico, estadístico y complementario para la consideración de todos los aspectos involucrados y el soporte de los principios teóricos con los cuales se enmarca y fundamenta la investigación.

II. CARACTERIZACIÓN Y DISEÑO

La siguiente etapa incluye desde una descripción general y específica del área de estudio mediante el análisis y tratamiento de la información previamente recopilada y debidamente procesada (aplicación de filtros para evitar redundancias y contradicciones) hasta la verificación de ésta con el correspondiente trabajo de campo en una primera fase de reconocimiento.

Las etapas finales consisten en el levantamiento de información de manera directa, esto es, la ejecución de la actividad principal de campo para la generación de data a detalle, específica y suficiente para su procesamiento posterior y el desarrollo y conclusión de los trabajos de diseño, prueba y valoración de resultados del sistema objetivo y todos sus aspectos complementarios.

III. PROPUESTA Y RESULTADOS- MODELO

Todo esto, en un planteamiento general por cuanto el desarrollo del proyecto como tal, implica el empleo de una metodología mixta de investigación donde todo levantamiento de data de interés debe estar fundamentada antes, durante y después del trabajo de campo y, el diseño o resultado objetivo debe trabajarse y medirse al menos a manera de bosquejo, de manera paralela para la identificación de falencias u omisiones de potenciales efectos negativos o contraproducentes para la investigación.

Métodos de investigación

Método inductivo-deductivo

Pese a las recurrentes sugerencias para el tratamiento de éste tipo de fenómenos en un sentido holístico, se ha considerado la necesidad de establecer, si bien un análisis general inicialmente tomando al fenómeno como un elemento compacto, un procedimiento de caracterización individual para cada variable y factor involucrados orientado por supuesto a la influencia conocida o esperada sobre el fenómeno objetivo, a fin de alcanzar un grado de correlación lo suficientemente lógico, efectivo y de máximo alcance al momento de estudiar, describir y atacar el asunto desde el punto de vista global.

Estrategia metodológica

Se cumplió con las siguientes etapas, cuyo detalle y resultados parciales y finales se presenta durante el desarrollo del presente informe:

Zonificación de la amenaza por incendios forestales

Para ésta primera etapa se han definido las variables involucradas en las reacciones de ignición, inflamabilidad, combustión y extinción, así como los diferentes agentes y/o factores retardantes o intensificadores del fenómeno en estudio. A su vez, se desarrolló la respectiva valoración del grado de cada influencia para su ponderación orientada al tratamiento y procesamiento analítico

previo y digital para la obtención de resultados; todo esto, en base al fundamento y criterio técnico disponibles.

Selección del área piloto en base a parámetros y variables involucradas

Mediante el procesamiento previo de la data disponible, acorde a lo establecido en la metodología correspondiente antes desarrollada y establecida, se generó la cartografía de zonificación de la amenaza por incendios forestales que, en un análisis de correlación con aspectos, factores y condiciones de carácter social, económico y político, dio paso a la selección del área piloto, bajo la consideración de condiciones de factibilidad e interés prioritario.

Descripción y caracterización del área de estudio

Abarcando en ésta etapa los aspectos correspondientes a geología, hidrogeología, meteorología, topografía, geomorfología, morfometría, botánica, zoología y antropología; para la definición de todos los detalles que pudieren brindar alternativas de tratamiento, manejo y ejecución de cada una de las herramientas, métodos y sistemas empleados e involucrados en el proyecto planteado. Como resultados a obtener se incluye desde el levantamiento topográfico a detalle y la caracterización de coberturas hasta la identificación y

caracterización de unidades hidrogeológicas y condiciones meteorológicas dominantes en la zona de estudio.

Selección de indicadores y equipos a utilizar

Previa definición y valoración de aspectos tales como costos, disponibilidad y factibilidad para su aplicación y funcionamiento conjunto bajo el perfil del sistema a diseñar, se selecciona las variables físico-químicas cuyo cambio en función de tiempo y espacio y, mediante correlación con agentes y condiciones de interacción brinden herramientas para la identificación de anomalías, conexión de subsistemas, accionamiento de sistema de reacción y potenciación de éste, para la optimización de recursos empleados y resultados a obtener.

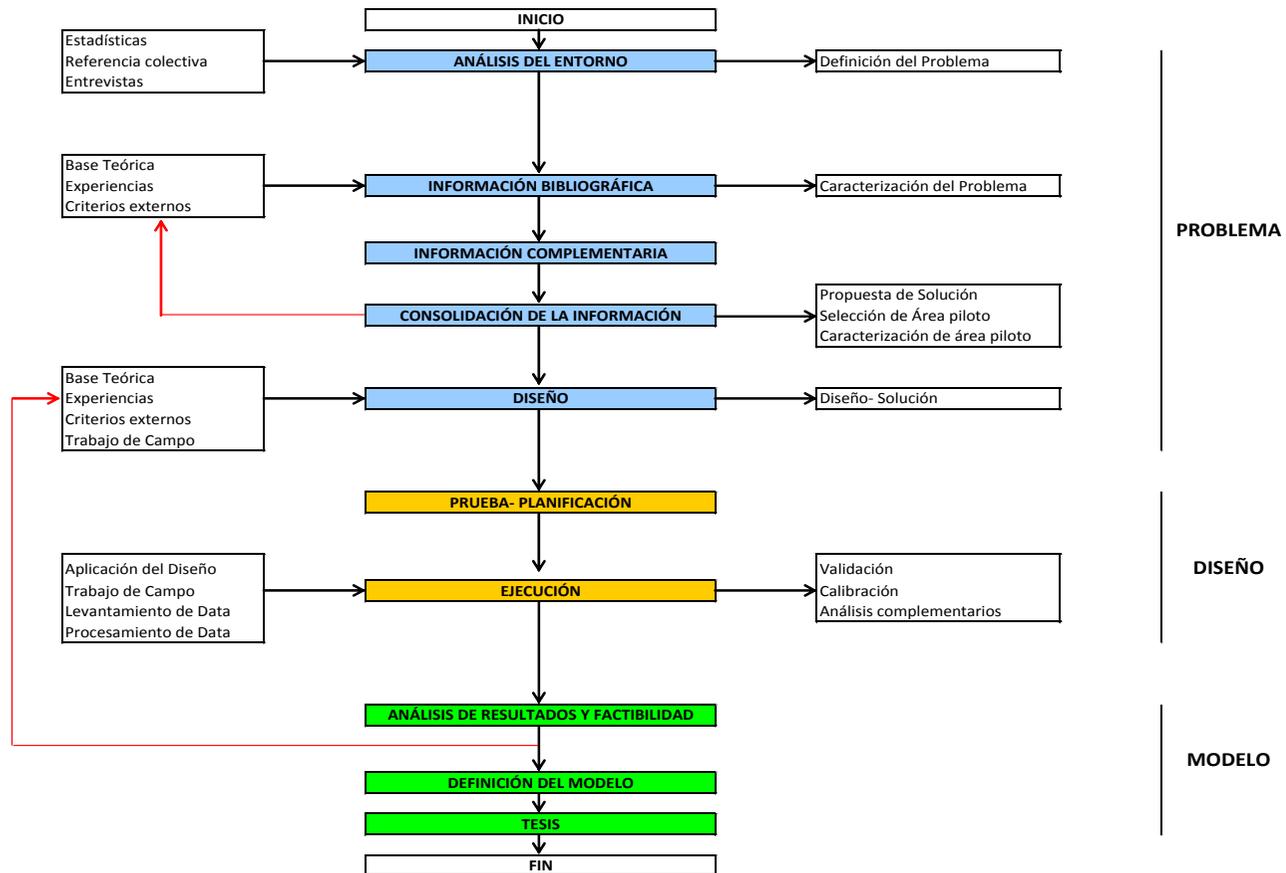
Diseño del sistema

Fase final previa a la prueba del sistema. Se consideran aquí las facilidades y demás brindadas por las fuentes de recursos a utilizar en términos de disposición, capacidad y factibilidad de explotación, acorde a las condiciones brindadas por el escenario de actuación y las proyectadas para los diferentes agentes, parámetros y factores involucrados o asociados con el fenómeno amenazante. Todo esto, además de la perspectiva antropológica de interés estratégico y prioritario.

Proceso de implementación y prueba piloto

En esta etapa, la última, se mide la eficacia, eficiencia y flexibilidad del sistema en un análisis individual y general, para su calibración, validación y valoración en materia de efectos e impacto sobre el medio de aplicación y los recursos demandados.

Esquema Metodológico



1.6. GEOLOGÍA GENERAL

La región costa, está ubicada al oeste de la cordillera de los Andes, comprende formaciones sedimentarias, vulcano-sedimentarias y volcánicas de edad terciaria en la zona de ante-arco, y varias cuencas que modelan su topografía que han sido rellenadas por sedimentos neógenos, con un basamento basáltico, perteneciente a la Formación Piñón.

En esta zona de ante-arco se han desarrollado cuatro cuencas con basamento basáltico que han servido para acumular sedimentos y debido a la subsidencia, formar una secuencia estratigráfica de material perteneciente al terciario.

Estas cuencas de ante-arco de norte a sur son:

- Cuenca Borbón, en el sector de Esmeraldas y que tiene su continuación en Colombia con el nombre de cuenca Tolumpa (4000 m.)
- Cuenca Manabí, ubicada en toda la zona central de la franja costera (9000 m.)
- Cuenca Progreso, ubicada en las provincias de Sta. Elena y Guayas (10000 m.)
- Cuenca sumergida de Jambelí.

Todas estas cuencas están separadas por importantes rasgos estructurales a lo largo de la zona costera.

Las cuencas Borbón y Manabí, son cuencas con ejes paralelos siendo separadas por fallas de rumbo, las cuales se cree que son sinestrales, una de estas fallas, la falla Esmeraldas se encuentra en el límite de las dos cuencas, así como la falla de Bahía de Caráquez que subdivide en zona norte y sur la cuenca Manabí.

La cordillera Chongón-Colonche de rumbo NO-SE, separa la cuenca Manabí y la cuenca Progreso.

La cuenca Progreso de aproximadamente 9000 metros de sucesiones sedimentarias del Terciario, tiene como límites, la falla sinistral de Carrizal al norte, donde también se encuentra la cordillera Chongón-Colonche y al sur tenemos la falla La Cruz, en la zona donde se produce el levantamiento de Santa Elena; y luego la cuenca sumergida de Jambelí, que está separada por la de Progreso por acción de la mega falla Dolores-Guayaquil.

Las formaciones geológicas de la Costa son las siguientes:

- Fm. Tablazo
- Fm. Puná
- Fm. Progreso
- Fm. Subibaja
- Fm. Dos Bocas
- Fm. Villingota
- Fm. Zapotal
- Grupo Ancón
- Grupo Azúcar
- Fm. Guayaquil
- Fm. Cayo
- Fm. Piñón

Formación Piñón: Roca de basamento, constituida por rocas basálticas con lavas almohadillas, diabasas, o también considerada como fragmentos de corteza cristalina pertenecientes al Cretácico superior, aflora al norte de la cordillera Chongón-Colonche.

Formación Cayo: Grupo de potentes rocas de origen vulcano-sedimentario que sobreyacen a la formación Piñón e hacen contacto infrayacente con la formación Guayaquil. Consta de 3 miembros: el miembro Calentura como basal, Cayo SS, y formación Guayaquil. Está constituida por lutitas calcáreas y tobáceas, limolitas de color café amarillento, areniscas tobáceas y aglomerados, de origen vulcano-sedimentario depositadas en ambiente marino

Formación Guayaquil: Consiste en una serie monótona de lutitas silíceas con enriquecimiento secundario de nódulos de pedernal. Afloramientos importantes en los cerros Santa Ana, el Carmen, Cerro Blanco. El espesor promedio de esta formación se estima en unos 500 m.

Grupo Azúcar: Constituido por tres miembros: Estancia, Chanduy y Engabado, ubicado cronoestratigráficamente debajo del Grupo Ancón y sobre la Fm. Sta. Elena.

Miembro Estancia: Compuesto de areniscas micáceas de grano fino, de color verde a grisáceo con intercalación de lutitas negras a menudo con concreciones calcáreas y finas capas de conglomerados. Se encuentra en contacto sobreyacente discordante con la Fm. Guayaquil.

Miembro Chanduy: Constituida por areniscas silíceas micáceas, con capas de conglomerado cuarcítico y varias capas de lutitas grises. Su nombre se debe al cerro del mismo nombre ubicado a 7Km al suroeste de Zapotal.

Miembro Engabado: Constituida de areniscas de coloración que va del amarillo al café, con concreciones. Llamado así por el estero Engabado. Su edad asignada es del Eoceno Medio.

Grupo Ancón: Comprende las formaciones: Clay Pebble Beds, Socorro, Seca Punta Ancón. Todas ubicadas sobre el grupo Azúcar.

Clay Pebble Beds: Definida como una masa desorganizada de lutitas verdes grisáceas y areniscas ven bancos rotos, con varios bloques de chert, calizas, areniscas y lutitas. Edad asignada del Eoceno Temprano al Eoceno Medio

Formación Socorro y Seca: Litológicamente constituida por conglomerados en la base, lutitas con intercalaciones de limolitas, areniscas finas con rizaduras en bancos centimétricos y areniscas clasificadas en bancos decimétricos interpretadas como turbíditas clásicas. Las unidades han sido diferenciadas en que la parte superior consta en su mayoría de lutitas y la parte inferior de areniscas. Edades de estas formaciones están consideradas del Eoceno Medio-Temprano para la Fm. Socorro y Eoceno Medio para la Fm. Seca.

Formación Punta Ancón: Está dentro del Grupo Ancón y es su parte más reciente, sobreyacente a la Fm. Seca constituida por areniscas de color verde oscuro, laminaciones horizontales, y calizas conglomeráticas. Edad: del Eoceno Medio al Eoceno Medio Tardío.

Formación Zapotal: Litológicamente consiste de areniscas y conglomerados con presencia de fósiles marinos y restos de plantas terrestres. Predominan conglomerados de cherts, intercalaciones de areniscas tobáceas y de grano grueso. Edad: Oligoceno temprano y tardío.

Formación Villingota: Consiste en arcillolitas limosas gris claras a blancas, con abundantes escamas de peces y diatomeas laminadas, se presentan además intercalaciones de arcillolitas grises, sin diatomeas. Edad: Mioceno Temprano

Formación Dos Bocas: Litológicamente consiste de arcillolitas limosas color café oscuro, suave y laminado con algunas vetillas de yeso, limolitas café oscura y areniscas muy finas de coloración café amarillenta en la parte superior.

Formación Subibaja: Formada por limolitas calcáreas, de aspecto moteado, debido a la gran cantidad de foraminíferos. Comunes también limolitas gris verdosas a oscuras. Abundancia de foraminíferos bentónicos y planctónicos. Edad: Mioceno Temprano

Formación Progreso: Comprende areniscas calcáreas y coquinas de turrítelas y ostreidos, intercaladas con arcillas gris oliva. Las areniscas son de textura variable; y

mal clasificadas. Areniscas medias a gruesas con estratificación cruzada. Edad: Mioceno Medio-Tardío

Formación Puná: Secuencias detríticas que varían desde gravas, conglomerados, areniscas, arcillas y limos, espesor de aproximadamente 550 metros. Edad: Mioceno Tardío – Plioceno Medio.

Formación Tablazo: Formación que consiste de conglomerados y areniscas, perteneciente prácticamente al periodo Cuaternario.

1.7. RIESGOS NATURALES

Resultado de la combinación por muchos conocida de condiciones de amenaza, peligrosidad, vulnerabilidad, susceptibilidad, exposición, capacidad de respuesta y recuperación asociadas espacial y temporalmente, corresponden a “sujetos” de consideración por su inherencia al medio natural y su potencial destructivo y/ó de impacto adverso en general sobre individuos o bienes de interés.

Su generación ya en detalle, parte de la existencia de elementos reactivos de efecto negativo en lo que pueden o pudieren provocar, dada la presencia de agentes estimulantes, de excitación o desencadenamiento de situaciones y condiciones que, según el medio y las partes de éste expuestas a la influencia de tales condiciones, causan o pueden causar daños que de darse sobre puntos de interés relativo, van moldeando el concepto final asociado a

su vez a pérdidas, deterioro o degeneración de lo previamente existente, en un proceso que en términos y casos generales demanda el gasto de recursos de diversa índole y el incurrir además en acciones y reacciones que fácilmente, podrían dar paso al origen y desarrollo de otros riesgos asociados o no.

La medición de la vulnerabilidad y susceptibilidad a partir de la caracterización del medio expuesto, definen quizá el factor principal en la existencia y magnitud ó intensidad del riesgo como tal, proyectando y eventualmente estableciendo el alcance y la tipología de los efectos de la ocurrencia de un fenómeno u otro enmarcado en la clasificación estudiada. Todo esto, aporta información fundamental para la planificación de mecanismos correctivos o de mitigación y rige también la producción de estadísticas y descripciones, que se traduce en el mayor indicador post-evento para la valoración de daños e impacto en general.

Y en etapas de ocurrencia, desarrollo y atención, son la capacidad de respuesta y recuperación de los entes afectados, las que dan paso a la determinación de consecuencias de larga duración o en su defecto, de inmediata neutralización; aspectos que dependen quizá exclusivamente de la preparación, estrategias y medidas previamente definidas en un proceso de capacitación y adquisición de herramientas permanente en base no a estadísticas si no a criterios técnicos argumentados por el conocimiento teórico y la intención de precautelar las condiciones actuales y todo lo que implican.

Son muchos los riesgos que se ubican bajo la denominación "Natural", así, los fenómenos de inundación, sequía, remoción en masa con su diversificación por origen y magnitud que vale decir no obedecen necesariamente a la intervención de individuos y condiciones

estrictamente naturales; pueden ser citados con carácter prioritario por conocimientos, impacto y frecuencia de ocurrencia; éstos además de los llamados incendios forestales, cuyo conocimiento si bien ha ido creciendo sustancialmente más por interés científico que por alguno orientado a su útil aplicación; que son el punto central en el estudio y tratamiento planteado en el presente proyecto y que por tanto, se detalla en sus etapas de origen, avance y propagación (entiéndase origen, desarrollo y comportamiento) en los párrafos siguientes:

Incendios Forestales

Variables tales como la tipología y contenido de los materiales de cobertura vegetal principalmente, la preparación del terreno y la geometría superficial del medio asociadas a condiciones atmosféricas en etapas extremas o eventualmente favorables para la ignición, desembocan en la generación de eventos de éste tipo cuya magnitud y características obedece a la aptitud de las variables mencionadas y la actuación de factores intensificadores o reductores del proceso. Destacar fundamentalmente las condiciones de humedad del escenario de actuación de los distintos agentes que, ante la reducción excesiva del porcentaje que a ésta variable corresponde, su efecto preparativo y la emisión de agentes reactivos (gases principalmente) potenciadores del fenómeno, resulta ser el principal punto a considerar en la definición del grado de la amenaza y el punto de partida para la definición de las características y alcance del evento mediante su interacción con los

parámetros y factores atmosféricos y ambientales en general, tales como la temperatura, intensidad de radiación, magnitud y dirección de los vientos y por supuesto, la posible intervención del contenido biótico animal desde criaturas salvajes en acciones involuntarias influyentes hasta el agente antrópico en sus cada vez más frecuentes acciones irresponsables y faltas de consciencia y raciocinio.

Como ya se verá más adelante, son muchos los parámetros y factores involucrados en la generación y definición de las características de cada incendio de éste tipo, todo esto asociado además por supuesto al escenario en el que tales fenómenos se desarrollan. Así, podemos mencionar en cuestiones de clasificación la relativa a la ubicación y disposición del material combustible o sujeto a tal efecto en la que podemos encontrar:

- Incendios Subterráneos.- Por debajo del terreno a partir del consumo de raíces, etc.
- Incendios Superficiales.- A partir de la ignición y consumo del material de cobertura de suelos expuesto a las condiciones favorables para el fenómeno, con alturas inferiores a los 2 metros.
- Incendios Aéreos o de Copas.- En materiales de alturas superiores por efecto intenso de la radiación y la circulación favorable del aire. Incendios de complejo control y gran capacidad de propagación bajo ciertas condiciones de densidad, modelos de cobertura vegetal, etc.

Esta como la más ampliamente utilizada y reconocida; y en un sentido al menos complementario, aquella basada principalmente en el modelo del combustible o potencial combustible más que en su geometría, en la que se definen:

- Incendios Muertos.- Donde los materiales expuestos, reactivos y atacados corresponden a materiales sueltos o en proceso de deterioro y descomposición; necromasa vegetal en sus diversas etapas.

- Incendios Vivos.- Todos los restantes dentro del grupo macro, donde más que la preparación del material expuesto, son la aptitud y combinación favorable de las condiciones del medio y agentes involucrados lo que define la generación y desarrollo del evento y/o fenómeno como tal.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE ZONAS DE AMENAZA POR INCENDIOS FORESTALES EN EL ECUADOR

2.1. IDENTIFICACIÓN DE FACTORES GENERADORES DE AMENAZA

Teniendo como consideración el objetivo y alcance del proyecto se consideran las variables o factores involucrados en la amenaza por incendios forestales, que serán tratadas y correlacionadas para tomar decisiones en cuanto a la selección del área de estudio y

nuestro modo de intervención ante los problemas propuestos, evitando en la medida de lo posible inconvenientes logísticos y priorizando adecuadas condiciones hidrogeológicas y atmosféricas.

Se presenta a continuación el detalle de las variables ó factores involucrados en la definición de la amenaza por incendios forestales:

Variables involucradas

- Modelo de Combustible
- Humedad del Combustible
- Temperatura
- Radiación
- Textura

2.1.1. Cobertura- Vegetación

Hace referencia a la naturaleza del material superficial expuesto ó protegido. Aquí, como complemento a la naturaleza propia del material, se presentan las siguientes consideraciones:

- A mayor densidad de biomasa (no hidratada), en condiciones normales, mayor potencial combustible.

- Mientras más fino el material, mayor superficie específica y mayor potencial combustible.
- Coberturas con elevado contenido de pastos ó material herbáceo en general presentan, en condiciones normales, mayor potencial combustible.
- A menor altura del material, menor influencia del factor radiación y menor aporte a la propagación. Elevado potencial generador de incendios superficiales y sub-superficiales sin embargo, acorde a densidad y naturaleza del material.
- Coberturas con alternancia ó en general variación de alturas, presentan reducción de potencial combustible por efecto sombra.

2.1.2. Tipo de Suelo

El tipo de suelo es otra de las variables que influirá en el grado de amenaza de un cierto sector, ya que dependiendo de las características del suelo y su capacidad para la retención de agua, su competencia para la agricultura y la cantidad de materia orgánica, características naturales del suelo que afectarán en su potencial capacidad para favorecer a la propagación y generación de un incendio forestal. Entre los diferentes tipos de suelo que podemos encontrar en el país tenemos:

Suelos arcillosos: Suelos que al estar conformado por arcilla, que es un material muy fino, suelen ser mayormente suelos con alta impermeabilidad, dificultando el paso tanto del agua como del aire, donde el agua suele acumularse en la parte superficial de este, lo que lo convierte en un suelo

poco favorable para la propagación de incendios forestales porque no suelen ser buenos para el cultivo, y al tener poca retención de agua, existe poca vegetación.

Suelos arenosos: Son suelos que no retienen el agua, y que por lo general son secos, el agua penetra rápidamente pasando de inmediato a capas más profundas, a su vez que no son aptos para la agricultura, este conjunto de características hacen que sea muy poco favorable para la generación y propagación de un incendio.

Suelos limosos: Suelos conformados por limos, material muy fino, aunque un poco menos fino que la arcilla, lo cual influye para que las características sean similares a la de los suelos arcillosos, siendo suelos con alta compactación, aunque suelen presentarse en zonas cercanas a ríos y esto los hace relativamente fértiles, pudiendo encontrar diferentes tipos de vegetación que pueden ser favorables para la propagación.

Suelos margosos: Suelos conformados por limo, arcilla, y arena, con una alta presencia de materia orgánica o humus, presente por lo general una coloración oscura, y extrae las características de los tres tipos de suelos anteriores, dejando pasar el agua, y reteniéndola a su vez, haciendo de estos, suelos muy favorables para la vegetación y por ende favorables para ser el poco de un posible proceso de ignición, al igual que su propagación.

Suelos pedregosos: Están conformados por pequeñas rocas de tamaños heterogéneos, factor que vuelve a estos suelos en poco receptivos del agua y también en no aptos para el cultivo, lo que beneficia para la no propagación de un posible incendio.

Suelos pantanosos: Suelos que suelen ser muy húmedos, de coloración oscura, muy bajo contenido mineral y acidez elevada. Se pueden encontrar vegetación que es capaz de absorber grandes cantidades de agua, lo que se considera como un suelo posibilidad de generación y propagación de incendios.

2.1.3. Uso del Suelo

Hace referencia a la naturaleza del material superficial expuesto ó protegido. Aquí, como complemento a la naturaleza propia del material, se presentan las siguientes consideraciones:

- A mayor densidad de biomasa (no hidratada), en condiciones normales, mayor potencial combustible.
- Mientras más fino el material, mayor superficie específica y mayor potencial combustible.
- Coberturas con elevado contenido de pastos ó material herbáceo en general presentan, en condiciones normales, mayor potencial combustible.

- A menor altura del material, menor influencia del factor radiación y menor aporte a la propagación. Elevado potencial generador de incendios superficiales y sub-superficiales sin embargo, acorde a densidad y naturaleza del material.
- Coberturas con alternancia ó en general variación de alturas, presentan reducción de potencial combustible por efecto sombra.

2.1.4. Pluviometría

La pluviometría en el Ecuador varia por regiones, en la Costa se registran el menor volumen de precipitaciones, con valores que van desde los 250 a los 2000 mm. En la región Sierra desde los 750 a los 2500 mm. Mientras que en la región oriental el rango se eleva desde los 2000 llegando hasta los 6000 mm.

En la península de Santa Elena, puede llegar hasta los 500 mm., aunque el promedio anual es de entre 125 a 150 mm.

Las consideraciones de niveles pluviométricos o de precipitación influirán directamente en la identificación de amenazas por incendios forestales, consideraciones que van de la mano con un aumento de la humedad de los materiales y del suelo, lo que atenuará y variará negativamente la generación de un incendio forestal.

Los niveles pluviométricos que van de la mano con factores atmosféricos, de latitud y de evaporación, teniendo como ejemplo la región oriental con los más altos niveles pluviométricos del país, y donde el suelo está constantemente humedecido, razón por la que hay poca o casi nula probabilidad de poderse iniciar un incendio.

2.1.5. Temperatura

Los valores de temperatura en el Ecuador están relacionados con la ubicación geográfica y su altitud, sobretodo en la región andina donde la altitud tiene una alta variabilidad, donde la media fluctúa de 8 a 20 °C, los valores máximos pueden ser de 22 hasta los 30°C y los valores mínimos de -4 a 5 °C. Tanto en la región costa, amazónica e insular la media anual ronda los 28°C, alcanzando un máximo de unos 38°C y unos valores mínimos cercanos a los 14°C.

La península de Santa Elena registra valores que van desde 23 a 25°C de media anual, donde se registran valores mínimos que llegan hasta los 15° y máximos que pueden llegar hasta los 39°C.

La temperatura es una variable de incidencia directa en el proceso de ignición y potencial propagación de incendios. Donde a mayor temperatura, existe una mayor evaporación y reducción de la humedad, creando las condiciones adecuadas para una posible zona de amenaza y generación de incendios.

2.1.6. Condiciones meteorológicas

Las condiciones climáticas en el Ecuador están influenciadas directamente por la presencia de la cordillera de los Andes, las corrientes marinas, el sistema meteorológico de la cuenca de la Amazonía, y de la altitud que por presencia de la cordillera pueden alcanzar hasta los 6000 metros, factor que afecta directamente a los valores de temperatura. Por su ubicación

en la latitud cero, Ecuador consta de dos estaciones. Invierno y verano, etapas húmeda y seca.

La región oriental experimenta una insignificante variación de temperatura y precipitación en estas dos estaciones. Posee un clima ecuatorial, con altos valores de precipitación y humedad. La temperatura varía desde los 22 a los 28°C y es una región que es afectada por masas de aire provenientes del noreste y sureste, conocidos como vientos alisios, lo cual junto con la presencia de la cordillera de los Andes, hace que exista un alto valor de precipitaciones durante todo el año.

Las condiciones meteorológicas de la región interandina, dependen mucho de la variabilidad de la altitud que en esta zona se presenta. Las temperaturas pueden variar desde -4 a los 30°C. las altas temperaturas se registran en los flancos de la cordillera, donde la altitud es menor.

La costa se caracteriza por un clima tropical, donde la temperatura puede variar de los 22 a 26°C, existe un periodo de alta precipitación desde el mes de diciembre hasta el mes de mayo, donde la corriente cálida del niño baña las costas, y otro periodo donde la precipitación es de baja a nula desde el mes de mayo hasta los meses de octubre o noviembre, donde actúa la corriente fría de Humboldt.

Las condiciones meteorológicas de la península de Sta. Elena, esta afectadas de igual manera por la corrientes de Humboldt y del Niño, es en general una zona que se va de árida a semiárida, que consta igualmente de periodos secos y lluviosos, con la característica de

que en la época lluviosa se registran aproximadamente el 90% de las precipitaciones durante todo el año.

2.2. PONDERACIÓN DE FACTORES GENERADORES DE AMENAZA

Con la presente información preliminar, se procede al cálculo de la amenaza (por incendios de origen natural) mediante una correlación matemática y ponderación de las variables implicadas para la generación de la cartografía temática correspondiente reclasificada en una escala de 1-5.

2.2.1. Ponderación Intra- Factores

Para la generación de un mapa de amenazas por incendios forestales se toma en consideración las siguientes variables presentadas a continuación con su respectiva ponderación.

Modelo de combustible: Hace referencia a la naturaleza del material superficial expuesto o protegido.

Los siguientes son algunos ejemplos de modelos de combustible, con sus respectivos pesos en una escala de 1-5, según las consideraciones previas:

Tabla de modelos de combustible y ponderación por incendios

DESCRIPCIÓN	COMBUSTIBLE	Peso
100% AREA EROSIONADA	1	1
100% AFLORAMIENTO ROCOSO	1	1
100% NIEVE O HIELO	1	1
100% CUERPO DE AGUA NATURAL	1	1
100% CULTIVOS CICLO CORTO	2	1
50% CULTIVOS CICLO CORTO CON 50% CULTIVO DE INVERNADERO	2	1
100% BOSQUE PLANTADO	7	2
100% FRUTALES	3	2
50% BOSQUE NATURAL CON 50% PASTOS CULTIVADOS	5	2
50% BOSQUE NATURAL CON 50% PASTOS NATURALES	5	2
70% CULTIVOS CICLO CORTO CON 30% BOSQUE PLANTADO	4	2
100% CULTIVOS DE INVERNADERO	5	2
70% FRUTALES CON 30% CULTIVOS CICLO CORTO	3	2
50% BOSQUE NATURAL CON 50% ARBORICULTURA TROPICAL	5	3
100% BOSQUE NATURAL	3	3
50% BOSQUE PLANTADO CON 50% CULTIVOS CICLO CORTO	2	3
50% BOSQUE PLANTADO CON 50% PASTOS CULTIVADOS	2	3
70% CULTIVOS CICLO CORTO CON 30% AREAS EROSIONADAS	10	3
70% CULTIVOS CICLO CORTO CON 30% CULTIVOS DE INVERNADERO	6	3
70% CAÑA DE AZUCAR CON 30% MAIZ	4	3
50% ARBORICULTURA TROPICAL CON 50% PASTOS CULTIVADOS	4	3
70% PASTO CULTIVADO CON 30% BOSQUE INTERVENIDO	6	3
70% PASTO CULTIVADO CON 30% CULTIVO DE INVERNADERO	6	3
100% ZONA URBANA	1	3

Tabla II.I. Valores referenciales para ponderación intra-factores

Tabla de modelos de combustible y ponderación por incendios

50% CULTIVOS CICLO CORTO CON 50% PASTOS CULTIVADOS	8	3
70% CULTIVOS CICLO CORTO CON 30% AREAS EN PROCESO DE EROSION	10	3
70% FRUTALES CON 30% MAIZ	8	3
70% PASTO CULTIVADO CON 30% AREAS EROSIONADAS	3	3
70% PASTO NATURAL CON 30% FRUTALES	3	3
70% CULTIVOS CICLO CORTO CON 30% PALMA AFRICANA	7	4
70% PASTO CULTIVADO CON 30% CULTIVOS CICLO CORTO	6	4
70% PASTO CULTIVADO CON 30% VEGETACION ARBUSTIVA	5	4
70% PASTO NATURAL CON 30% AREAS EROSIONADAS	3	4
70% VEGETACION ARBUSTIVA CON 30% CULTIVO CICLO CORTO	5	4
70% BOSQUE NATURAL CON 30% PASTO CULTIVADO	10	4
50% CULTIVOS CICLO CORTO CON 50% VEGETACION ARBUSTIVA	10	4
70% CULTIVOS CICLO CORTO CON 30% PASTO NATURAL	8	4
70% CULTIVOS CICLO CORTO CON 30% PASTO NATURAL	8	4
50% CULTIVOS CON 50% MAIZ	9	4
70% MAIZ CON 30% CULTIVOS DE INVERNADERO	7	4
50% PASTOS CULTIVADOS CON 50% VEGETACION ARBUSTIVA	7	4
70% PASTO CULTIVADO CON 30% MAIZ	7	4
70% PASTO NATURAL CON 30% AREAS EN PROCESO DE EROSION	3	4
70% PASTO NATURAL CON 30% PASTO CULTIVADO	10	4
100% VEGETACION ARBUSTIVA	7	4
70% MAIZ CON 30% VEGETACION ARBUSTIVA	8	5
100% PASTO CULTIVADO	10	5
50% PASTO NATURAL CON 50% VEGETACION ARBUSTIVA	8	5
100% PARAMO	9	5

Tabla II.I. Valores referenciales para ponderación intra-factores. (Continuación)

Tabla de modelos de combustible y ponderación por incendios

50% PARAMO CON 50% VEGETACION ARBUSTIVA	8	5
100% MAIZ	10	5
50% MAIZ CON 50% PASTOS CULTIVADOS	10	5
50% PASTOS CULTIVADOS CON 50% PASTOS NATURALES	10	5
50% PASTOS CULTIVADOS CON 50% PARAMO	10	5
100% PASTO NATURAL	10	5

Tabla II.I. Valores referenciales para ponderación intra-factores. (Continuación)

Humedad del combustible: variable que ha sido desarrollada con una combinación a su vez con otras variables que han sido ponderadas y detalladas en la sección 2.2.1 en la ponderación de Intra-Factores, sus variables son:

- Precipitación: Rangos más elevados contribuyen al incremento de la humedad acorde a la capacidad de retención del material. Sugerencia (mm):

RANGO	HumComb
0-800	5
800-1600	4
1600-2400	3
2400-3200	2
> 3200	1

Tabla II.II. Rangos de precipitación- Ponderación para humedad

- Temperatura: Rangos elevados de temperatura favorecen la evapotranspiración, reduciendo con esto la humedad del material.

Sugerencia (Grados Celsius):

RANGO	HumComb
0-8	1
8-16	2
16-24	3
24-32	4
> 32	5

Tabla II.III. Rangos de temperatura- Ponderación para humedad

- Pendiente o geomorfología: Pendientes pronunciadas favorecen la escorrentía y la reducción en número y amplitud de zonas de saturación; así como también, reducen el volumen de líquido interceptado. Todo esto se traduce en bajos niveles de humedad.
- Textura: Del suelo y material subyacente. Porosidades elevadas permiten la mayor acumulación del recurso hídrico. Fuente potencial de alimentación (de agua) de la cobertura.
- Uso de suelo: Efecto directo en la definición de valores correspondientes al balance hídrico local.

Temperatura: Variable de incidencia directa en el proceso de ignición y potencial propagación de incendios.

Se propone los siguientes rangos a considerar con sus respectivos pesos en una escala de 1-5:

RANGO	Peso
0-8	1
8-16	2
16-24	3
24-32	4
> 32	5

Tabla II.IV. Rangos de temperatura- Ponderación para amenaza

Radiación: Variable de incidencia directa en el proceso de ignición y potencial propagación de incendios. Se propone para mayor aproximación a la realidad su análisis en conjunto con la información topográfica disponible (consideración de cotas- valores directamente proporcionales a la intensidad de la radiación, en condiciones normales).

Se propone los siguientes rangos a considerar con sus respectivos pesos en una escala de 1-5:

RANGO	Peso
0 a 2	1
2 a 4	2
4 a 6	3
6 a 8	4
> 8	5

Tabla II.V. Rangos de radiación- Ponderación para amenaza

Los valores de radiación se someten previamente a combinación con la información de cotas (DEM) con influencias 50% y 0% en el cálculo del raster a utilizar finalmente para la definición de la amenaza.

Textura: del suelo y material subyacente. Variable de incidencia directa en el proceso de ignición y potencial propagación de incendios.

Los siguientes son algunos ejemplos de texturas (porosidad y permeabilidad solamente), con sus respectivos pesos en una escala de 1-5, según las consideraciones previas:

Tabla de texturas y ponderación por incendios forestales

PERMIABILI	TIPO_PERM	SIMBOLO1	Peso
GENERALMENTE ALTA	POROSIDAD INTERGRANULAR	Da	2
GENERALMENTE ALTA	POROSIDAD INTERGRANULAR	Dc	2
GENERALMENTE ALTA	POROSIDAD INTERGRANULAR	Te	2
GENERALMENTE ALTA	POROSIDAD INTERGRANULAR	Da	2
GENERALMENTE BAJA	FISURACION	ES	2
GENERALMENTE ALTA	POROSIDAD INTERGRANULAR	Ti	2
GENERALMENTE ALTA	POROSIDAD INTERGRANULAR	De	2
GENERALMENTE ALTA	POROSIDAD INTERGRANULAR	DI	2
GENERALMENTE ALTA	POROSIDAD INTERGRANULAR	Tg	2
GENERALMENTE ALTA	POROSIDAD INTERGRANULAR	T1-3	2
GENERALMENTE BAJA	FISURACION	KAZ	2
MEDIA A ALTA	POROSIDAD INTERGRANULAR	QS	2
MEDIA A ALTA	POROSIDAD INTERGRANULAR	Lh	2
MEDIA A ALTA	POROSIDAD INTERGRANULAR	gu	2
MEDIA	POROSIDAD INTERGRANULAR	QL	3
MEDIA	POROSIDAD INTERGRANULAR	dg	3
MEDIA	POROSIDAD INTERGRANULAR	Qc	3
		Wn	3

Tabla II.VI. Valores referenciales para ponderación de características texturales- Definición de la amenaza

Tabla de texturas y ponderación por incendios forestales

MEDIA	POROSIDAD INTERGRANULAR	gt	3
		Wn	3
		Re	3
MEDIA	POROSIDAD INTERGRANULAR	QL	3
MEDIA	POROSIDAD INTERGRANULAR	Qc	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	Pv	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	QP	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	PA	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	PM	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	QP	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	Pv	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	PÑ	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	PG	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	Pch	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	Ps	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	sd	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	PI	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	PM	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	sd	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	Pv	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	Pvp	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	Pp	3

Tabla II.VI. Valores referenciales para ponderación de características texturales- Definición de la

amenaza. (Continuación)

Tabla de texturas y ponderación por incendios forestales

BAJA A MEDIA	FISURACION	PMo	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	Hp	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	Hpt	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	PpS	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	QD	3
BAJA A MEDIA	FISURACION	Psñ	3
BAJA	POROSIDAD INTERGRANULAR	EZ	4
BAJA	POROSIDAD INTERGRANULAR	Tc	4
MUY BAJA	FISURACION	K P	5
MUY BAJA	FISURACION	PC EM	5
MUY BAJA	FISURACION	KAZ	5
MUY BAJA	FISURACION	MP I P	5
PRACTICAMENTE IMPERMEABLE	POROSIDAD INTERGRANULAR Y FISURACION-ROCAS SIN IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA	bb	5
PRACTICAMENTE IMPERMEABLE	POROSIDAD INTERGRANULAR Y FISURACION-ROCAS SIN IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA	g	5
PRACTICAMENTE IMPERMEABLE	POROSIDAD INTERGRANULAR Y FISURACION-ROCAS SIN IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA	CZ()	5
PRACTICAMENTE IMPERMEABLE	POROSIDAD INTERGRANULAR Y FISURACION-ROCAS SIN IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA	gd	5
PRACTICAMENTE IMPERMEABLE	POROSIDAD INTERGRANULAR Y FISURACION-ROCAS SIN IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA	tn	5

Tabla II.VI. Valores referenciales para ponderación de características texturales- Definición de la amenaza. (Continuación)

Los pesos asignados a ésta variable para el cálculo de la “Humedad del combustible” no serán los mismos a asignar al momento de emplear dicha capa en el cálculo final de la amenaza. Para el segundo caso, los pesos serán los opuestos a los del primero (Ejemplo: 2 en Humedad será 4 en Amenaza; 1 en Humedad será 5 en Amenaza; 3 igual en ambos casos.).

Sobre la influencia de cada variable en el cálculo de la “Humedad del combustible”, se sugieren los siguientes valores:

Hum= Precipitación*0.35 + Textura*0.20 + Temperatura*0.15 + Uso del suelo*0.15 + Pendiente*0.15

2.2.2. Ponderación Inter- Factores

Generada la presente información preliminar, se procede al cálculo de la amenaza (por incendios de origen natural) mediante su correlación matemática y a la generación de la cartografía temática correspondiente reclasificada en una escala de 1-5.

A continuación se presenta la descripción del correspondiente tratamiento así como también, los pesos asignados a cada una de las variables principales en el procesamiento final de la data, pesos que pueden variar dependiendo de la calidad y cantidad de datos previos al cálculo u otros factores que la investigación requiera, etc.:

$$\text{AMENAZA} = \text{HUMEDAD} * 0.13 + \text{MODELO DE COMBUSTIBLE} * 0.45 + \text{TEMPERATURA} * 0.10 + \text{RADIACIÓN} * 0.25 + \text{TEXTURA} * 0.07$$

2.3. MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO CONJUNTO DE FACTORES GENERADORES DE AMENAZA

Previa selección, análisis, establecimiento y correlación de los diferentes parámetros involucrados en la definición de la amenaza estudiada, se procedió a su tratamiento y/o procesamiento digital, mediante el uso de las herramientas disponibles, orientadas al cálculo o generación de las correspondientes clases a caracterizar la magnitud y dimensión en general de tal fenómeno.

Partiendo de la inserción de la respectiva información geográfica en cada una de las fracciones de la data disponible y pre-procesada, se sometió la cartografía parcial a una combinación lógica para la obtención y representación valorada de las condiciones de interés.

Así, a continuación se detalla el tratamiento dado y los resultados obtenidos para cada variable parcial calificada como influyente en la generación de la amenaza que se busca zonificar, así como un breve repaso de la naturaleza y magnitud de dicha influencia:

2.3.1. Humedad

Orientada a la medición y zonificación del grado de humedad presente en el material de cobertura expuesto a potencial ignición. Consistente en una de las principales variables a considerar en la definición de la amenaza, parte del análisis de aspectos tales como textura, densidad, espaciamiento, grosor y composición de la materia disponible, sin excluir la influencia directa o indirecta del volumen de necromasa frecuentemente presente en la mayoría de medios naturales.

La técnica de tratamiento digital parte de la correspondiente ponderación de la influencia de los elementos existentes en el área de estudio sobre la ocurrencia o desarrollo de la amenaza en estudio, para su posterior rasterización (zonificación de influencia orientada a la amenaza- cartografía) y re-procesamiento conjunto con las demás variables establecidas en la metodología global mediante el uso de los resultados parciales obtenidos para cada una.

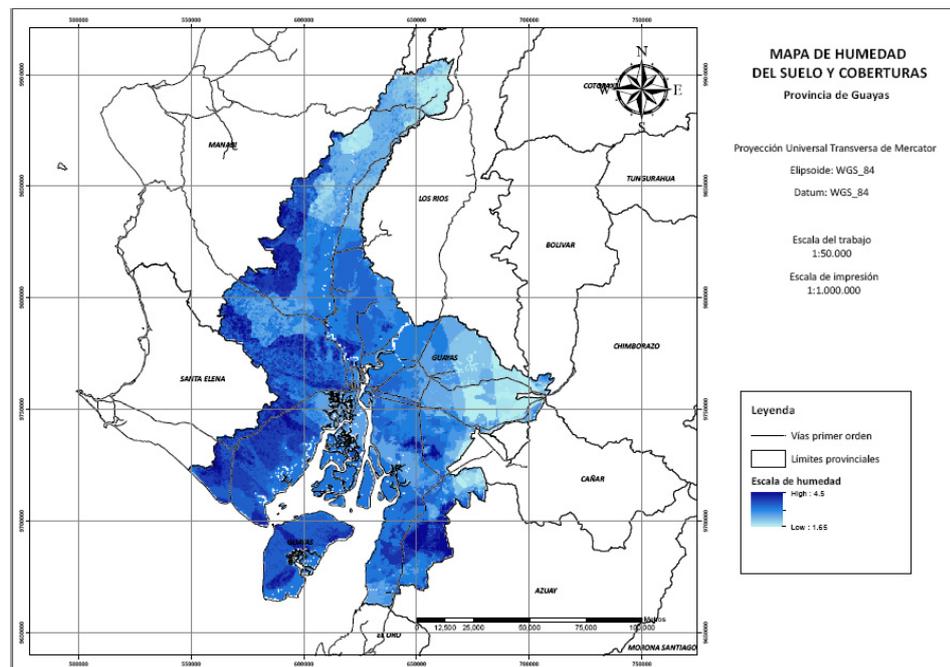


Imagen 2.1. Zonificación de variable “Humedad” para la provincia de Guayas- Raster generado en herramienta SIG.

2.3.2. Modelo de Combustible

Define como ya se ha explicado en secciones anteriores, la calidad del material en su potencial aporte a la generación del fenómeno en estudio, partiendo por supuesto de características composicionales, potencial preparación natural y demás aspectos influyentes.

La técnica de tratamiento digital parte de la correspondiente ponderación de la influencia de los elementos existentes en el área de estudio sobre la ocurrencia o desarrollo de la amenaza en estudio, para su posterior rasterización (zonificación de influencia orientada a la

amenaza- cartografía) y re-procesamiento conjunto con las demás variables establecidas en la metodología global mediante el uso de los resultados parciales obtenidos para cada una.

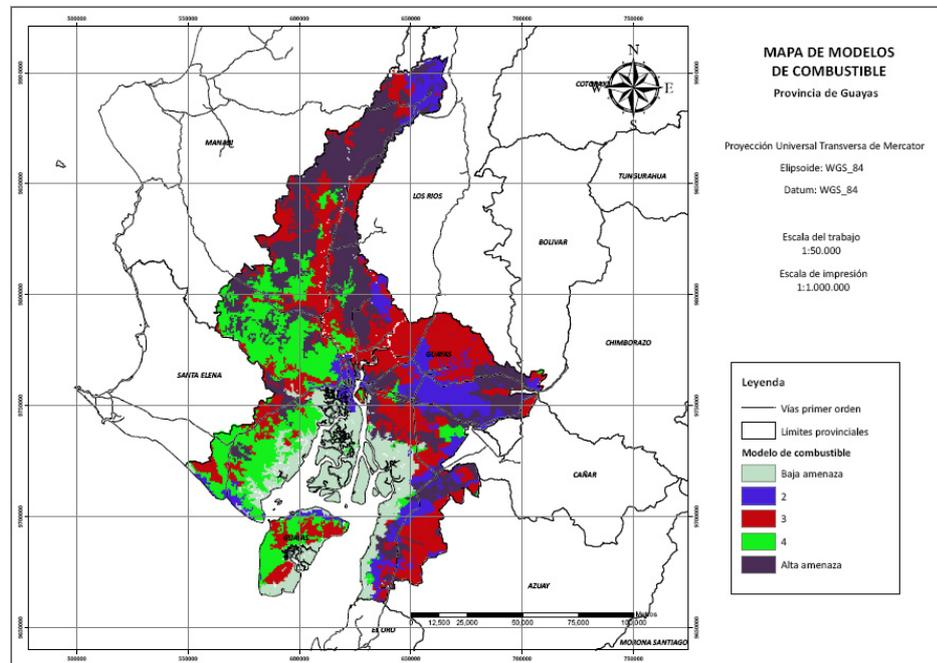


Imagen 2.2. Zonificación de variable “Modelo de combustible” para la provincia de Guayas- Raster generado en herramienta SIG.

2.3.3. Temperatura

Aspecto definitorio de la amenaza aunque en un rango y grado de influencia no determinante (en condiciones normales); brinda información básica para la caracterización atmosférica del medio en estudio y se traduce en un efecto parcial idóneo para la tarea de inducir condiciones y agentes de preparación de materiales y condiciones de influencia más específica o incidencia directa. Se ve sin embargo afectada por la amplitud de la escala disponible.

La técnica de tratamiento digital parte de la correspondiente ponderación de la influencia de los elementos existentes en el área de estudio sobre la ocurrencia o desarrollo de la amenaza en estudio, para su posterior rasterización (zonificación de influencia orientada a la amenaza- cartografía) y re-procesamiento conjunto con las demás variables establecidas en la metodología global mediante el uso de los resultados parciales obtenidos para cada una.

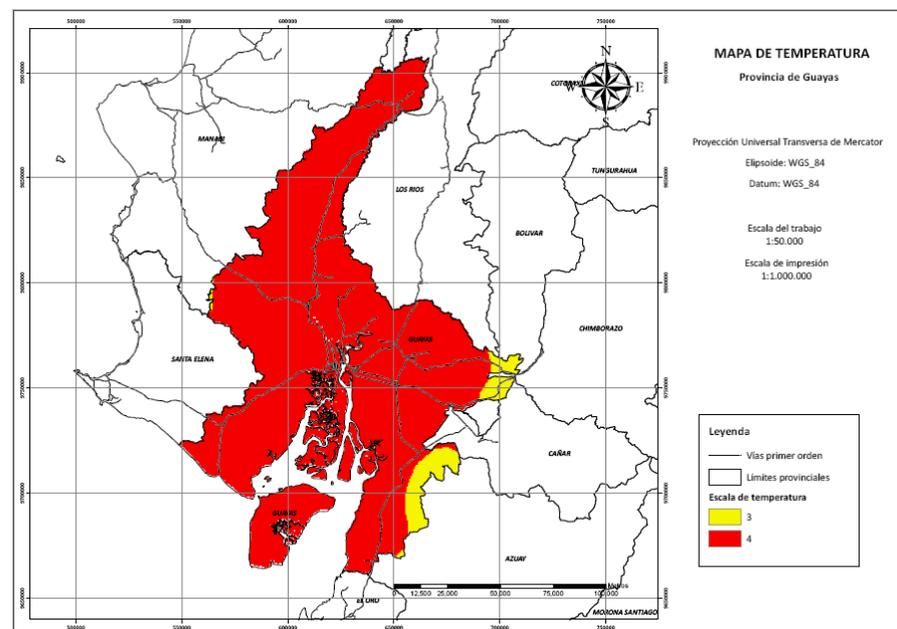


Imagen 2.3. Zonificación de variable “Temperatura” para la provincia de Guayas- Raster generado en herramienta SIG.

2.3.4. Radiación

Factor y variable con características de detonante; esto es, agente de influencia directa en todos los sentidos sobre la existencia de la amenaza tratada, así como de la potencial ocurrencia del fenómeno y evento objetivo.

La técnica de tratamiento digital parte de la correspondiente ponderación de la influencia de los elementos existentes en el área de estudio sobre la ocurrencia o desarrollo de la amenaza en estudio, para su posterior rasterización (zonificación de influencia orientada a la amenaza- cartografía) y re-procesamiento conjunto con las demás variables establecidas en la metodología global mediante el uso de los resultados parciales obtenidos para cada una.

Dada la falta de detalle en la información disponible para la presente variable y su flexibilidad para tal tratamiento previo, se procedió a su análisis conjunto con la data de elevación, orientado a su inserción real en el caso de estudio a más de, por supuesto, el incremento en la precisión y filtrado de los datos dado inicialmente entregados, todo esto, dentro del marco de los principios teóricos que sustentan tal relación.

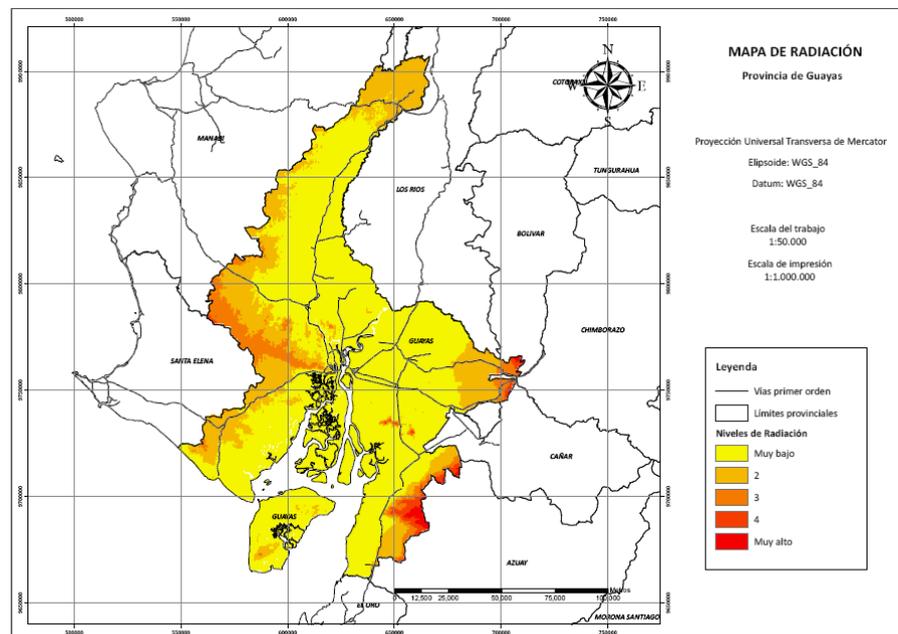


Imagen 2.4. Zonificación de variable “Radiación” para la provincia de Guayas- Raster generado en herramienta SIG.

2.3.5. Textura

Engloba dada la naturaleza y el criterio técnico del tratamiento y discriminación de la información disponible, desde condiciones asociadas a la humedad de suelos y combustibles hasta, aspectos ligados principalmente con la densidad y disposición de las coberturas como condición determinante la existencia y acción de las demás variables involucradas.

La técnica de tratamiento digital parte de la correspondiente ponderación de la influencia de los elementos existentes en el área de estudio sobre la ocurrencia o desarrollo de la amenaza en estudio, para su posterior rasterización (zonificación de influencia orientada a la amenaza- cartografía) y re-procesamiento conjunto con las demás variables establecidas en la metodología global mediante el uso de los resultados parciales obtenidos para cada una.

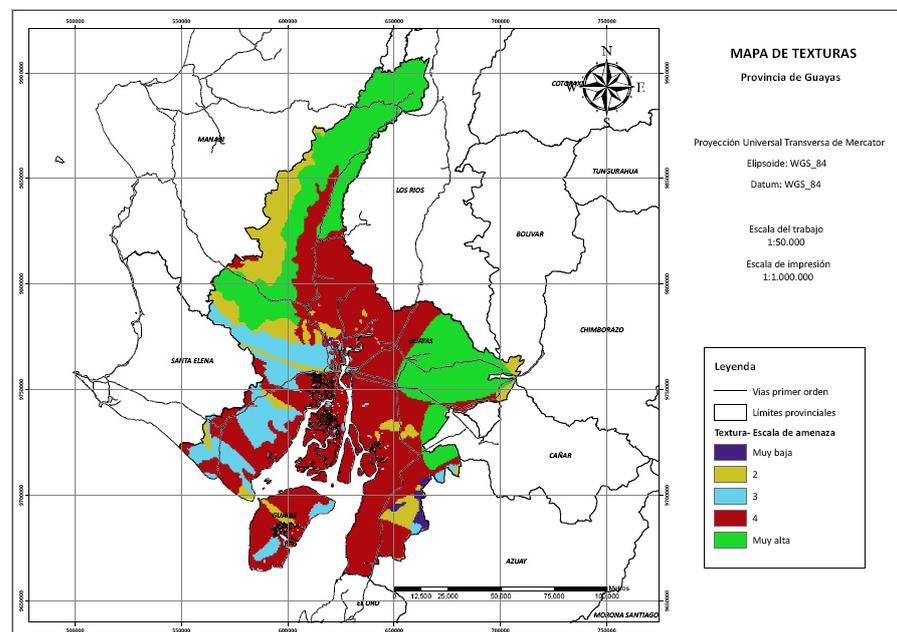


Imagen 2.5. Zonificación de variable "Textura" para la provincia de Guayas- Raster generado en herramienta SIG.

2.4. ZONIFICACIÓN Y MEDICIÓN DE LA AMENAZA

Se presenta así el resultado obtenido a partir de la combinación de las variables parciales antes descritas e influyentes en la existencia de la amenaza a zonificar, traduciéndose ésta en la representación de un procesamiento algebraico celda a celda de los elementos preparados para su participación en el análisis (aplicación de herramientas de álgebra de mapas- SIG).

La zonificación toma forma mediante el establecimiento de cinco clases con variación creciente 1-5 para la exposición de magnitudes de amenaza que van de “Muy baja” a “Muy Alta” respectivamente.

El procesamiento acoge la ponderación general de la influencia de las variables parciales involucradas presentada durante la descripción metodológica global de la medición y zonificación de la amenaza.

$$\text{AMENAZA} = \text{HUMEDAD} * 0.13 + \text{MODELO DE COMBUSTIBLE} * 0.45 + \text{TEMPERATURA} * 0.10 + \text{RADIACIÓN} * 0.25 + \text{TEXTURA} * 0.07$$

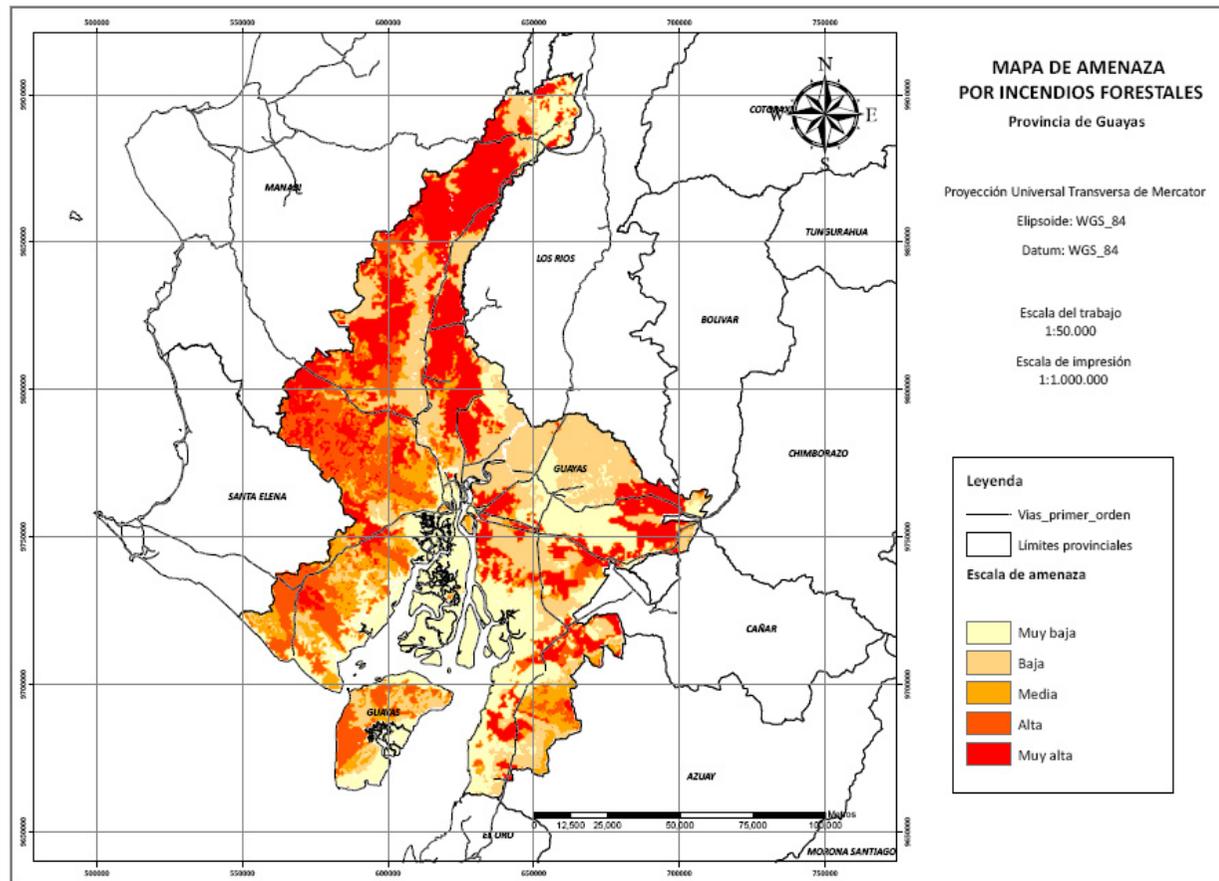


Imagen 2.6. Mapa de zonificación de amenaza por incendios forestales para la provincia de Guayas- Raster generado en herramienta SIG.

2.5. ANÁLISIS DE PRIORIDAD

Para ésta etapa del trabajo como parte fundamental en la especialización del tratamiento y para la posterior estandarización metodológica se establecieron los siguientes aspectos definitorios:

- Grado de amenaza (en base a la cartografía- zonificación generada previamente).
- Existencia de elementos expuestos a proteger (vegetación, infraestructura, etc.).
- Accesibilidad (Dificultades significativas para la actuación de entes y empleo de métodos y técnicas de control tradicionales).
- Otros (condiciones naturales y antrópicas accesorias).

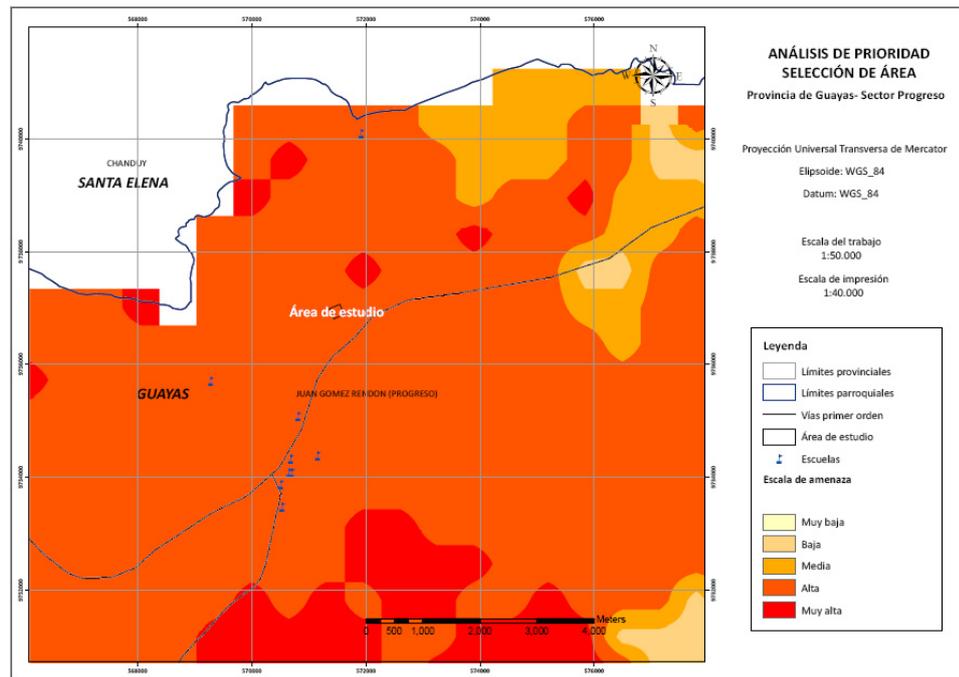


Imagen 2.7. Ilustración de elementos involucrados en la definición de prioridad- Selección parcial- Raster generado en herramienta SIG.

2.6. SELECCIÓN DE AREA PILOTO (ÁREA DE ESTUDIO)

Se procede entonces a la selección del área de estudio, en base a los parámetros, condiciones y tratamientos previamente detallados; consistiendo ésta de 200 hectáreas cubiertas por vegetación de elevado aporte a la generación de la amenaza enmarcándose por ello en clase “Alta” según la zonificación disponible.

Se registra la existencia de infraestructura de interés, expuesta a potenciales efectos negativos ante una potencial ocurrencia del evento objetivo; y se concluye un grado de inaccesibilidad suficiente para su consideración para el desarrollo y aplicación proyectada del presente proyecto.

El sector está ubicado en la provincia de Guayas, cantón Guayaquil, parroquia Juan Gómez Rendón (Progreso), entre las coordenadas (569,818.455; 9736,463.257); (570,817.532; 9736,464.717); (569,817.733; 9735,463.803); (570,817.519; 9735,463.124), ilustrada en el gráfico presentado a continuación.

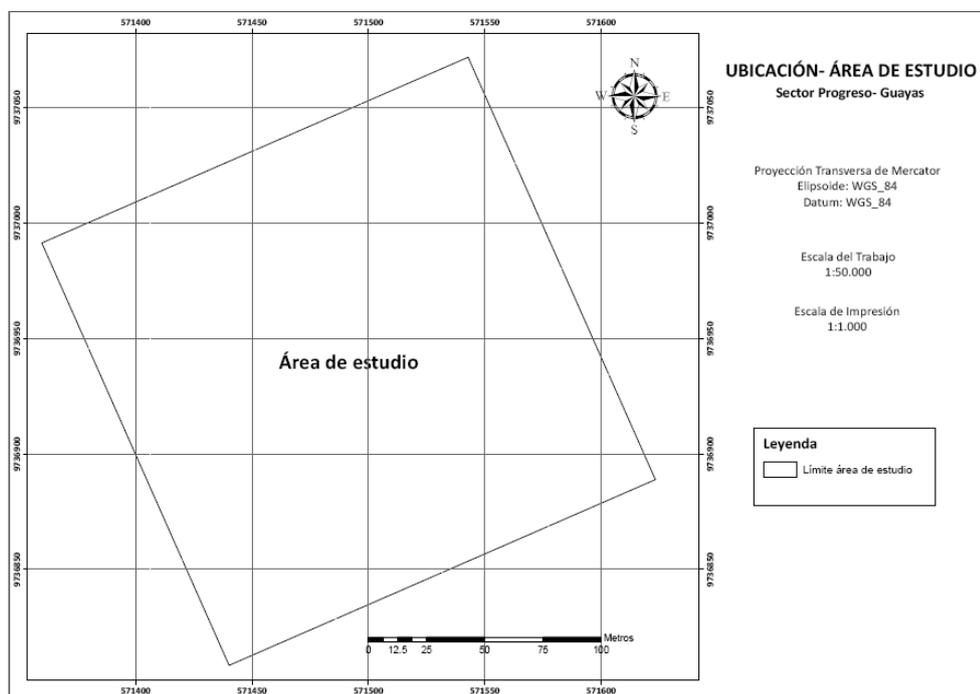


Imagen 2.8. Área piloto seleccionada con malla para muestreo sistemático- Raster generado en herramienta SIG.

CAPÍTULO III

GEOLOGÍA Y ASPECTOS COMPLEMENTARIOS DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. GEOLOGÍA REGIONAL

3.1.1. Litología Regional

El dominio geológico de la provincia del Guayas está regido por características estructurales que permiten el afloramiento de varias de las formaciones correspondientes a épocas del

Terciario, una de estas es el levantamiento de Sta. Elena ubicado entre la falla La Cruz y la falla Posorja ambas de rumbo NO. El basamento de toda esta zona es compuesto por material basáltico correspondiente a la Fm. Piñón de edad Cretácica, que no aflora, pero se ha encontrado material basáltico de esta formación en la cordillera Chongón-Colonche al norte de la provincia y que junto con la cuenca Progreso significan los rasgos más importantes de la geología regional. Añadiendo fallas que han modelado el terreno y topografía, como la falla La Cruz al sur y la falla sinistral Carrizal al norte cerca de la cordillera Chongón-Colonche.

Formaciones que afloran dentro de la provincia, tenemos en orden cronológico: formación Cayo, Guayaquil, San Eduardo, Zapotal, Dos Bocas, Villingota, Progreso, Puná, Tablazo, formaciones de edad Terciaria en su mayoría a excepción de Cayo y Guayaquil, pertenecientes al Cretácico Superior.

3.1.2. Geomorfología Regional

En la zona de la provincia del Guayas existen varios dominios geológicos que rigen el modelo geomorfológico, entre estas estructuras tenemos la llanura aluvial de los ríos Daule y Babahoyo, la cordillera Chongón-Colonche y el complejo estuarino del río Guayas.

La llanura aluvial de los ríos Daule y Babahoyo

Se encuentra al norte del área urbana de la ciudad de Guayaquil y también en parte del cantón Durán y Samborondón. Está conformada por las cuencas

hidrográficas de los ríos Daule y Babahoyo que tiene su confluencia en el sector de la Puntilla, dando origen al río Guayas que presenta un comportamiento estuarino, y junto a este se genera algunas geoformas de la llanura aluvial, como las llanuras de inundación y meandros abandonados.

Complejo Deltaico Estuarino del Río Guayas

Corresponde a una extensa área de geometría triangular, constituida de un sinnúmero de pequeñas islas con manglar como vegetación y canales de agua salobre que se extienden hasta los cerros Del Carmen, Santa Ana y Durán.

Cordillera Chongón-Colonche

Se ubica en la parte noroeste de la provincia, desarrollada hacia el oeste desde el sector de Bellavista e la ciudad de Guayaquil. Es una estructura homoclinal que levanta formaciones del Paleógeno y del Cretácico que han estado en procesos erosivos desde el Eoceno superior.

3.1.3. Geomorfometría Regional

3.1.1.1. Pendiente

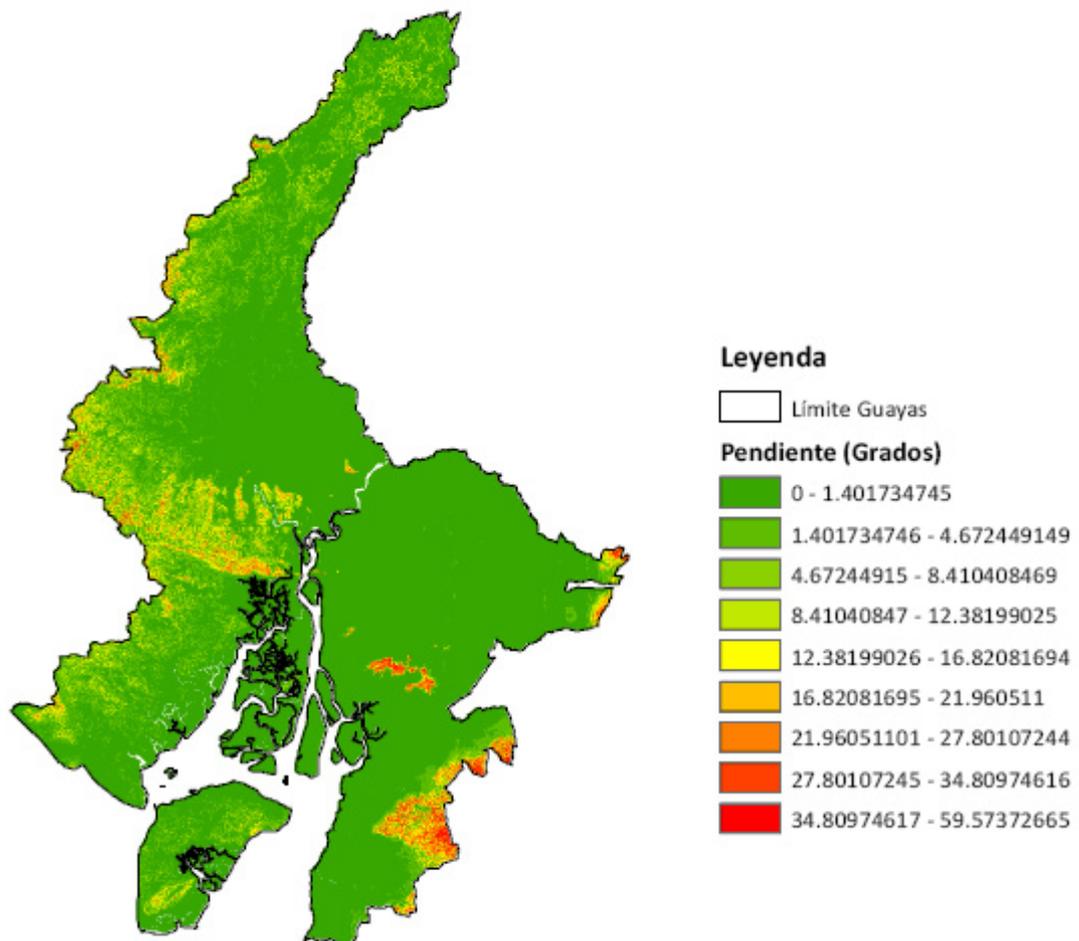


Imagen 3.1. Mapa de "Pendientes"- Provincia de Guayas.

3.1.1.2. Curvatura

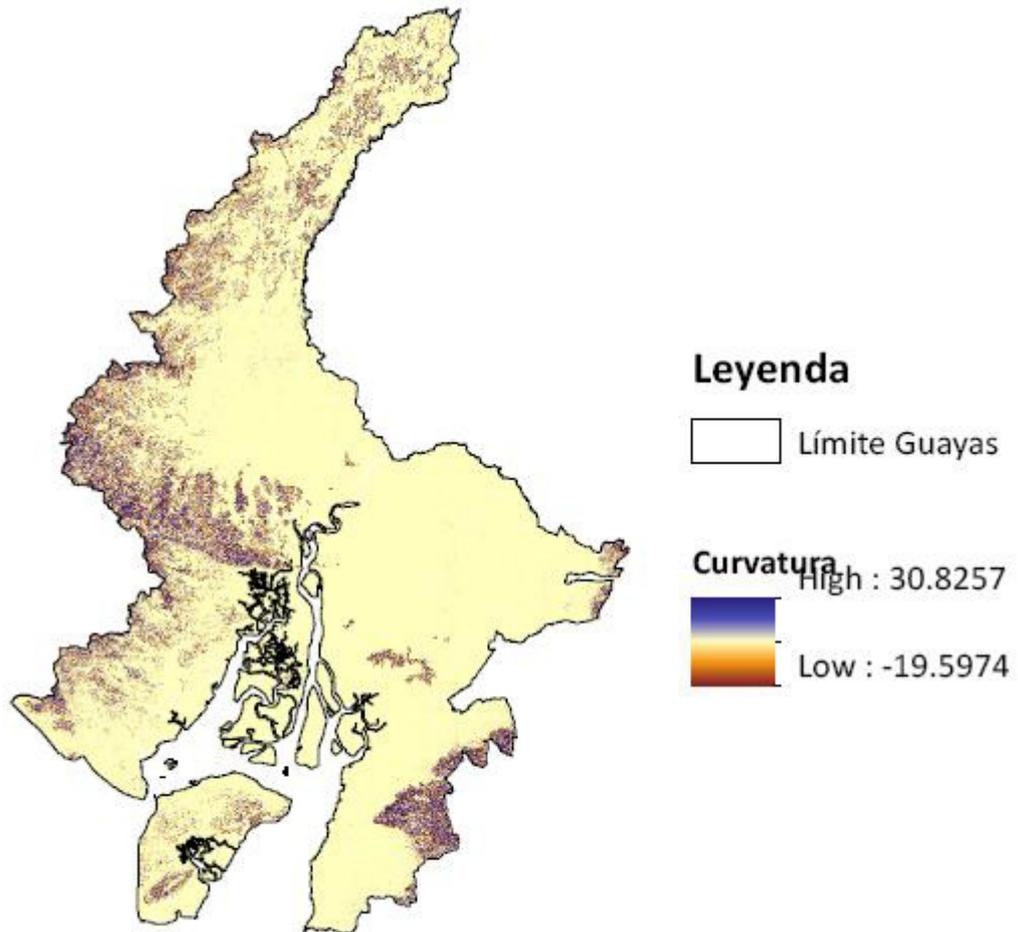


Imagen 3.2. Mapa de "Curvatura" - Provincia de Guayas.

3.1.1.3. Aspecto

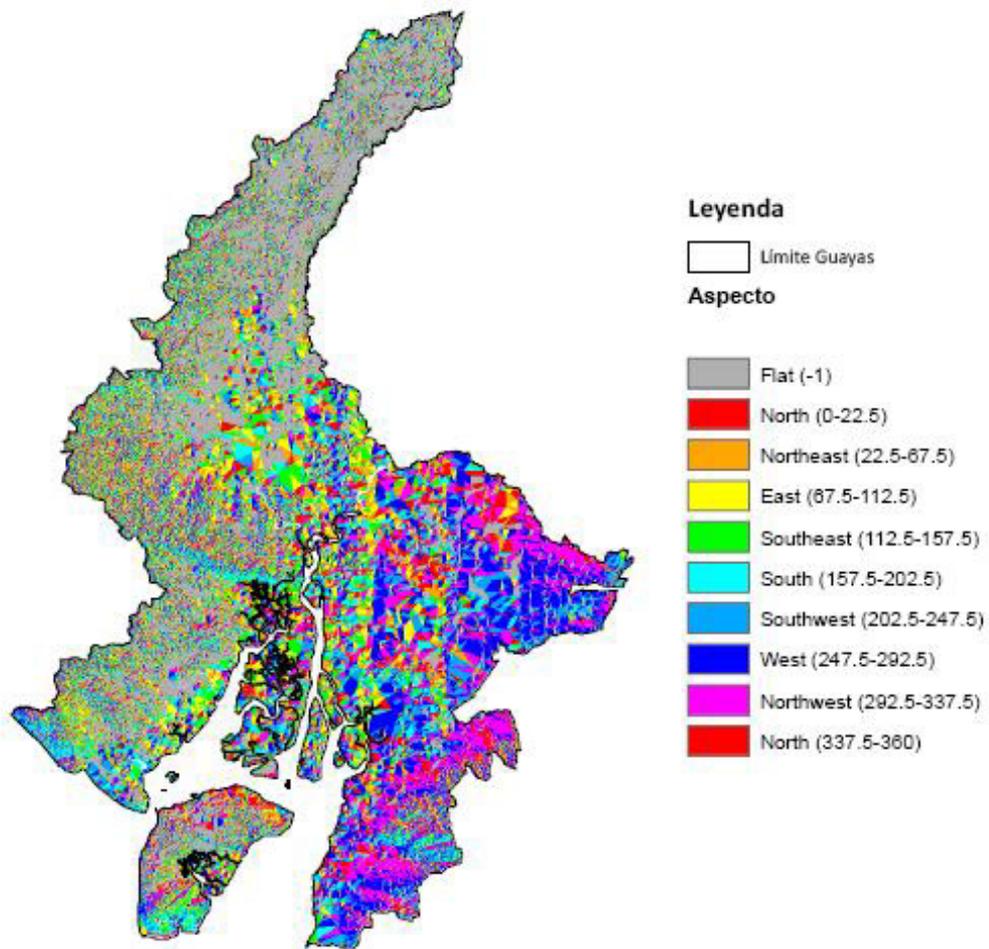


Imagen 3.3. Mapa de "Aspecto"- Provincia de Guayas.

3.2. GEOLOGÍA LOCAL

3.2.1. Litología Local

El área piloto está ubicada dentro de la cuenca Progreso, que es una depresión sinclinal, que sufrió una subsidencia en el Oligoceno Tardío y un relleno de sedimentos del Oligoceno y Mioceno. Tuvo su origen durante el término del Eoceno e inicio del Oligoceno.

En la cuenca Progreso se encuentra un afloramiento de una sucesión estratigráfica conformada por las siguientes formaciones terciarias: Zapotal, Dos Bocas, Villingota, Progreso, Puná y Tablazo.

Hacia sus bordes afloran formaciones cada vez más antiguas, separadas por fallas escalonadas con rumbo igual al eje de la cuenca, generadas por el mismo hundimiento de la cuenca.

3.2.2. Geomorfología Local

Esta cuenca tiene aproximadamente 1000 metros de espesor en su parte central, y su superficie es de 3200 Km², ubicada en la zona de antearco, con límites al Norte la cordillera Chongón-Colonche y al sur el levantamiento de Santa Elena.

En el levantamiento de Santa Elena, se encuentra la falla La Cruz, que es una falla normal de gran ángulo con buzamiento hacia el este. Su desplazamiento se ha estimado en 2100 metros, el patrón de fallas se lo considera por un incremento del esfuerzo debido al

aumento de carga deposicional en los últimos periodos terciarios, que provocaron nuevos movimientos en las fallas.

3.2.3. Geomorfometría Local

3.2.3.1. Pendiente

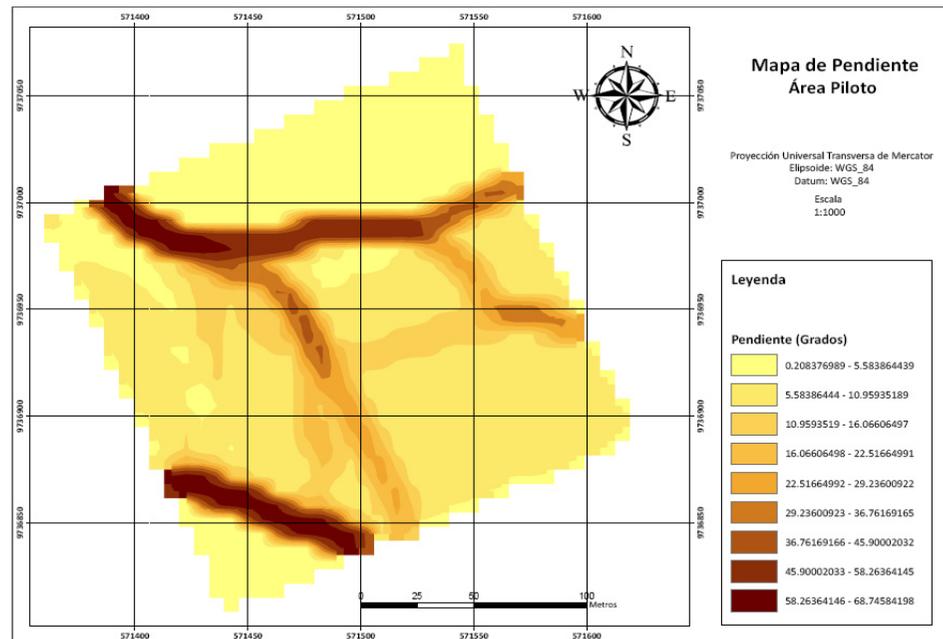


Imagen 3.4. Mapa de "Pendientes" para el área de estudio

3.2.3.2. Curvatura

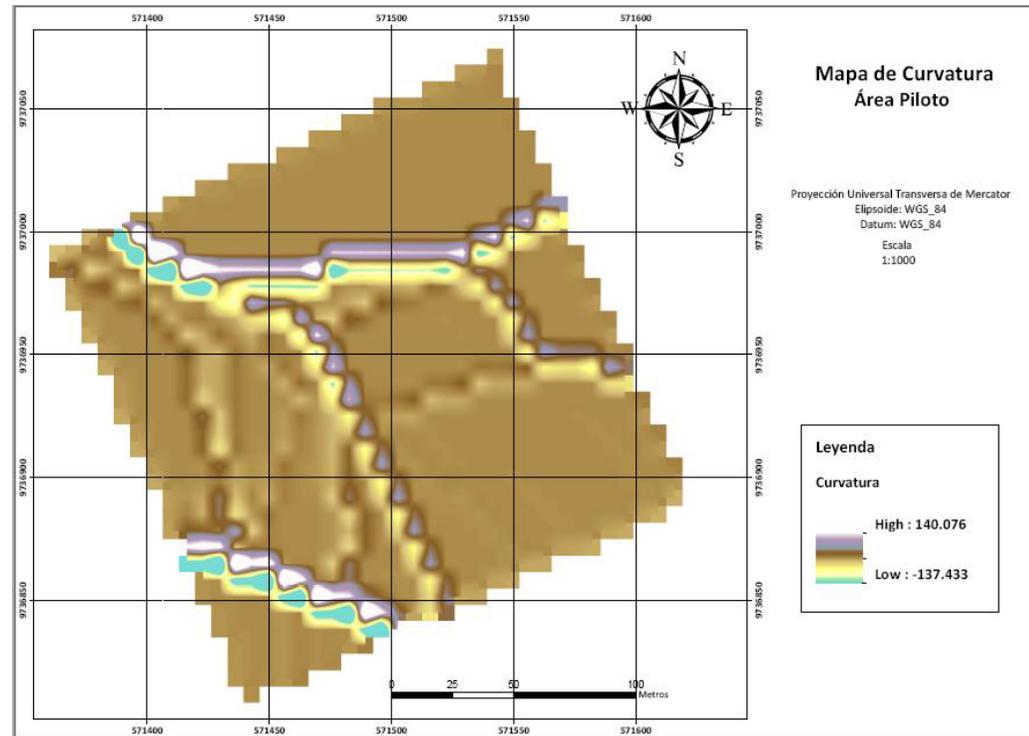


Imagen 3.5. Mapa de “Curvatura” para el área de estudio.

3.2.3.3. Aspecto

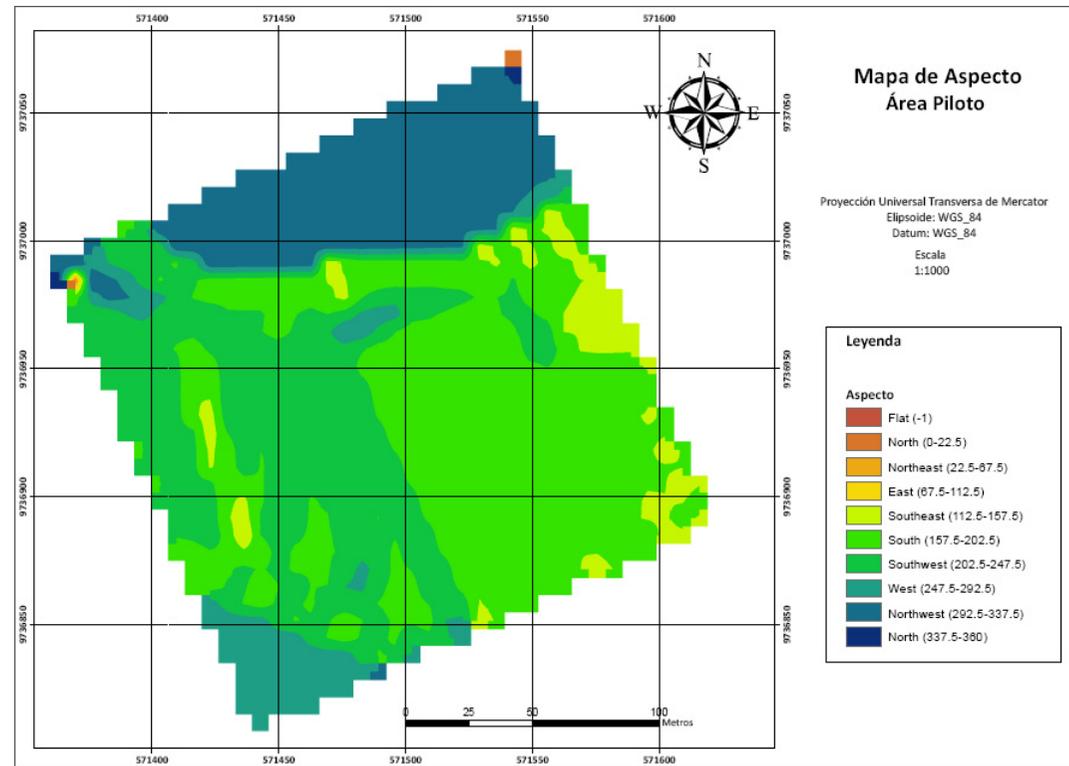


Imagen 3.6. Mapa de “Aspecto” para el área de estudio.

3.3. ANÁLISIS EDAFOLÓGICO

Según el mapa de uso de suelos del Ecuador realizado por el CLIRSEN en el año 2002 y de escala 1:1250000, se muestra un predominio de suelos inceptisoles, que son suelos poco desarrollados, su tiempo de desarrollo es muy joven. Hacia el norte también se puede encontrar Inceptisoles+Mollisol y Alfisol.

En la zona central de la provincia ligeramente al norte de Guayaquil hay suelos Vertisoles, y combinación de Inceptisoles+Vertisoles. En la zona de la cordillera de Chongón-Colonche existen suelo Mollisol, y al este de la provincia suelos Entisoles y Entisoles+Alfisol.

El área de estudio está ubicada en su totalidad en una zona de Inceptisoles, suelos en los que su característica principal es el poco desarrollo de estos, bastante jóvenes, horizontes de diagnóstico poco evolucionado, aunque son suelos más desarrollados si son comparados con los Entisoles.

Uno de los factores para la formación de este tipo de suelos es el clima, debido a que son suelos que se desarrollan casi en cualquier latitud, y su régimen de humedad puede variar desde suelos bien drenados hasta suelos pésimamente drenados. La zona de estudio, aledaña al poblado de Progreso, se presenta como una zona árida a semiárida y es una de las razones por las que es posible encontrar este tipo de suelos.

Su nivel de ocurrencia es mayor en zonas forestales, praderas y terrenos agrícolas, y es favorable las zonas de gran pendiente, aunque existen otros que pueden formarse en zonas convexas o llanas.

Existe una subclasificación de los Inceptisoles de acuerdo a su temperatura y humedad de formación:

Aquepts: Inceptisoles con drenaje natural muy pobre, saturación de agua que ocasionalmente aparece esta en superficie cada vez que existe un aporte

Anthrepts: Inceptisoles que ha sufrido impacto humano y presentan un epipedión antrópico o un plaggen.

Gelepts: Inceptisoles desarrollados en zonas con temperatura de 0 °C como promedio, y en ocasiones con horizonte orgánico desarrollado en una etapa cálida.

Cryepts: Inceptisoles de alta montaña o latitudes altas. No poseen permafrost

Udepts: Inceptisoles con régimen de humedad udico o peri-udico. (Temperatura media anual de suelo menor a 22 °C)

Ustepts: Inceptisoles con régimen de humedad ústico (Temperatura media anual de suelo igual a 22 °C o mayor)

Xerepts: Inceptisoles con régimen de humedad xérico. (Típicos de áreas mediterráneas, temperatura media anual de suelo menor a 22 °C)

Teniendo en cuenta la anteriormente nombrada clasificación de Inceptisoles, en problema referente a este proyecto tiene un suelo de tipo Inceptisol- Ustepts, donde la temperatura anual es igual o mayor a los 22°C, situación que concuerda con la zona de Progreso donde la temperatura tiene una variación de entre los 26 y 32°C.

3.4. ANÁLISIS BOTÁNICO

Se observa una distribución casi uniforme de vegetación típica de ambientes semi-áridos consistente en materia arbustiva asociada a especies propias de bosques secos subtropicales y matorrales poco desarrollados rellenando las coberturas.

El bajo nivel de desarrollo de la vegetación dominante, así como la presencia de necromasa reducida por fenómenos de deshidratación, ponen en evidencia las condiciones semi-extremas bajo las cuales tales coberturas toman lugar.

Finalmente, se ubica a la vegetación disponible en un amplio período de propensión a la influencia de agentes potenciadores de la amenaza en estudio, otorgándoles condiciones altamente favorables para el desencadenamiento de eventos adversos.

Entre las clases vegetales dominantes se muestra a continuación algunos ejemplos que denuncian la naturaleza del medio en estudio:

Matorral seco espinoso (o similares).- Ocurre en el sur-occidente del país en las partes más secas y cálidas en general, cerca y a menudo continuas al Océano Pacífico (o los manglares) y casi todas las especies pierden sus hojas durante la estación seca. Se distribuye en las provincias de Guayas, Manabí, El Oro y Loja, entre 0 y 200 m en terrenos con pocas colinas. Sin embargo, localmente en Loja se encuentra esta formación hasta los 1.000m en áreas con fuertes pendientes (aunque tal vez como consecuencia de la degradación de la formación original). La vegetación no es muy alta (5-15 m), xerofítica, espinosa, achaparrada con presencia de cactus columnares, con arbustos de los géneros Capparis, Croton y Euphorbia, así como árboles aislados, en particular de la familia Mimosaceae Material típicamente localizado en mesetas y fondos de valles y microdepresiones, dominando claramente en estos últimos. La temperatura del medio de ocurrencia presenta una media de 28°C y altitud variable. La estación seca de éstas zonas se prolonga por alrededor de 6 meses. (Tomado de "Bosques secos en Ecuador y su diversidad" Por: Zhofre Aguirre M., Lars Peter Kvist & Orlando Sánchez T.)

El matorral seco espinoso o xerófilo es una vegetación arbustiva muy densa y sin estrato graminoide que se produce al suspenderse la acción de los fuegos anuales y la antrópica, la altura del estrato leñoso está comprendida entre los 2 y 3 metros. La penetración y circulación es difícil, a causa de lo enmarañado de las ramas y la

existencia de espinas. (Tomado y editado de "Ecosistemas de Costa Rica- El blog de la biodiversidad de Costa Rica"- Febrero/ 2014)

3.5. ANÁLISIS BIOLÓGICO

Al estar el área seleccionada en una zona con características climáticas que van de áridas a semiáridas, donde la cantidad media anual de las precipitaciones fluctúa de los 200 o 400mm. Teniendo periodos secos muy largos.

Zonas como esta presentan muchas veces ocurrencia de especies únicas, que han desarrollado diversos mecanismos para optimizar el consumo de agua y de alimento. Tenemos como ejemplo, el caso de los reptiles que son capaces de almacenar agua debajo de la piel a lo largo del cuerpo, entre este grupo tenemos variedades de serpientes, salamandras, etc.

Existen también muchas variedades de insectos y de aves que han logrado la adaptación a este medio y que logran conservar el agua al modificar los productos de excreción en ácido úrico, sustancia que es insoluble en agua, razón por la cual los residuos resultantes son expulsados sin pérdida de agua.

3.6. ANÁLISIS METEOROLÓGICO

El área de estudio está ubicada en una zona caracterizada por altas temperaturas casi constantes a lo largo del año y escasas o nulas precipitaciones que concentran su abastecimiento hídrico a períodos muy cortos y localizados.

Las corrientes de aire catalogadas como de mediana a gran intensidad asociadas a las características litológicas y texturales del suelo y el substrato hacen dominantes a los procesos de erosión mecánica potenciada por la escasa vegetación derivada a su vez, de las poco favorables condiciones meteorológicas y demás determinantes de ésta.

Se concluye entonces en la existencia de un clima megatérmico seco o megatérmico semi-árido, definido claramente, por las condiciones descritas.

Se presenta entonces los siguientes datos específicos respecto a la caracterización meteorológica promedio del área de estudio y la región a la que pertenece:

- Rango de temperaturas existentes entre 25°C y 35°C con dominio de valores altos.
- Precipitaciones pobres o nulas. Características pluviométricas típicas de zonas semi-áridas o similares.

- La humedad atmosférica varía entre 15% y 20% según condiciones particulares de tiempo y espacio.
- Finalmente, la velocidad aproximada del viento se ubica entre los 10km/h y 18km/h bajo condiciones extremas.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS FAVORABLES (ACUÍFEROS Y ACUITARDOS)

Mediante el levantamiento de información pertinente, correspondiente en su sentido fundamental a la caracterización litológica textural y estructural del material superficial y capas subyacentes, su análisis y correlación espacial así como, la consideración de

parámetros y aspectos regionales y locales para la definición de las condiciones potenciales y reales del medio, se trabajó en la identificación, definición y caracterización de las unidades hidrogeológicas acuíferas y acuitardas presentes en el área de estudio y sus cercanías, orientando dicho estudio al establecimiento de estas como posibles fuentes de alimentación en lo que al recurso hídrico se refiere, para los sistemas de control y mitigación propuestos (aspersión).

Así, iniciamos el presente capítulo con el detalle teórico de la naturaleza e implicaciones de las clases o unidades hidrogeológicas de interés, a manera de justificación del ¿por qué? de su utilidad y como introducción al análisis de prioridad en su identificación y posterior selección.

Acuífero.- Definida como tal, toda formación geológica que presenta la capacidad de almacenar y transmitir agua a fuentes de descarga natural y aprovechamiento o explotación “artificial” tales como surgencias y captaciones, respectivamente. Este tipo de unidades implica la existencia de agua gravífica (de circulación por gravedad), además de los movimientos típicos de condiciones de agotamiento presentes en condiciones de recarga, almacenamiento y circulación menos favorables. Unidad típica de medios dotados de porosidades y permeabilidades medias a altas, sean éstas de carácter primario o por preparación (secundario), propias de materiales tales como arenas, gravas y materiales ricos en carbonatos previamente sujetos a fenómenos de karstificación. (Tomado y editado de “Hidrogeología Minera y Ambiental- Síntesis de Conceptos

Fundamentales”- Módulo Recursos Minerales, Serie Postgrado, Capitulo “Geología aplicada a la Hidrogeología- Págs. 51”- Juan Carlos Baquero Úbeda-Rafael Fernández Rubio)(4).

Acuitardo.- Denominación hidrogeológica otorgada a formaciones geológicas, partes o conjuntos de éstas, capaces de almacenar agua en cantidades relativamente apreciables. Este tipo de unidades presenta sin embargo, considerable limitaciones en el proceso de transmisión del recurso (transmite lentamente), lo que resta interés en su aprovechamiento. Por otro lado, aún pese a las restricciones existentes para su explotación directa, son unidades que permiten la recarga, vertical o lateral, a acuíferos con los que estén en contacto. Arcillas limosas y limos, están usualmente constituyendo este tipo de medios como material dominante. (Tomado y editado de “Hidrogeología Minera y Ambiental- Síntesis de Conceptos Fundamentales”- Módulo Recursos Minerales, Serie Postgrado, Capitulo “Geología aplicada a la Hidrogeología- Págs. 60-61”- Juan Carlos Baquero Úbeda-Rafael Fernández Rubio)(4).

4.1.1. CONTEXTO GEOLÓGICO DE LA ZONA

El área de estudio se ubica en una depresión sinclinal dentro de la llamada Cuenca Progreso, descrita estratigráficamente como una sucesión compuesta por las formaciones Zapotal, Dos Bocas, Villingota, Progreso, Puná y Tablazo (esto a partir de afloramientos modelo tomados para el análisis).

Consiste en un medio con fallamiento escalonado de rumbo aproximado al eje de la cuenca y originado a partir del proceso de subsidencia propio de éste medio de sedimentación.

La cuenca en cuestión presenta un espesor central de aproximadamente 1000 metros con límites hacia la cordillera Chongón-Colonche y el levantamiento de Santa Elena al Norte y Sur respectivamente, dotando a los materiales del subsuelo de condiciones favorables a la alteración mineralógica y textural a partir de procesos de lixiviación, reprecipitación, recristalización, etc.; acorde a la existencia de los agentes físico-químicos pertinentes; variaciones que se ponen en evidencia en el análisis detallado local del medio de estudio.

Se presenta a continuación la disposición lito-estratigráfica presente a nivel regional, según la literatura disponible y el análisis en puntos representativos de la cuenca de interés:

COLUMNA 1

Ubicación: 565250.52 E; 9726658.80 N

GEOLOGÍA

Columna 1	Secuencia	Simbología	Descripción	Espesor (m)	Espesor medio (m)
	Fm. Villingota		Arcillolitas limosas gris claras a blancas con abundantes escamas de peces y diatomeas. Intercalaciones de arcillolitas grises sin diatomeas.	250-650	450
	Fm. Dos bocas		Arcillolitas limosas color café oscuro, suaves, laminadas; con vetillas centimétricas de yeso. Limolitas café oscuro y areniscas finas a muy finas.	Cuenca: Borde 300 aprox. Centro 2360 aprox.	1330

	Mb. Zapotal		Areniscas y conglomerados con presencia de fósiles marinos y restos de plantas terrestres. Intercalaciones con areniscas tobáceas y de grano grueso.	1060-1500	1280
Grupo Ancón	Fm. Santo Tomás y Clay Pebbles		Arena mal clasificada, guijarros y bloques.	1200	1200
	Fm. Socorro		Grauwacas cementadas por calcita y material arcilloso.		
	Fm. Seca		Lutitas de color gris oscuro a verdoso. Alternancia con capas delgadas de arenisca de 6 a 10 cm.		
	Fm. San Eduardo		Calizas que van desde calcarenitas turbidíticas hasta calcruditas bien clasificadas. Componentes consisten en granos de arrecife, redondeados o angulosos.	200	200

Grupo Azúcar	Fm. Estancia		Areniscas gris verdosas, conglomerados y lutitas negras endurecidas	3000	3000
	Fm. Chanduy		Areniscas grises silíceas. Cuarzitas endurecidas.		
	Fm. Engabao		Areniscas masivas de color café. Intercaladas con lutitas y conglomerados.		
Fm. Cayo	Mb. Guayaquil		Argilitas silicificadas, con cherts en capas delgadas de color anteaado hasta negro e intercalaciones de argilitas tobáceas y tobas de color gris oscuro o verdoso en estratos bien definidos.	450	450
	Mb. Cayo		Pizarras arcillosas y tobáceas muy silicificadas de color verde oscuro a gris verduzco; areniscas bastas, arenosas, tobáceas hasta conglomeráticas color pardo a negro. Grauvacas y brechas finas de	2000	2000

			material volcánico.		
	Mb. Calentura		Argilitas calcáreas.	500	500
	Fm. Piñón		Basamento de cuencas terciarias. Rocas ígneas básicas: diabasa, basalto equigranular de grano fino, aglomerado basáltico, toba, capas delgadas de argilita, diques.	2000	2000

Imagen 4.1. Columna estratigráfica 1

COLUMNA 2

Ubicación: 575811.53 E; 9725840.08 N

GEOLOGÍA

Columna 2	Secuencia	Simbología	Descripción	Espesor (m)	Espesor medio (m)
	Fm. Progreso		Areniscas calcáreas y coquinas de turrítelas y ostreidos intercaladas con arcillas grises oliva mal clasificadas. Areniscas son medianas a gruesas con estratificación cruzada y guijarros de varios centímetros.	500-2700	1600
	Fm. Subibaja		Limolitas calcáreas de aspecto moteado debido a la gran cantidad de foraminíferos. Son comunes las limolitas gris verdosas a gris oscuras. Abundancia	1000	1000

		de foraminíferos bentónicos y planctónicos.		
Fm. Villingota		Arcillolitas limosas gris claras a blancas con abundantes escamas de peces y diatomeas. Intercalaciones de arcillolitas grises sin diatomeas.	250-650	450
Fm. Dos bocas		Arcillolitas limosas color café oscuro, suaves, laminadas; con vetillas centimétricas de yeso. Limolitas café oscuro y areniscas finas a muy finas.	Cuenca: Borde 300 aprox. Centro 2360 aprox.	1330
Mb. Zapotal		Areniscas y conglomerados con presencia de fósiles marinos y restos de plantas terrestres. Intercalaciones con areniscas tobáceas y de grano grueso.	1060-1500	1280

Grupo Ancón	Fm. Santo Tomás y Clay Pebbles		Arena mal clasificada, guijarros y bloques.	1200	1200
	Fm. Socorro		Grauwacas cementadas por calcita y material arcilloso.		
	Fm. Seca		Lutitas de color gris oscuro a verdoso. Alternancia con capas delgadas de arenisca de 6 a 10 cm.		
	Fm. San Eduardo		Calizas que van desde calcarenitas turbidíticas hasta calcruditas bien clasificadas. Componentes consisten en granos de arrecife, redondeados o angulosos.	200	200
Grupo Azúcar	Fm. Estancia		Areniscas gris verdosas, conglomerados y lutitas negras endurecidas	3000	3000
	Fm. Chanduy		Areniscas grises silíceas. Cuarzitas endurecidas.		

	Fm. Engabao		Areniscas masivas de color café. Intercaladas con lutitas y conglomerados.		
Fm. Cayo	Mb. Guayaquil		Argilitas silicificadas, con cherts en capas delgadas de color anteaado hasta negro e intercalaciones de argilitas tobáceas y tobas de color gris oscuro o verdoso en estratos bien definidos.	450	450
	Mb. Cayo		Pizarras arcillosas y tobáceas muy silicificadas de color verde oscuro a gris verduzco; areniscas bastas, arenosas, tobáceas hasta conglomeráticas color pardo a negro. Grauvacas y brechas finas de material volcánico.	2000	2000
	Mb. Calentura		Argilitas calcáreas.	500	500

	Fm. Piñón		<p>Basamento de cuencas terciarias. Rocas ígneas básicas: diabasa, basalto equigranular de grano fino, aglomerado basáltico, toba, capas delgadas de argilita, diques.</p>	2000	2000
--	-----------	--	--	------	------

Imagen 4.2. Columna estratigráfica 2

COLUMNA 3

Ubicación: 601818.46 E; 9728924.51 N

GEOLOGÍA

Columna 3	Secuencia	Simbología	Descripción	Espesor (m)	Espesor medio (m)
	Puná		Secuencias detríticas que varían desde gravas, conglomerados, areniscas, arcillas y limos.	550 aprox.	550
	Fm. Progreso		Areniscas calcáreas y coquinas de turritelas y ostreidos intercaladas con arcillas gris oliva mal clasificadas. Areniscas son medianas a gruesas con estratificación cruzada y guijarros de varios centímetros.	500-2700	1600

Fm. Subibaja		Limolitas calcáreas de aspecto moteado debido a la gran cantidad de foraminíferos. Son comunes las limolitas gris verdosas a gris oscuras. Abundancia de foraminíferos bentónicos y planctónicos.	1000	1000
Fm. Villingota		Arcillolitas limosas gris claras a blancas con abundantes escamas de peces y diatomeas. Intercalaciones de arcillolitas grises sin diatomeas.	250-650	450
Fm. Dos bocas		Arcillolitas limosas color café oscuro, suaves, laminadas; con vetillas centimétricas de yeso. Limolitas café oscuro y areniscas finas a muy finas.	Cuenca: Borde 300 aprox. Centro 2360 aprox.	1330

	Mb. Zapotal		Areniscas y conglomerados con presencia de fósiles marinos y restos de plantas terrestres. Intercalaciones con areniscas tobáceas y de grano grueso.	1060-1500	1280
Grupo Ancón	Fm. Santo Tomás y Clay Pebbles		Arena mal clasificada, guijarros y bloques.	1200	1200
	Fm. Socorro		Grauwacas cementadas por calcita y material arcilloso.		
	Fm. Seca		Lutitas de color gris oscuro a verdoso. Alternancia con capas delgadas de arenisca de 6 a 10 cm.		
	Fm. San Eduardo		Calizas que van desde calcarenitas turbidíticas hasta calcruditas bien clasificadas. Componentes consisten en granos de arrecife, redondeados o angulosos.	200	200

Grupo Azúcar	Fm. Estancia		Areniscas gris verdosas, conglomerados y lutitas negras endurecidas	3000	3000
	Fm. Chanduy		Areniscas grises silíceas. Cuarzitas endurecidas.		
	Fm. Engabao		Areniscas masivas de color café. Intercaladas con lutitas y conglomerados.		
Fm. Cayo	Mb. Guayaquil		Argilitas silicificadas, con cherts en capas delgadas de color anteaado hasta negro e intercalaciones de argilitas tobáceas y tobas de color gris oscuro o verdoso en estratos bien definidos.	450	450
	Mb. Cayo		Pizarras arcillosas y tobáceas muy silicificadas de color verde oscuro a gris verduzco; areniscas bastas, arenosas, tobáceas hasta conglomeráticas color pardo a negro. Grauvacas y brechas finas de	2000	2000

			material volcánico.		
	Mb. Calentura		Argilitas calcáreas.	500	500
	Fm. Piñón		Basamento de cuencas terciarias. Rocas ígneas básicas: diabasa, basalto equigranular de grano fino, aglomerado basáltico, toba, capas delgadas de argilita, diques.	2000	2000

Imagen 4.3. Columna estratigráfica 3

Se ha realizado además el correspondiente análisis de litopermeabilidades a nivel de regional y acorde a la información litológica previamente expuesta, para la definición preliminar de zonas con mayor o menor potencial para el almacenamiento de agua subterráneo así como también, de las facilidades brindadas por cada unidad para el aprovechamiento del recurso que se estima disponible.

Mostramos entonces a continuación la caracterización hidrogeológica según las variables texturales, de los grupos, formaciones y miembros existentes en la secuencia estudiada, en una síntesis basada en la temática de estudio (hidrogeología):

COLUMNA 1

Ubicación: 565250.52 E; 9726658.80 N

HIDROGEOLOGÍA

Secuencia	Simbología	Descripción	Espesor (m)
Unidad 1		Fm. Villingota. Unidad medianamente porosa y de permeabilidad de baja a muy baja. Importancia hidrogeológica prácticamente despreciable.	450
Unidad 2		Fm. Dos Bocas. Unidad de considerable porosidad y permeabilidad de baja a media. Interés hidrogeológico por posible disolución de yeso presente en la formación.	1330

Unidad 3		Mb. Zapotal. Unidad de alta permeabilidad intergranular. Interés hidrogeológico alto.	1280
Unidad 4		Fms. Santo Tomás y Clay Pebbles y Socorro. Unidad con permeabilidad intergranular media. Posible desarrollo kárstico en zonas de cementación cálcica. Interés hidrogeológico medio.	800
Unidad 5		Fm. Seca. Buena porosidad pero permeabilidad de baja a muy baja que define una unidad de limitado interés hidrogeológico. Capas de areniscas demasiado delgadas.	400
Unidad 6		Fm. San Eduardo. Predisposición a la circulación y almacenamiento del recurso hídrico en potenciales	200

		zonas de debilidad (fracturas, etc.) por potencial desarrollo kárstico.	
Unidad 7		Grupo Azúcar. Condiciones hidrogeológicas parcialmente favorables al tope y la base; interés en zonas no silicificadas, excepto por fracturación.	3000
Unidad 8		Fm. Cayo. Unidad de condiciones hidrogeológicas variables. Presenta posible existencia de agua subterránea debido a permeabilidad secundaria (fracturación) en zonas del Miembro Guayaquil principalmente. Posibles condiciones para la recarga a partir de unidades arenosas y	2950

		conglomerado.	
Unidad 9		Fm. Piñón. Unidad prácticamente impermeable. Características acuífugas. Interés hidrogeológico nulo.	2000

Interés

Muy Bajo



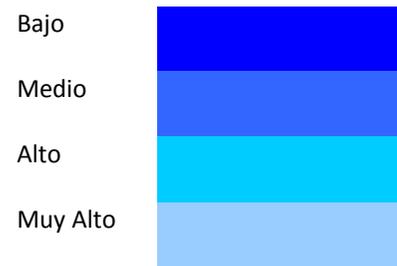


Imagen 4.4. Columna de litopermeabilidades 1

COLUMNA 2

Ubicación: 575811.53 E; 9725840.08 N

HIDROGEOLOGÍA

Secuencia	Simbología	Descripción	Espesor (m)
Unidad 1		Fm. Progreso. Condiciones relativamente muy favorables para el almacenamiento del recurso hidrogeológico. Permeabilidad de media a alta por textura (primaria o intergranular) y posible desarrollo kárstico (disolución de material calcáreo) respectivamente.	1600

Unidad 2		Fm. Subibaja. Potencial hidrogeológico bajo, con posibles zonas favorables por disolución de material calcáreo.	1000
Unidad 3		Fm. Villingota. Unidad medianamente porosa y de permeabilidad de baja a muy baja. Importancia hidrogeológica prácticamente despreciable.	450
Unidad 4		Fm. Dos Bocas. Unidad de considerable porosidad y permeabilidad de baja a media. Interés hidrogeológico por posible disolución de yeso presente en la formación.	1330
Unidad 5		Mb. Zapotal. Unidad de alta permeabilidad intergranular. Interés hidrogeológico alto.	1280

Unidad 6		Fms. Santo Tomás y Clay Pebbles y Socorro. Unidad con permeabilidad intergranular media. Posible desarrollo kárstico en zonas de cementación cálcica. Interés hidrogeológico medio.	800
Unidad 7		Fm. Seca. Buena porosidad pero permeabilidad de baja a muy baja que define una unidad de limitado interés hidrogeológico. Capas de areniscas demasiado delgadas.	400
Unidad 8		Fm. San Eduardo. Predisposición a la circulación y almacenamiento del recurso hídrico en potenciales zonas de debilidad (fracturas, etc.) por potencial desarrollo kárstico.	200

Unidad 9		Grupo Azúcar. Condiciones hidrogeológicas parcialmente favorables al tope y la base; interés en zonas no silicificadas, excepto por fracturación.	3000
Unidad 10		Fm. Cayo. Unidad de condiciones hidrogeológicas variables. Presenta posible existencia de agua subterránea debido a permeabilidad secundaria (fracturación) en zonas del Miembro Guayaquil principalmente. Posibles condiciones para la recarga a partir de unidades arenosas y conglomerado.	2950

Unidad 11		Fm. Piñón. Unidad prácticamente impermeable. Características acuífugas. Interés hidrogeológico nulo.	2000
-----------	--	---	------

Interés

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

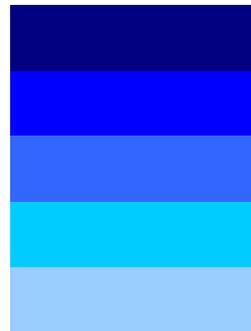


Imagen 4.5. Columna de litopermeabilidades 2

COLUMNA 3

Ubicación: 601818.46 E; 9728924.51 N

HIDROGEOLOGÍA

Secuencia	Simbología	Descripción	Espesor (m)
Unidad 1		Fms. Puná y Progreso. Unidad de permeabilidad primaria (intergranular) alta, con posible intensificación hacia la base (Fm. Progreso) por condiciones litológicas favorables a la karstificación. Potencial hidrogeológico elevado.	2150
Unidad 2		Fm. Subibaja. Potencial hidrogeológico bajo, con posibles zonas favorables por disolución de material calcáreo.	1000

Unidad 3		Fm. Villingota. Unidad medianamente porosa y de permeabilidad de baja a muy baja. Importancia hidrogeológica prácticamente despreciable.	450
Unidad 4		Fm. Dos Bocas. Unidad de considerable porosidad y permeabilidad de baja a media. Interés hidrogeológico por posible disolución de yeso presente en la formación.	1330
Unidad 5		Mb. Zapotal. Unidad de alta permeabilidad intergranular. Interés hidrogeológico alto.	1280
Unidad 6		Fms. Santo Tomás y Clay Pebbles y Socorro. Unidad con permeabilidad intergranular media. Posible desarrollo kárstico en zonas de cementación cálcica. Interés hidrogeológico medio.	800

Unidad 7		Fm. Seca. Buena porosidad pero permeabilidad de baja a muy baja que define una unidad de limitado interés hidrogeológico. Capas de areniscas demasiado delgadas.	400
Unidad 8		Fm. San Eduardo. Predisposición a la circulación y almacenamiento del recurso hídrico en potenciales zonas de debilidad (fracturas, etc.) por potencial desarrollo kárstico.	200
Unidad 9		Grupo Azúcar. Condiciones hidrogeológicas parcialmente favorables al tope y la base; interés en zonas no silicificadas, excepto por fracturación.	3000

Unidad 10		Fm. Cayo. Unidad de condiciones hidrogeológicas variables. Presenta posible existencia de agua subterránea debido a permeabilidad secundaria (fracturación) en zonas del Miembro Guayaquil principalmente. Posibles condiciones para la recarga a partir de unidades arenosas y conglomerado.	2950
Unidad 11		Fm. Piñón. Unidad prácticamente impermeable. Características acuifugas. Interés hidrogeológico nulo.	2000

Interés

Muy Bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto



Imagen 4.6. Columna de litopermeabilidades 3

4.1.2. BALANCE HÍDRICO

Como parte fundamental en la definición del potencial hidrogeológica de la zona, correspondiente a la influencia de las condiciones de recarga en lo que a naturaleza y disponibilidad de recurso se refiere, se ha estimado el balance hídrico anual asociado al área de estudio, basado en el modelo, especificaciones y demás parámetros definidos por Thornthwhite y los siguientes valores de base para el cálculo:

Capacidad de Campo.- Definida como la capacidad de retención de agua del suelo, luego de superado el agotamiento del agua gravífica ó dicho de otra manera, en condiciones tales que su drenaje este asegurado libremente; esto es, el recurso conformado por el agua capilar, peculiar e higroscópica disponible.

Expresada en términos de volumen por área (L/m^2) o altura de agua (mm), consiste en una propiedad o condición que obedece principalmente al aspecto textural del medio descrito. Así, se traduce en un parámetro útil en la determinación de la cantidad de agua aprovechable o rango de humedad disponible en el medio tratado.

La literatura clasifica a los diferentes tipos de material acorde a este parámetro, asignando los siguientes valores aproximados, esto, según el porcentaje del potencial de almacenamiento representado por tal capacidad:

Clase textural	Capacidad de campo (%)
Arenoso	2.5-7.5
Franco arenoso	7.5-20.5
Franco limoso	20.5-33.0
Arcilloso	33.0-50.0

Tabla IV.I. Capacidades de campo en función de la clase textural. Fuente: Blair, E. Manual de Riegos y Avenidas

De allí que, el balance hídrico correspondiente a nuestra área de estudio dominada a escala regional y/o bajo detalle por material areno-limoso y arcilloso con contenido calcáreo, utiliza el **valor de 20** como punto de partida en la generación del balance hídrico básico referencial.

Estado de saturación.- Parámetro orientado a la definición del contenido de agua del suelo antes de iniciado el primer período de análisis (primer mes del balance anual). Representa por tanto el punto de partida en el cálculo de la reserva, a ser complementado con los valores estimados para los demás aportes involucrados.

Así, el presente balance define un estado de **no saturación** del medio, dadas las características litológicas, texturales y pluviométricas de éste.

Se toma además como período inicial para el cálculo el **mes de Enero**; y se asignan los valores mensuales de **Precipitación y Evapotranspiración Potencial** mostrados a continuación:

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
P	30	40	40	30	10	10	10	10	10	10	10	30	240
ETP	15	15	15	15	20	20	25	25	25	20	15	15	225

Tabla IV.II. Datos de entrada para el cálculo del Balance Hídrico referencial- Valores mensuales de Precipitación (P) y Evapotranspiración Potencial (ETP) en mm de altura de agua

Se obtienen entonces, en base a los datos presentados y mediante la aplicación del fundamento teórico de **Thornthwaite** con el empleo de la herramienta informática **“InnerSoft - Balance Hídrico versión 0.1 Beta”**, el siguiente balance hídrico referencial:

BALANCE HÍDRICO REFERENCIAL

Sector: Área de estudio (HH)- Progreso, Provincia de Guayas

Año: N/A

Valores en milímetros (mm) de altura de agua

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
P	30	40	40	30	10	10	10	10	10	10	10	30	240
ETP	15	15	15	15	20	20	25	25	25	20	15	15	225
P-ETP	15	25	25	15	-10	-10	-15	-15	-15	-10	-5	15	15
R	15	20	20	20	10	0	0	0	0	0	0	15	100
AR	15	5	0	0	0	-10	0	0	0	0	0	15	25

ETR	15	15	15	15	0	20	10	10	10	10	10	15	145
E	0	20	25	15	0	0	0	0	0	0	0	0	60
D	0	0	0	0	0	0	-15	-15	-15	-10	-5	0	-60

Tabla IV.III. Balance hídrico referencial generado

Dónde:

P= Precipitación

ETP= Evapotranspiración Potencial

R= Reserva

AR= Variación de la reserva

ETR= Evapotranspiración Real

E= Excedente o Escorrentía

D= Déficit hídrico anual

Como variables físicas de interés se obtienen valores **totales anuales de Escorrentía de 60mm y un Déficit hídrico de 60mm** los que ratifican la existencia de variaciones topográficas significativas y de considerable extensión, así como de un ambiente de pobres y esporádicas precipitaciones que definen claramente los medios botánico y meteorológico previamente especificados.

Aparece también un **Índice de Aridez de 10.667**, ubicando al área de estudio en la interface de medios de tipo Semidesértico (Árido) y Semiárido de tipo mediterráneo. Valor obtenido mediante la aplicación del llamado Índice de Aridez propuesto por Thornthwaite representado por la formulación **$I_m = (100 \times E - 60 \times D) / ETP$** .

4.1.3. ANÁLISIS PETROLÓGICO

El área de estudio se ubica totalmente dentro de la Formación Progreso, caracterizada por la presencia de material detrítico medianamente consolidado hasta niveles significativos en profundidad. Se presenta unidades de arenisca calcárea en proporciones relativamente altas en alternancia con material areno limoso. Presencia además de arcillas con contenido calcáreo en mayor o menor grado, observándose desde niveles arcillo margosos a margo arcillosos acorde a las condiciones físico-químicas y demás relaciones petrológicas del medio, se estima.

En menor proporción se encuentra también coquinas y lumaquelas, potencialmente alóctonas en algunos casos y de contenido fosilífero variable poco trascendente para el presente estudio.

El contenido calcáreo potencialmente originado a partir de procesos de disolución y redepositación del material correspondiente a niveles ricos en carbonato de calcio (coquinas y lumaquelas), muestra cambios de concentración e intensidad horizontal y vertical.

Todos los materiales tienen exposición en superficie lo que se traduce en el potencial efecto de parámetros de orientación (buzamiento, etc.) o en una distribución poco ordenada del contenido y naturaleza litológica que pudiere responder al efecto de las alteraciones y procesos de meteorización e intemperismo evidenciados para este medio.

4.1.4. ANÁLISIS TEXTURAL

Los niveles de arenisca observables y posibles según inter y extrapolación presentan una granulometría de media a gruesa con rasgos texturales característicos de recientes ambientes eólicos de depositación (estratificación cruzada); con presencia de partículas de mayor tamaño en cantidades accesorias, evidencia de posibles eventos de arrastre o depositación gradada a partir de paleoambientes dominantes o asociados.

El material arcilloso muestra una textura relativamente perlada como efecto del contenido calcáreo antes descrito y aparente laminación o micro-estratificación propio de ambientes sedimentarios de alta variabilidad en lo que al fenómeno de depositación se refiere.

La coloración blanquecina domina como rasgo textural ante la presencia de carbonatos mientras que el efecto de fenómenos de oxidación en un medio de significativa influencia de agentes atmosféricos se ve “eliminado” por procesos permanentes de remoción y transporte ejecutados por tales agentes mecánicos principalmente.

4.1.5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Si bien a escala regional resulta notable la presencia del antes mencionado fallamiento normal producto del proceso gradual de subsidencia propio de la cuenca, además de las fallas mayores asociadas también citadas en etapas anteriores de este análisis, localmente se observa una relativa regularidad en la disposición geométrica y posicional del material existente, denunciando con ello la ausencia de estructuras dimensionalmente significativas y de reciente o actual actividad mecánica.

El diaclasamiento resulta por su parte en un rasgo potencialmente existente, aunque distorsionado por el no tan alto grado de consolidación de las unidades presentes. La karstificación es sin embargo un rasgo secundario o de preparación de fácil predicción cualquiera que sea el arreglo de fenómenos, condiciones y efectos físico-químicos convergentes en el medio de estudio.

4.1.6. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

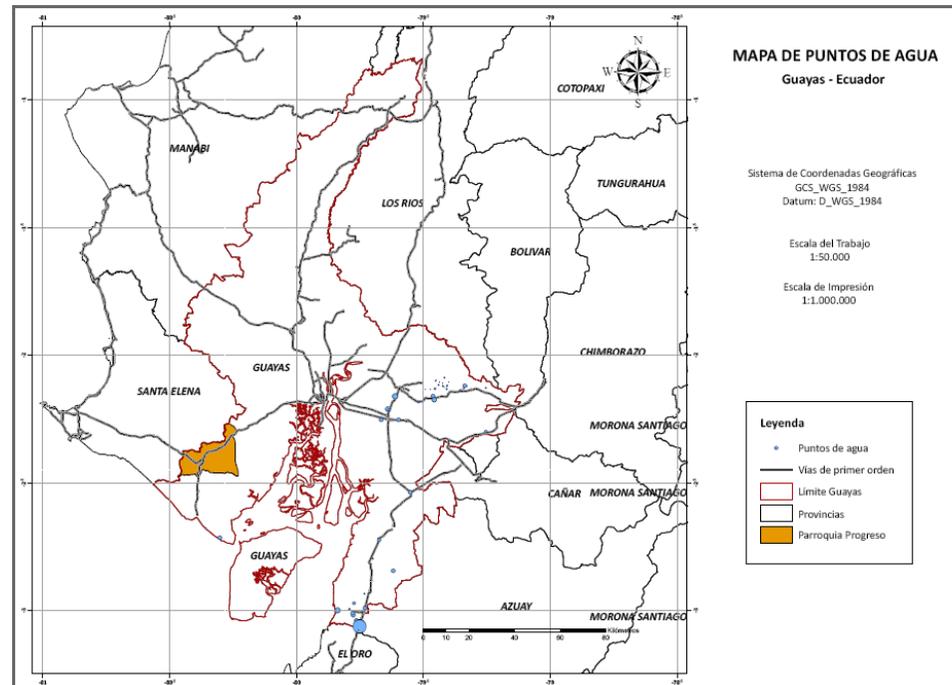


Imagen 4.7. Mapa de Puntos de agua para la Provincia de Guayas (Fuente: SENAGUA- Proyecto “Mapa Hidrogeológico Nacional 1:250.000”)

Dada la inexistencia o escasa densidad de puntos de agua en el área de estudio y sus cercanías, se muestra los identificados para la Provincia de Guayas con su respectiva ubicación geográfica y clasificación acorde a su grado de importancia. Si bien la información disponible requiere de amplias mejoras en lo que a alcance y grado de detalle se refiere, consiste en una herramienta útil en la definición y caracterización de potenciales unidades hidrogeológicas, su geometría, capacidad y posibles fuentes de recarga y descarga.

4.2. CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS Y UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS IDENTIFICADAS

Desarrollado el trabajo de revisión bibliográfico, así como el de análisis e interpretación a escala regional y superficial de la data de base disponible, para la clasificación del medio de estudio según criterios geológicos e hidrogeológicos pertinentes, se procede al levantamiento de información mediante trabajo de campo para su refinamiento, incremento en detalle y localización orientada a caracterizar en mayor grado el área de estudio.

El método consiste en la aplicación de técnicas geofísicas de sondeo y medición (indirectas), específicamente **Geoeléctrica**, para la toma de valores representativos de los cambios de Resistividad percibidos por los equipos y demás elementos y recursos empleados, acorde a las condiciones, características y propiedades del medio atravesado o de influencia sobre éste.

Mediante el uso del equipo denominado “**TERRAMETER**”, se procedió a la ejecución de 3 Sondeos Eléctricos Verticales estratégica y técnicamente ubicados para la caracterización del subsuelo correspondiente al área de interés. La variable física a medir con el equipo e instrumentación mencionados es la denominada **Resistividad Aparente (ohm-m)**.

La definición exacta de variable medida, su relación con la naturaleza del medio estudiado, así como también los resultados arrojados por tal procedimiento, traducidos en una descripción de cambios “eléctricos” y litológicos (previa interpretación), se muestran a continuación; además de la respectiva correlación y extracción de información de uso directo que se amplía en etapas posteriores del presente trabajo.

Resistividad (Tomado de internet- Documento: “Medida de la resistividad eléctrica del subsuelo”).- Las medidas de resistividad eléctrica del subsuelo son habituales en las prospecciones geofísicas. Su finalidad es detectar y localizar cuerpos y estructuras geológicas basándose en su contraste resistivo. El método consiste en la inyección de corriente continua o de baja frecuencia en el terreno mediante un par de electrodos y la determinación, mediante otro par de electrodos, de la diferencia de potencial. La magnitud de esta medida depende, entre otras variables, de la distribución de resistividades de las estructuras del subsuelo, de las distancias entre los electrodos y de la corriente inyectada.

La resistividad eléctrica r de un material describe la dificultad que encuentra la corriente a su paso por él. De igual manera se puede definir la conductividad s como la facilidad que encuentra la corriente eléctrica al atravesar el material. La resistencia eléctrica que presenta

un conductor homogéneo viene determinada por la resistividad del material que lo constituye y la geometría del conductor. Para un conductor rectilíneo y homogéneo de sección s y longitud l la resistencia eléctrica es: $R= l/s$. A partir de esta ecuación podemos despejar la resistividad $\rho= (R)(s)/l$. La unidad de resistividad en el Sistema Internacional es el ohm por metro ($\Omega \cdot m$). La conductividad se define como el inverso de la resistividad.

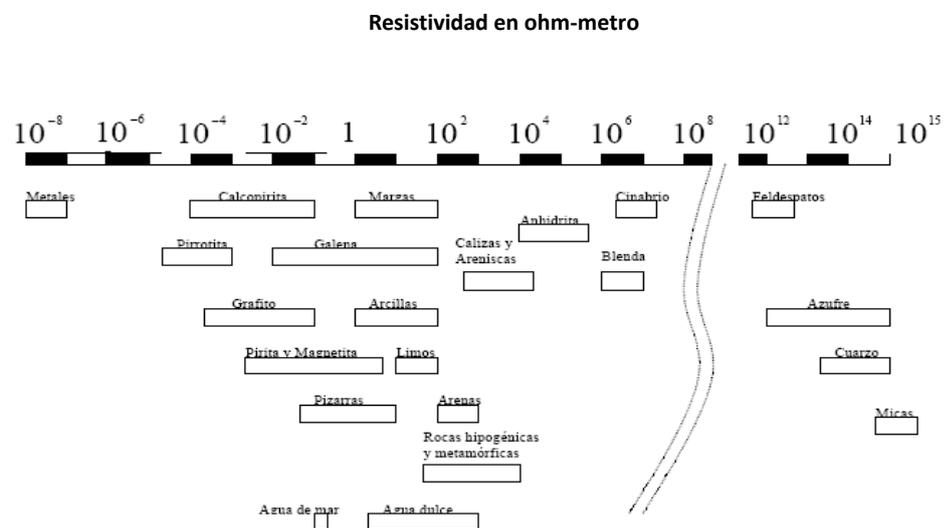


Imagen 4.8. Valores de resistividad de diferentes rocas y minerales (Orellana, 1982)

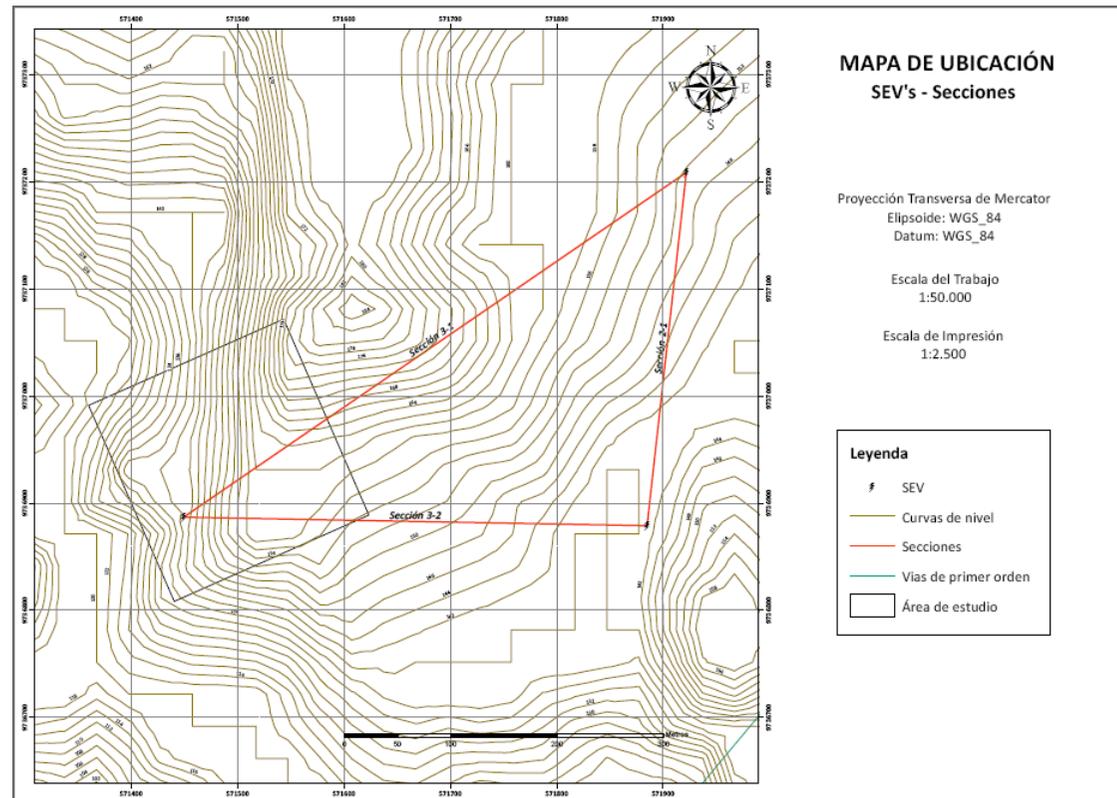


Imagen 4.9. Mapa de ubicación de SEVs y orientación de secciones litoestratigráficas generadas

SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

SEV 1

Coordenadas: 574922;9737209

Resistividad aparente
42,709
33,083
33,25
28,285
26,647
29,941
22,27
10,173

p	h	d	Alt	Litología aparente
35,4	0,5	0,5	-0,5	Arena limosa
19,7	3,83	4,33	-4,33	Arcilla margosa
11,2	16,7	21	-21,02	Arcilla margosa
4,67				

18,789
15,095
11,652
8,9401
9,2783
9,0867
8,3675
9,4686
0
5,0095
6,207
5,9664

Tabla IV.IV. Valores medidos para el sondeo eléctrico vertical 1

SEV 2

Coordenadas:

571884.934;9736878.846

Resistividad aparente
4,9513
4,9513
3,8552
3,5433
2,2907
4,6779
0
0

p	h	d	Alt	Litología aparente
12,5	0,00065	0,00065	-0,00065	Arcilla margosa
12,5	0,00097	0,0016	-0,00162	Arcilla margosa
12,5	0,0024	0,0041	-0,00406	Arcilla margosa
12,5	0,0061	0,0102	-0,01015	Arcilla margosa
5,44	2,15	2,16	-2,161	Arcilla marga/ posible agua salada
0,821	24,2	26,3	-26,33	Posible agua salada
404				

0
0
0
0
0
1,7245
0
2,1111
0
0
9,7192
5,3949

Tabla IV.V. Valores medidos para el sondeo eléctrico vertical 2

SEV 3

Coordenadas: 571449;9736887

Resistividad aparente
17,773
12,329
10,654
10,414
8,5761
9,6169
8,3696
8,3907
8,6515

p	h	d	Alt	Litología aparente
48,3	0,0254	0,0254	-0,02538	Arena limosa
69,1	0,0025	0,0279	-0,02787	Arena limosa ligeramente calcárea
62	0,284	0,312	-0,312	Arena limosa ligeramente calcárea
13,2	5,2	5,51	-5,509	Arcilla margosa
4,63	94,5	100	-100	Arcilla marga/ posible agua salada
133				

5,3835
7,001
3,5317
7,2936
0
0
0
5,4749
4,0063
1,9548
3,0829

Tabla IV.VI. Valores medidos para el sondeo eléctrico vertical 3

4.2.1. GEOMETRÍA

SECCIONES LITOSTRATIGRÁFICAS

SECCIÓN 3-2

Coordenada 3: 571449; 9736887

Coordenada 2: 571884.934; 9736878.846

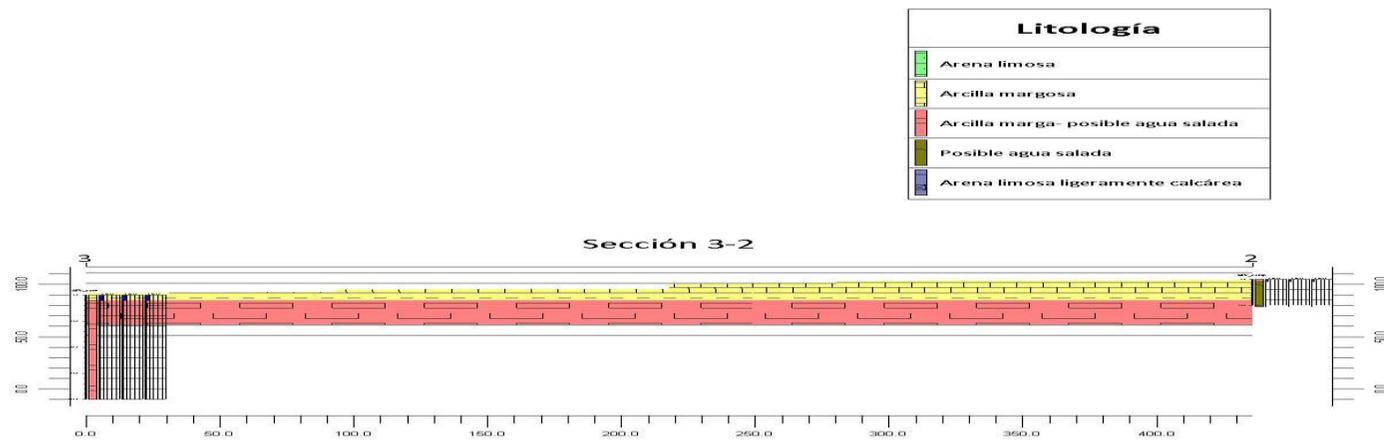


Imagen 4.10. Sección litoestratigráfica entre los SEVs 3 y 2

SECCIÓN 2-1

Coordenada 2: 571884.934; 9736878.846

Coordenada 1: 574922; 9737209

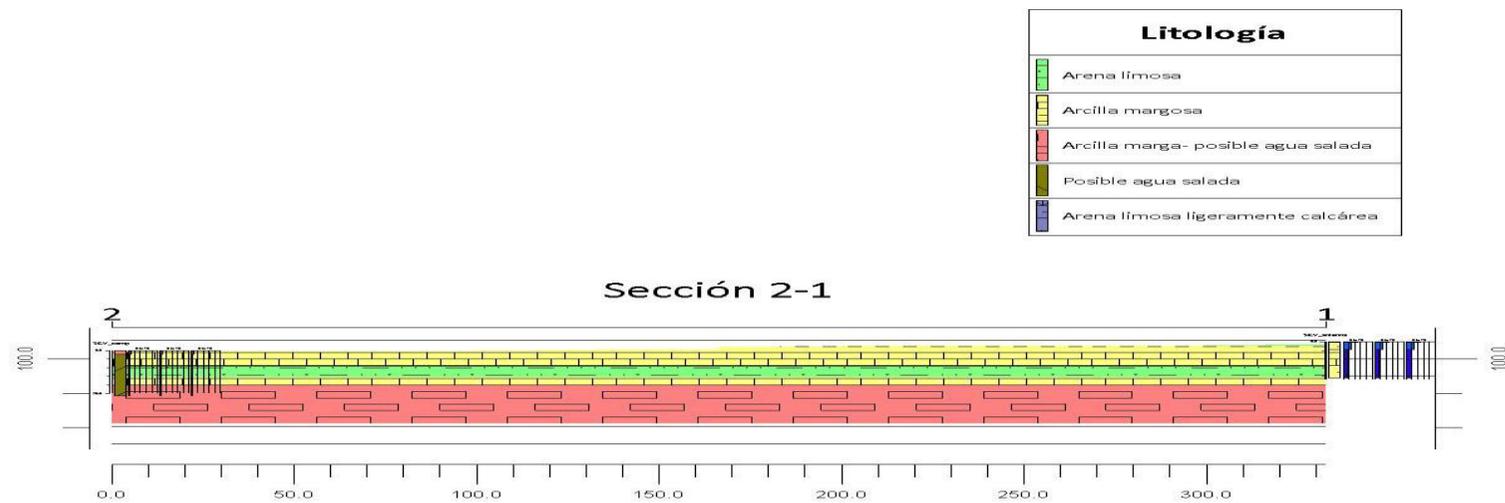


Imagen 4.11. Sección litoestratigráfica entre los SEVs 2 y 1

SECCIÓN 3-1

Coordenada 3: 571449; 9736887

Coordenada 1: 574922; 9737209

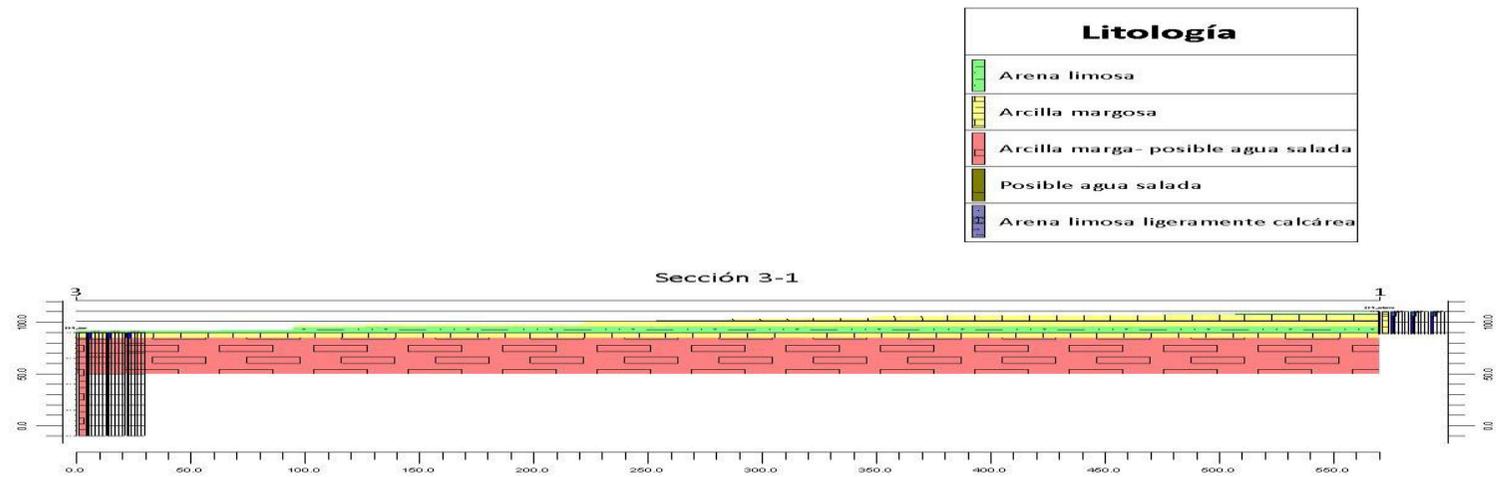


Imagen 4.12. Sección litoestratigráfica entre los SEVs 3 y 1

SECCIONES HIDROGEOLÓGICAS

SECCIÓN 3-2

Coordenada 3: 571449; 9736887

Coordenada 2: 571884.934; 9736878.846

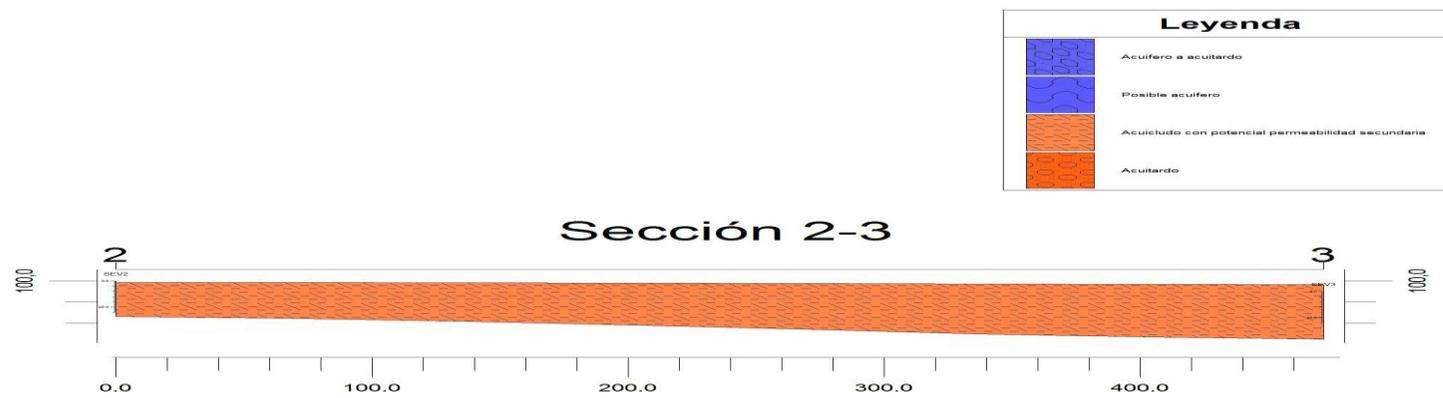


Imagen 4.13. Sección hidrogeológica entre los SEVs 3 y 2

SECCIÓN 2-1

Coordenada 2: 571884.934; 9736878.846

Coordenada 1: 574922; 9737209

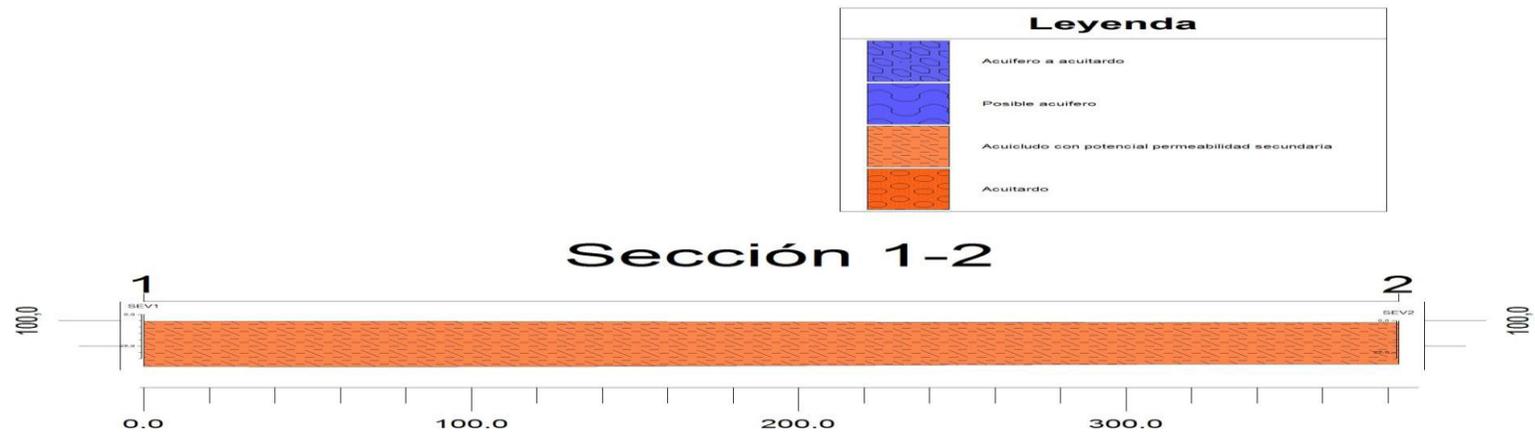


Imagen 4.14. Sección hidrogeológica entre los SEVs 2 y 1

SECCIÓN 3-1

Coordenada 3: 571449; 9736887

Coordenada 1: 574922; 9737209

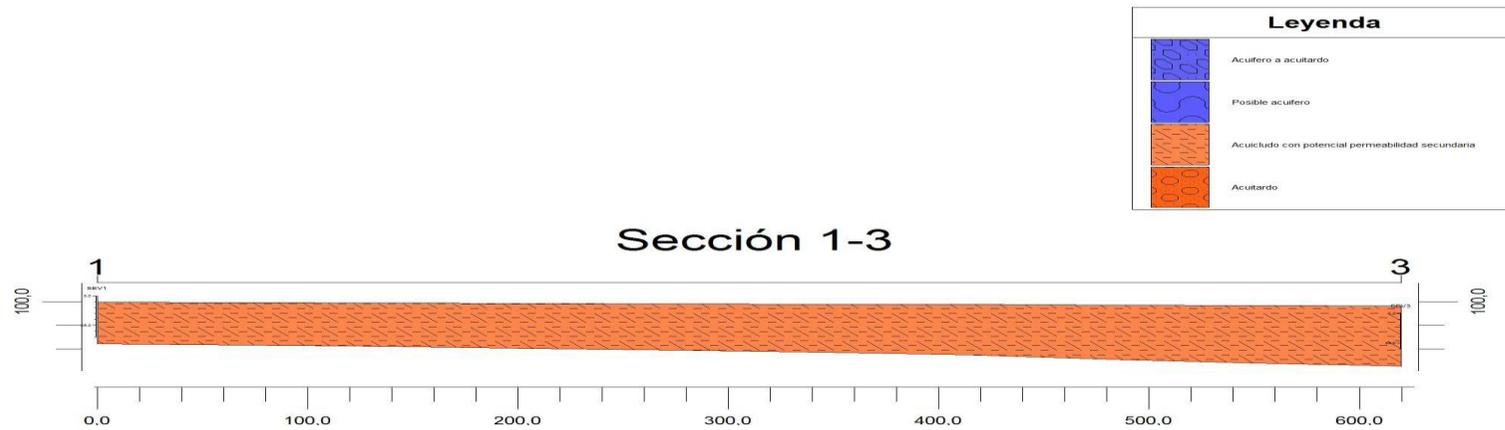


Imagen 4.15. Sección hidrogeológica entre los SEVs 3 y 1

Sección 3-2:

Se distingue dos niveles (a breves rasgos) relativamente potentes de material sedimentario. El primero, aflorante en superficie, presenta espesores que van desde los 10m hasta los 20m. Yaciendo bajo éste, una unidad de aproximadamente 30m de potencia casi uniforme a lo largo de la sección generada.

Ambos niveles muestran una disposición y geometría horizontal a sub-horizontal propia de materiales poco influenciados por eventos o fenómenos tectónicos y demás potencialmente deformantes.

El contacto es casi neto estructuralmente hablando, con la zona de cambio gradual típica de la interface de capas en este tipo de medios.

Hidrogeología:

Se observa una posible unidad acuicluda de espesor variable según inter y extrapolación ejecutadas. La disposición es subhorizontal con cambio gradual de potencia de 35m a 55m en los límites laterales de la sección generada.

Sección 2-1:

La sección generada muestra estratos de centimétricos a métricos en la siguiente secuencia de espesores: un nivel de entre 0.5m y 1m yaciendo sobre otro más potente que alcanza 10m en su zona de máximo espesor; más abajo, dos niveles menores de 5m y 2.5m en

sentido descendente, para terminar en una unidad de potencia superior y relativamente uniforme de unos 30 metros aproximadamente.

Niveles concordantes y de disposición subhorizontal u horizontal, de geometría regular y con pocas o ninguna variación de tipo estructural significativa.

Hidrogeología:

La unidad hidrogeológica proyectada en la presente sección corresponde a un posible acuicludo, ésta vez de espesor casi constante. La sub-horizontalidad estimada en la sección anterior, se mantiene. La unidad muestra mayor regularidad geométrica y una potencia casi constante de 35 metros aproximadamente.

Sección 3-1:

Una secuencia casi equivalente a la descrita por la sección anterior en términos de naturaleza, geometría, disposición y orientación de los materiales presentes; con un adelgazamiento de las unidades más superficiales en una relación de aproximadamente 2 a 1.

Finalmente, se pone en evidencia el contenido calcáreo de concentración variable presente en todos los niveles definidos, potencialmente originados como se expuso en etapas anteriores de este trabajo, en la disolución y redepositación de carbonato de calcio a partir de niveles menos significativos de coquinas y lumaquelas existentes en el medio de estudio.

Hidrogeología:

Unidad posiblemente acuicluda de espesor variable entre los límites de 40m y 50m con cambio gradual lateral. La disposición es sub-horizontal con el grado de irregularidad geométrica derivado de las variaciones de potencia antes citadas.

4.2.2. GRANULOMETRÍA**Sección 3-2:**

La secuencia geométrica y de depositación previamente descrita consiste en materiales detríticos de grano fino a muy fino correspondientes básicamente a un nivel superficial aflorante de arcillas margosas (diámetro de 1/256mm o menos con contenido calcáreo de origen variable). Subyacente a éstas, arcillas margas potencialmente embebidas en agua salada (o salobre más bien), denunciada por una reducción evidente en el nivel de resistividad del nivel en cuestión.

Hidrogeología:

La unidad identificada corresponde a un potencial acuicludo con variaciones en sus niveles originales de permeabilidad (porosidad y permeabilidad secundarias). La definición básica de la unidad obedece al contenido litológico dominante

consistente en material arcilloso. En tanto, posibles fenómenos de karstificación desarrollados y en desarrollo a partir del contenido calcáreo variable existente, serían los responsables de la preparación de estos niveles, otorgándole a su vez a la unidad, características y condiciones hidrogeológicas secundarias relativamente favorables.

Sección 2-1:

Disposición litoestratigráfica compuesta desde superficie por una alternancia de material areno limoso y arcillo margoso formando cuatro niveles en un paquete estratigráfico de geometría variable, ubicado sobre una capa más potente de material arcillo margoso aparentemente sub-saturado de agua salada (o salobre) como la denunciada en la sección anterior.

Hidrogeología:

Unidad posiblemente acuicluda definida por el contenido arcilloso dominante del medio en sus niveles más potentes. La preparación de la roca sin embargo, a partir de posibles procesos de karstificación nuevamente puede ser considerada, dada la concentración de carbonatos denunciada por la presencia de material margoso aflorante y extrapolado. La existencia de material de mayor permeabilidad primaria y considerable grado de alteración define condiciones diferencialmente adecuadas

para la recarga a partir del aporte pluviométrico; dando finalmente a la posible unidad un potencial hidrogeológico aceptable.

Sección 3-1:

Se observa el mismo contenido litológico y granulométrico presentado por la sección anterior, con el adelgazamiento identificado en el análisis geométrico previo.

Hidrogeología:

Las características litológicas y estructurales coincidentes de esta unidad con la previamente descrita, definen también un potencial hidrogeológico equivalente. Las variaciones geométricas medianamente significativas sin embargo, pudieren implicar consideraciones importantes en lo que capacidad de almacenamiento y gasto potencial presentados por esta unidad se refiere.

4.2.3. POROSIDAD Y FISURACIÓN

Porosidad

Se presenta a continuación los valores aproximados de porosidad total y porosidad eficaz para los diferentes materiales en los que consisten las unidades o niveles expuestos por el

proceso de interpretación ejecutado a partir de las secciones generadas. Valores determinados en base a la experiencia y la base teórica pertinente.

Materiales medianamente consolidados

Material	Porosidad total (%)	Porosidad eficaz (%)
Arena limosa	35 a 49	3 a 10
Arcilla margosa	45 a 50	2 a 5

Tabla IV.VII. Valores de porosidad total y eficaz de los materiales presentes en términos de porcentaje (%)

Fisuración

La falta de evidencia superficial de rasgos de determinación directa o indicadores asociados, permite concluir la inexistencia de fracturación, fisuración o fallamiento a gran escala (localmente hablando) en el medio de estudio o niveles relativamente superficiales o de poca profundidad.

Por otro lado, la desecación en superficie del material detrítico expuesto, así como el aparente grado medio de consolidación de los niveles inferiores determinados por observación y aplicación de métodos de sondeo indirectos detallados anteriormente, permite suponer la presencia de vías de infiltración y alimentación a partir del aporte pluviométrico y fuentes de recarga por conexión granulométrica en el subsuelo (niveles

inferiores); además de un diaclasamiento enmascarado por las características texturales del medio, potenciando su grado de preparación (permeabilidad secundaria) para el incremento en la facilidad e intensidad de recarga (potencialmente también descarga) citado en el presente párrafo.

4.2.4. COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO

Se presenta valores aproximados en el análisis de ésta variable para los materiales definidos previo sondeo e interpretación. Se parte de la experiencia y la base teórica disponible (Parámetro adimensional):

Material	Coefficiente de almacenamiento
Arena limosa	0.01-(0.30)-0.41
Arcilla margosa	0-(0.20)-0.27

Tabla IV.VIII. Valores aproximados del coeficiente de almacenamiento en acuíferos libres para las unidades identificadas

4.2.5. PERMEABILIDAD Y TRANSMISIVIDAD

Permeabilidad

Parámetro determinante en la definición del potencial hidrogeológico de los diferentes materiales y/o unidades identificadas en cualquier medio de estudio; esto orientado a la definición de la facilidad presentada por este para su alimentación (recarga) y descarga, así

como también para la medición del potencial de explotación o aprovechamiento del recurso disponible.

Se muestra a continuación una aproximación a las características del área de estudio, según éste aspecto de interés:

Material	Permeabilidad (Rango de variación (m/día))
Arena limosa	1x10 ⁻² a 1x10 ¹
Arcilla margosa	1x10 ⁻³ a 1x10 ²

Tabla IV.IX. Rango de Permeabilidad estimado para los materiales definidos

Transmisividad

La permeabilidad y la Transmisividad se encuentran relacionadas mediante la siguiente ecuación, en función del espesor de acuífero saturado:

$$\text{Permeabilidad} = \text{Transmisividad} / \text{Espesor saturado}$$

(Tomado y editado de "Hidrogeología Minera y Ambiental- Síntesis de Conceptos Fundamentales"- Módulo Recursos Minerales, Serie Postgrado, Capítulo "Geología aplicada a la Hidrogeología- Pág. 51"- Juan Carlos Baquero Úbeda-Rafael Fernández Rubio)(4).

De allí, la obtención del valor estimado para esta variable descriptiva del terreno, se traduce en el resultado de un simple proceso de cálculo básico, previa medición del espesor

saturado que allí se menciona (mediante modelamiento, ensayos, etc.) y la aplicación claro está del criterio técnico complementario.

4.2.6. CAUDAL ESPECÍFICO ESTIMADO

La estimación de valores correspondientes al caudal específico esperado para las diferentes unidades hidrogeológicas favorables identificadas y descritas, implica la ejecución de pruebas de bombeo o sus equivalentes (trabajo de campo- pruebas directas), a partir de pozos exploratorios o existentes con condiciones para su empleo con tales fines.

Sin embargo, para el presente trabajo, se muestra a continuación el caudal específico esperado para estas unidades, según estimaciones realizadas a nivel regional y meramente interpretativas en estudios previos, como una mera referencia para la ubicación sugerida de las fuentes de alimentación del sistema de control propuesto:

CAPÍTULO V

DISEÑO DE SISTEMAS: SENSOR, DE EXPLOTACIÓN Y ASPERSIÓN (PARA EL ÁREA DE ESTUDIO)

En la realización de este proyecto se realizó un diseño de sistemas: Sensor, explotación y aspersión, todos basados en un funcionamiento electrónico que hace que este sistema funcione automáticamente siguiendo una serie de procesos, los cuales han sido

previamente estudiados, analizados y simulados, con el objetivo de tener una cobertura eficaz y cumplir los objetivos propuesto al inicio de dicho proyecto.

5.1. SISTEMA SENSOR

Un sistema sensor ha sido considerado en el proyecto teniendo en cuenta que para realizar el combate contra incendios primeramente se debe identificar las zonas en donde hay una intensificación de los factores que tienen relación con la amenaza, ya que no toda la superficie va a tener el mismo comportamiento al ser afectada por dichas anomalías, entre las cuales se consideran, anomalías de temperatura, calor, radiación, etc. Que puedan influir directa e indirectamente con el proceso de ignición, el cual ha sido explicado previamente y que es el primer fenómeno que se genera, y es visible en superficie además que mediante este sistema es posible su detección e identificación de la intensidad de estas anomalías. El objetivo que tiene cada uno de los sensores es el de enviar una señal inalámbrica a un sistema central de control, que la identificará, la codificará y la evaluará para a su vez hacer que entre en funcionamiento, la bomba y aspersores que estén relacionados geográficamente con algún o algunos de estos sensores, con la condición de que estas anomalías hayan sobrepasado un límite que previamente ha sido establecido por todas las características del medio (biológicas, edafológicas, ambientales, etc.)

5.1.1. ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS ÚTILES

Previo a la detección de estas anomalías, se tomaron en cuenta cuales propiedades del medio tienen relación directa e indirectamente con el proceso de combustión. Entre estas propiedades se encuentran:

- Temperatura
- Calor
- Radiación
- Irradiancia
- Entalpía

Temperatura.- Es una magnitud que tiene íntima relación con la energía interna de un sistema termodinámico, a menudo está relacionada con la sensación que tenemos de cuan caliente o frío es un objeto específico, pero la temperatura tiene una definición mucho más compleja que la que se tiene comúnmente de esta magnitud física escalar. La temperatura está relacionada con la temperatura cinética de las partículas, siendo que a mayor energía cinética o mientras estas tengan un mayor movimiento, mayor será el valor de la temperatura. De forma fundamental, la temperatura es el valor promedio de la energía de las partículas, al contrario de otras cantidades termodinámicas la temperatura solo pueden medirse en un sistema en equilibrio, dada por la misma razón que esta es un promedio.

La temperatura es una propiedad intensiva, es decir, que no depende del tamaño del sistema, ni de la cantidad de sustancia o del tipo de material que esté compuesto.

Las unidades en la que es medida, son los Kelvin, que es la medida absoluta de la temperatura y la cual está establecida en el Sistema Internacional de Unidades, aunque para usos prácticos se han creado otros estándares para su medición, entre los que se encuentran los grados Celsius, Fahrenheit y Rankine.

La escala de grados Celsius se definió considerando los puntos de ebullición y congelación del agua, 100°C y 0°C respectivamente, definida en 1742 por Andrés Celsius.

La escala de grados Fahrenheit se definió en el año 1724 donde la temperatura de congelación y ebullición del agua eran de 32°F y 212°F respectivamente, propuesta por Daniel Fahrenheit.

La escala Kelvin, creada por Lord Kelvin en 1848, estableciendo el punto cero en el cero absoluto (0°K) que corresponde a -273.15°C .

Calor.- Es una unidad física o un tipo de energía que está presente en todos los sistemas termodinámicos, es producida por la vibración acelerada de las moléculas, que se manifiesta elevando la temperatura y en ciertos casos dilatando los cuerpos, pudiendo también evaporar un líquido y fundir un sólido. En termodinámica se considera el calor como un flujo de energía, donde la energía se transfiere desde el cuerpo con mayor temperatura al de menor temperatura por medio de los diferentes mecanismos de transferencia, ya sea el de conducción, convección o radiación. El calor define la cinética de todas las partículas unidas en ese cuerpo.

La unidad que está establecida por el Sistema Internacional de Unidades es el Joule (J), otras de las unidades son las calorías (cal), kilocalorías (Kcal.) y BTU (British Thermal Unit)

El Joule es una unidad física que se utiliza para la medición de la energía, trabajo y calor, está definida como la cantidad de energía que realizada una fuerza constante de 1 Newton para desplazar una masa de 1 Kilogramo, una distancia de un metro en la misma dirección de la fuerza.

Una caloría está definida como la cantidad de energía que se requiere para elevar la temperatura 1°C a un gramo de agua a una presión de una atmósfera.

Los BTU se definen con la cantidad de energía que se requiere para elevar 1°F una libra de agua en condiciones atmosféricas normales.

Radiación.- Consiste en la forma de propagación de la energía por medio de ondas electromagnéticas o partículas (corpúsculos), dependiendo del comportamiento de estas. La propagación por ondas electromagnéticas pueden ser por rayos UV, rayos gamma, rayos X, etc. La propagación por partículas está relacionada con la transmisión de partículas subatómicas como partículas α , neutrones, etc.

La cantidad de radiación o de ondas electromagnéticas que emite un cuerpo negro (que absorbe toda la luz y energía sobre él, es un concepto teórico idealizado para el análisis y estudio de la emisión de ondas electromagnéticas) es proporcional a la temperatura de este cuerpo elevada a la cuarta potencia siguiendo la ley de Stefan-Boltzmann

Irradiancia.- Magnitud física utilizada para cuantificar la potencia incidente por unidad de superficie de toda clase de radiación electromagnética, se mide en Vatios sobre metros cuadrados.

Entalpía.- Está definida como la cantidad de energía en un sistema termodinámico que un sistema es capaz de intercambiar con su entorno, dentro del Sistema Internacional se la mide en Joules.

5.1.2. ANOMALÍAS DE TEMPERATURA

Las anomalías de temperatura que son valores aberrantes o valores mayores que la media en un sistema de condiciones ambientales y atmosféricas específicas. Son valores que se trata de identificar a razón de saber donde hay una mayor probabilidad de generarse un incendio forestal en forma natural, estos valores además de una probabilidad, nos indican que tal suceso está por ocurrir o está ocurriendo. En el caso de la zona seleccionada, zona cercana a Progreso, teniendo en cuenta que este, es un ambiente semiárido, y las temperaturas de forma general varían desde los 23°C a los 35°C, se ha tomado como anomalía de temperatura a valores que exceden en gran medida este rango, ya que si bien esta temperatura es una temperatura ambiental, la temperatura que en realidad se debe tomar en cuenta es la temperatura del material combustible, esta puede variar siendo mayor que la temperatura tomada del ambiente, y esta depende del comportamiento y las propiedades de los materiales propios del área, después de esto el sistema la identificará como anomalía en caso de exceder los valores antes mencionados, y hará que el

funcionamiento de los sistemas en conjunto se realice hasta que la temperatura del ambiente se reduzca a un valor prudente.

5.1.3. ANOMALÍAS DE CALOR

Las anomalías de calor están íntimamente relacionadas con las anomalías de temperatura, dadas las definiciones que se tienen de estas dos magnitudes físicas que afectan en forma directa el proceso de ignición y por ende el de un incendio forestal. Es así que las anomalías de calor serán de igual manera valores que excedan en gran medida a los valores promedios a un sistema de condiciones ambientales y atmosféricas específicas, el problema que se tiene con las anomalías de calor, es que estas no son tratadas con la facilidad que con las anomalías de temperatura, ya que al tratarse la temperatura como un promedio de la energía cinética de las moléculas es mucho más fácil su medición, y el tratamiento de datos, ya que la temperatura se mide estáticamente, al contrario del calor, que es un valor físico que se refiere a la energía cinética o la vibración acelerada de las partículas, hecho que hace difícil su medición, y que por su propia naturaleza variaría mucho en un corto intervalo de tiempo, lo que haría complicado su tratamiento a efectos prácticos del proyecto, complejidad que resulta innecesaria. Además que los equipos para la detección de anomalías por temperatura, son mucho más sencillos, más manipulables y más conocidos.

El detectar anomalías de calor implicaría objetos o artefactos que sean capaces de medir la energía cinética de las partículas en el ambiente, valor que inherentemente está sujeto a constantes cambios en cortos intervalos de tiempo, debido a que esta energía está

intrínsecamente relacionada con la intensidad de la energía solar, es por eso que se trabaja mucho mejor con el promedio de esta energía, como lo es la temperatura.

5.1.4. ANÁLISIS DE ALCANCE Y PRECISIÓN

Para la detección de la temperatura se buscó distintos tipos de sensores, en los cuales había variaciones en distintos aspectos y propiedades de estos:

- Precisión
- Rango espacial de detección
- Tipo de material
- Rango de detección de temperatura
- Costo
- Analógicos
- Digitales, etc.

Para la realización de este proyecto se primaba un sensor que sea económico, debido a que se utilizarían varios de estos en la medida que el área a implementar aumente. Que tenga un alto rango espacial de detección, con esto se refiere a que el sensor tenga un área de alcance, y no mida la temperatura en un punto específico. Lo más importante, que sea un sensor electrónico, esta característica importantísima haría que la señal pueda ser tratada y enviada a un sistema de control de la forma más conveniente para cumplir los objetivos propuestos. Los sensores en forma genérica tiene un gran rango de detección en la

temperatura, algunos pueden alcanzar los 800°C, por lo que esto no representa problema alguno, al igual que su precisión, ya que no hay diferencia o no es necesario tener lecturas de temperatura con dos o tres decimales de precisión. El tipo de material de estos tampoco era de gran relevancia.

Teniendo en cuenta todos estos factores se hizo un pre-selección de sensores, los cuales se fueron desechando a medida que se iban descubriendo las reales necesidades en el proyecto, dentro de estos sensores se tuvieron:

Termocuplas.- Una termocupla (también llamado termopar) es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce una diferencia de potencial muy pequeña (del orden de los milivoltios) que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado “punto caliente” y el otro llamado “punto frío” (efecto Seebeck). Existen varios tipos de termocuplas dependiendo del tipo de material de los dos metales de los que esta se encuentra constituida.



Imagen 5.1. Termocupla Tipo K (Fuente: Gsatermicos)

5.1.5. SELECCIÓN DE EQUIPOS

Para la selección de equipos se tomó en cuenta todas las propiedades antes mencionadas y descartando varias de las opciones, se seleccionó el sensor de temperatura DS18B20, mas por las características electrónicas que tiene este dispositivo que facilitan la manipulación y la comunicación con el sistema de control general.

SENSOR DE TEMPERATURA INTELIGENTE DS1820

El circuito integrado DS18B20 es un sensor de temperatura de precisión, fue fabricado por Maxim tiene de 9 a 10 bits de precisión.

Cada sensor incorpora un número de serie de 64 bits que permite conectar múltiples sensores en paralelo usando sólo una patilla como bus de datos.

Además no requiere de calibración externa o regulación para proveer medidas con variaciones 0.5°C, las temperaturas de análisis pueden estar entre -55°C a 125°C. Características como la baja impedancia de salida, salida lineal y una calibración interna precisa facilitan la interfaz de lectura y control.

Especificaciones:

- Rango de tensiones de alimentación: 3.0V a 5.5V
- $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ exactitud entre -10°C a $+ 85^{\circ}\text{C}$
- Rango de temperatura: -55 a 125°C (-67°F a $+257^{\circ}\text{F}$)
- Resolución: seleccionable de 9 a 12 bits
- Interfaz 1-Wire. Requiere sólo un pin digital para la comunicación
- Identificador único de 64 bits grabado en el chip. Múltiples sensores pueden compartir el mismo bus
- Sistema de alarma de límite de temperatura
- Tiempo de consulta menor a 750ms
- Conexionado con 3 hilos: Cable rojo VCC, Cable negro GND, Cable amarillo Datos
- Diámetro: 6mm, tubo de acero inoxidable de 35mm de largo
- Diámetro del cable: 4mm
- Longitud total con cable: 90cm

5.1.6. DISEÑO DE LA RED

El diseño de la red de sensores está basado en el mapa estático de amenazas, para su ubicación estratégica en zonas de más alta amenaza, debido a que son zonas más propensas al proceso de ignición, todo esto para el control eficiente de anomalías que puedan ser detectadas.

Se ubicaron 8 sensores para 6 áreas de aspersión que fueron identificadas, estos sensores que son acoplables si se requiere aumentar el número de estos a otra región de mayor superficie. La ubicación de estos sensores está diseñada de tal manera que todos se encuentran conectados a un sistema de control que recibirá la señal en el momento que se registre la anomalía de temperatura, y se encuentra de forma análoga a la red de aspersión. A continuación se presenta un mapa de amenaza donde se observa la red de sensores ubicados en zonas de amenaza alta.

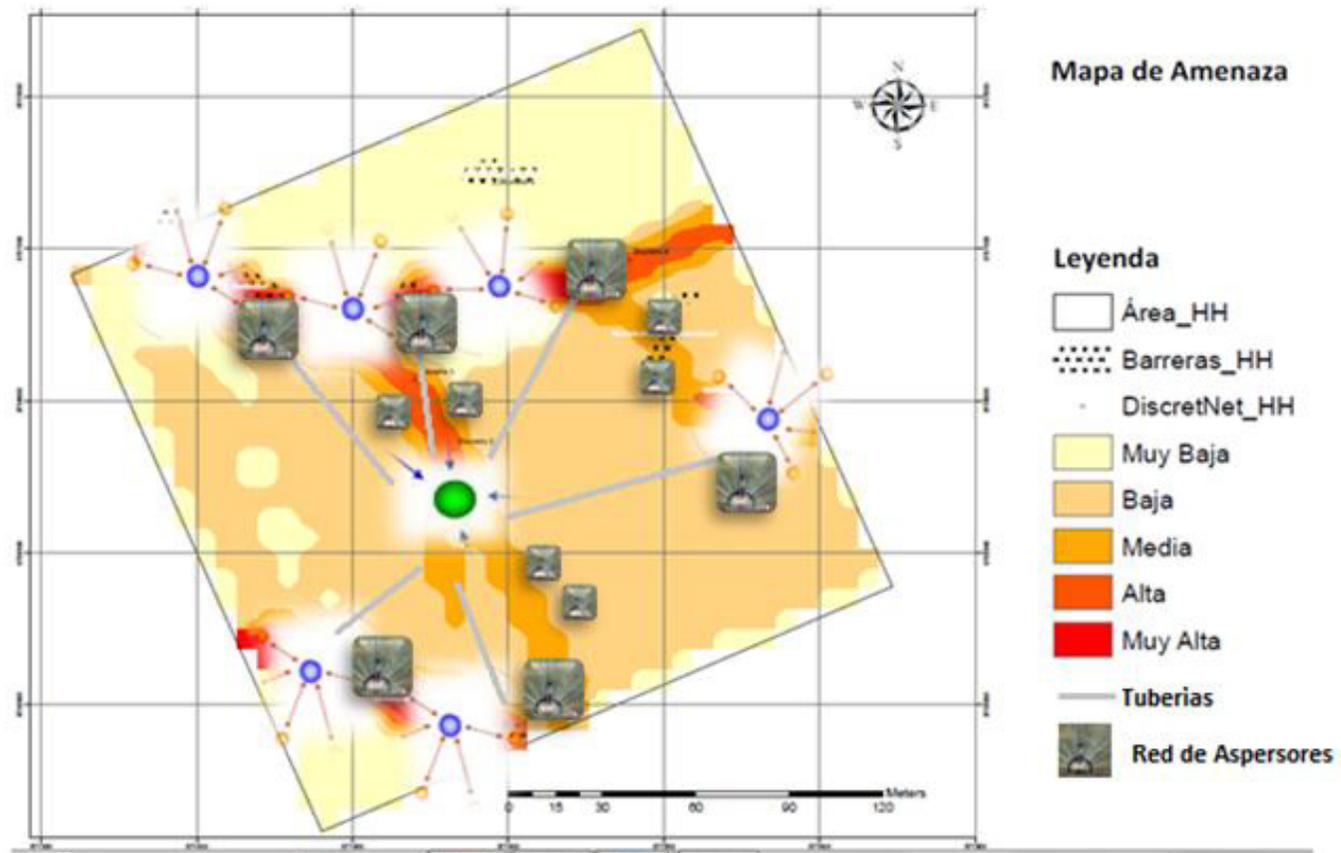


Imagen 5.4. Mapa de amenaza con presencia de la red de sensores

5.2. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN- CAPATACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA (SONDEO)

Para el sistema de captación del agua subterránea se prevé la realización de dos pozos, que con ayuda del análisis hidrogeológico, descrito en el capítulo anterior, estarían ubicados aproximadamente en el centro del área de estudio, estos pozos fueron ubicados para que la perforación sea mínima para poder alcanzar las zonas de arcilla marga y las capas que muy posiblemente tenga agua salada. La profundidad de perforación que debe realizarse para alcanzar estos niveles es poca según los datos geofísicos que se recolectaron.

5.2.1. ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO Y DEL ENTORNO PARA DEFINICIÓN DE PUNTOS DE PERFORACIÓN

Para el análisis hidrogeológico se realizaron cortes utilizando el software "Rockworks" donde se interpolan las unidades litológicas diferenciadas en cada uno de los pozos, utilizados para ubicar la profundidad de la posible reserva de agua, profundidad y disposición de las capas, todos los datos obtenidos utilizando geoelectrónica mediante el uso del "TERRAMETER".

Se realizaron 3 líneas geofísicas con coordenadas:

Línea 1: 571922; 9737209

Línea 2: 571884,934; 9736878,85

Línea 3: 571449; 9736887

A continuación se muestran los cortes realizados que involucran estas 3 lecturas geofísicas:

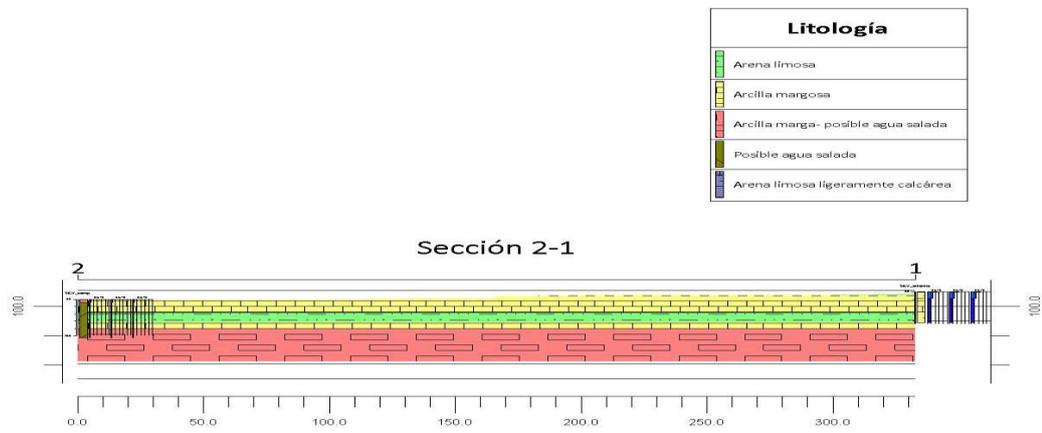


Imagen 5.5. Sección Litológica 2-1

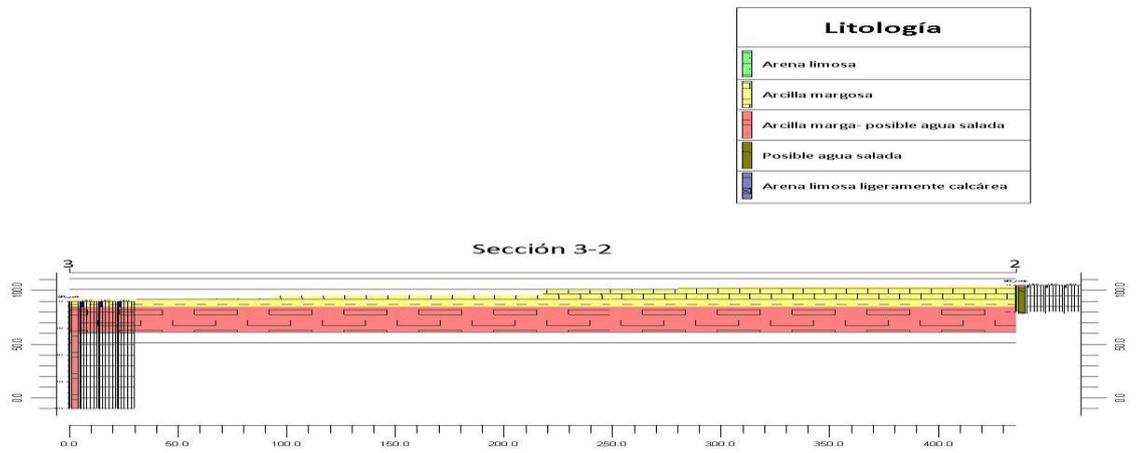


Imagen 5.6. Sección Litológica 3-2

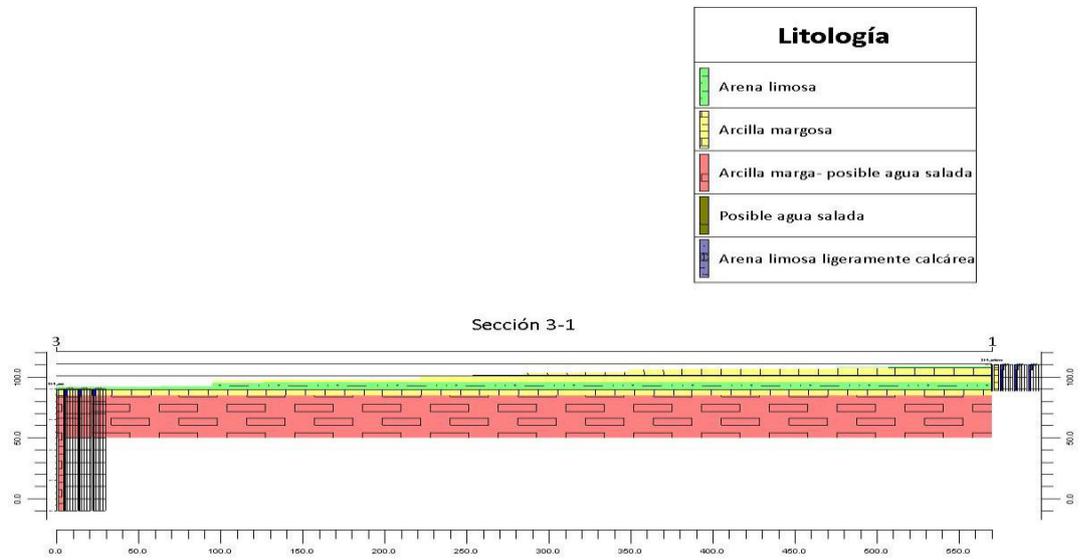


Imagen 5.7. Sección Litológica 3-1

5.2.2. DEFINICIÓN DE PROFUNDIDAD Y ORIENTACIÓN

La profundidad a la que se realizaría la perforación se define mediante las secciones ya que en estas tenemos un esquema del material que existe en el subsuelo y es posible planificar la perforación, ubicando el punto de perforación donde tengamos más facilidad en llegar al nivel deseado.

En este caso la capa donde es posible encontrar el recurso está a una profundidad de aproximadamente 30 metros, valor que no presenta complicaciones en su alcance.

La orientación a la cual se realizaría la perforación es vertical, debido a que no se encuentra ningún tipo de obstáculo para realizarla de esta forma, cualquier cambio de orientación, lo único que haría es retardar o aumentar el proceso de perforación.

5.2.3. SELECCIÓN DEL METODO Y EQUIPOS DE PERFORACIÓN

Dado que el tipo de material que encontramos en la zona de estudio, es un material de una consolidación no muy alta, y la profundidad del pozo a realizarse tampoco es de tanta exigencia, es posible realizar la perforación ya sea por el método de rotación, como el de roto-percusión, si el material presenta una baja consistencia es posible utilizar la perforación por taladro, o si el suelo es arenoso, se puede utilizar agua a presión como método de perforación.

5.2.4. SISTEMA DE BOMBEO- SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE EQUIPOS

Para el sistema de bombeo, primeramente se identificaron propiedades para la posterior selección de los equipos, esta selección está condicionada por las características hidrológicas de los posibles acuíferos o acuitardos. El número de pozos y bombas, está también relacionado con la naturaleza de estas unidades hidrogeológicas y es conveniente un estudio previo, para realizar estratégicamente la ubicación de las bombas, que a su vez también se relacionan con la ubicación geográfica de los aspersores, a los cuales estarán conectados mediante tuberías. Es posible que un solo pozo, satisfaga toda la red de aspersión, dependiendo del área se demandará la potencia de esta solitaria bomba, dicho sea de paso, existen unas de muy alta potencia en el mercado, pero tiene que estar acompañada con la certeza que será lo suficientemente abastecida por el caudal hidrogeológico. En el caso que trata este proyecto, se dividió la zona en dos ramales, las cuales estarán alimentando, una a la red discreta, y la otra a la red discreta. Una de estas bombas alimentará la red discreta, y esta, como método de prevención se activará inmediatamente se detecte una anomalía. Se ha hecho un arreglo en el que una bomba estará alimentando a la red discreta y a la red continua por separado, porque en la red continua se ha planificado la presencia de dos electroválvulas que dividen en dos sectores para la optimización de recursos dada la posición geográfica de la anomalía. A diferencia de la red discreta la cual no existe la presencia de electroválvulas.

Una de las importantes características de la bomba seleccionada para este proyecto es que es necesario que se trate de una bomba eléctrica, para que pueda ser integrada con el

sistema sensor, que una vez encendido, active la bomba del correspondiente ramal en el cual se encuentra el sensor que envía la señal. Por medio de tuberías ascenderá el agua y además de esto, será conducida hasta la zona que ha enviado la alerta, en donde las tuberías estarán instaladas electroválvulas, para direccionar y optimizar la salida del recurso hídrico y que esta no se desvíe hacia aspersores que estén conectados con sensores que no hayan enviado la señal de alerta.

La bomba NR-152B fue la seleccionada, debido a que cumple con las condiciones que se establecieron para la él óptimo funcionamiento de todo el sistema, entre sus características se tienen:

Adecuada para la elevación, presurización y distribución en instalaciones de tipo civil e industrial, distribución a autoclaves y cisternas, sistemas de lavado, sistemas de riego, con trasiego de pozos con diámetro mínimo de 156 mm., tanques y cuencas.

Datos de funcionamiento:

Fluido: químicamente y mecánicamente no agresivo, sin cuerpos sólidos ni partículas abrasivas.

Pasaje de cuerpos sólidos: Máximo hasta de 4mm.

Temperatura de líquido bombeado: Mínimo 0°C y máximo 30°C

Profundidad de sumersión máxima: 300 metros debajo del nivel del líquido.

Sentido de rotación: antihorario, observando desde la boca de descarga.

Presión máxima de funcionamiento: 50 bares.

Características de construcción:

Impulsores y difusores de policarbonato reforzado con fibra de vidrio. Eje de acero inoxidable AISI 431 con perfil en ranura. Boca de recarga y soporte de aspiración de fundición gris EN-GJ-250 o acero FeG450. Camisa exterior de acero inoxidable AISI 304.



Imagen 5.8. Bomba NR-152B

5.2.5. DISEÑO DE ADAPTACIÓN- SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

La adaptación de esta bomba se la realiza de manera directa desde el pozo, a la profundidad deseada y luego al sistema de control, este a su vez la relacionará con la ubicación de los sensores para que después de que estos envíen la señal, activar la bomba que esté conectada con este. Y estará alimentada directamente desde la unidad hidrogeológica donde es implementada.

5.2.6. DISEÑO DE LA RED

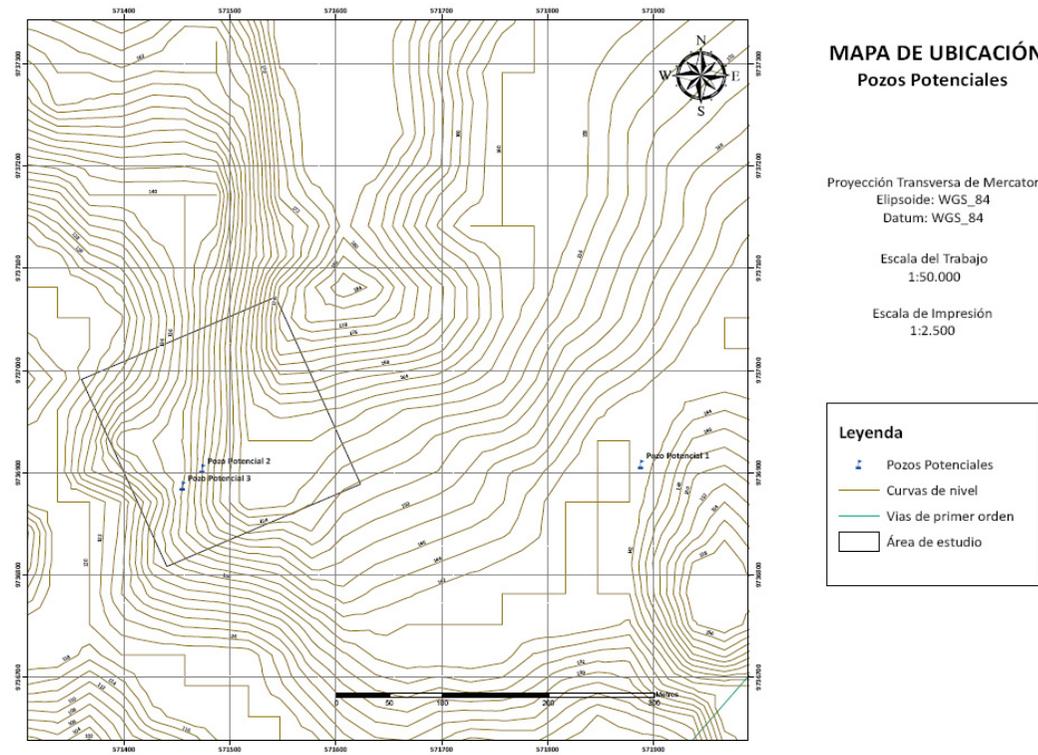


Imagen 5.9. Mapa de ubicación de pozos potenciales

5.3. SISTEMA DE ASPERSIÓN

El sistema de aspersión, es el proceso final de este sistema conjunto sensor-bombeo-aspersión, todas las señales inalámbricas enviadas tiene por objetivo activar de forma correcta los aspersores, en el lugar indicado, una vez detectada la anomalía, ya sea para el aplacamiento de un incendio o la prevención de este.

La ubicación de los aspersores, es un aspecto importantísimo en el sistema de prevención contra incendios, ya que si este no es efectivo, el incendio podría efectuarse y a su vez se nos podría salir de control.

Lo que se ha realizado y utilizado para la ubicación de estos aspersores, en primera instancia, es combinar los mapas de altitud y pendiente, obteniendo un mapa el cual se ubicará los aspersores para formar la llamada red discreta, que tiene por objetivo diferenciar zonas de mayor altitud y pendiente, que son los lugares donde se ubicarían una serie de aspersores por la razón que estas zonas facilitarían la optimización del alcance con la ubicación de aspersores en los puntos más altos, y a su vez las grandes pendientes ayudarían a que el fluido se disperse o se derrame por el factor gravedad, ayudando a aumentar el área de cobertura.

La segunda red, se basa en un mapa de barreras, que primeramente fue generado a partir de los mapas dinámicos de amenaza, tanto el mapa de amenaza vertical como el mapa de amenaza horizontal, estos combinan el mapa estático de amenazas y el mapa de curvatura,

a razón de considerar el efecto de concavidades y convexidades morfológicas del terreno relacionadas con la propagación o dispersión de un posible incendio, estos mapas de amenaza dinámica, han servido para ubicar las zonas con más susceptibilidad al proceso de ignición y que posiblemente desemboquen en un incendio forestal. Se escogieron estas zonas y se ubicaron seis focos de ignición, para la posterior simulación en el software FARSITE, el cual nos generó los frentes de propagación del incendio. Utilizando la intersección de estos seis frentes de propagación se generaron zonas con una alta densidad de estas líneas de propagación (barreras), estas representan zonas en las que el incendio convergerá donde quiera que este se origine. Esta “predicción” en el comportamiento del incendio, nos ayudará a generar la siguiente red de aspersores, llamada la red continua.

5.3.1. ANÁLISIS DE PARÁMETROS ÚTILES

Los parámetros que se considera para este sistema de aspersión y para la selección de los aspersores, está basada principalmente en el gran alcance que pudieran estos tener, algunos de gran alcance que son denominados cañones de aspersión. Además de su gran alcance, los aspersores deben de tener la capacidad de realizar una rotación de 360°, debido a que en todo este análisis se considera tácitamente que la cobertura de cada aspersor, dibuja una circunferencia, con un radio equivalente al alcance de este.

Estos aspersores están relacionados indirectamente con el caudal hidrogeológico, ya que este estará condicionado por la potencia que tenga el sistema de bombeo.

Otro de los parámetros es su vida útil, ya que el sistema que se quiere modelar requiere la mayor resistencia a las condiciones climáticas que pudieran presentarse, además de su costo, que en términos generales no presentan un costo excesivo.

5.3.2. ANÁLISIS DE CONDICIONES FÍSICAS EXISTENTES

Entre las condiciones, se tiene que tomar en cuenta el caudal proveniente de las tuberías, que será impulsado por la bomba, que a su vez depende de la potencia de este y del nivel de abastecimiento del acuífero o acuitardo.

A medida que el fluido avance, habrá pérdidas de energía por gravedad, por rozamiento con la tubería y/o manguera o rozamiento con el mismo fluido (viscosidad), pérdidas que se tienen que tener en cuenta al momento de la implementación ya que afectarán nuestra cobertura de aspersión, es por esto necesario una gran potencia, en el caso que los aspersores se encuentran a una distancia considerable del pozo, o si estos se encuentran a una cota mucho mayor y más aun si la pendiente de esta es muy pronunciada.

5.3.3. ANÁLISIS DE ALCANCE Y PRECISIÓN

Como se dijo previamente los aspersores ideales para este tipo de proyectos son más que nada los de gran alcance, llamados cañones de aspersión, que tengan una capacidad de rotación de 360°.

La razón por la que se busca un gran alcance es para incrementar el área de riego y con esto disminuir el efecto de la temperatura sobre la superficie, al igual que la rotación de estos, donde el objetivo es incrementar el área de riego.

El sistema de aspersión, está adaptado de igual manera al sistema de control central, y relacionado a uno de los 8 sensores que se incluyeron en la realización de este proyecto, los cuales se activarán una vez que las electroválvulas ubicadas en los diferentes ramales de las tuberías, dejen fluir el agua, estos están conectados directamente los pozos mediante tuberías. Serán alimentadas por el caudal que proporcione la bomba que dependerá a su vez del nivel de fluido que se encuentre en dicho momento en la unidad hidrogeológica.

5.3.4. SELECCIÓN DE EQUIPOS

Con estas propiedades de aspersores se realizó una pre-selección, donde se descubrieron marcas de aspersores con características interesantes afines con los objetivos propuestos. Estas marcas son NAAN DAN y PERROT.

Entre los aspersores NAAN DAN, se diferenciaron los modelos:

- 280
- 234

Donde el aspersor 280 tiene un alcance de 50 metros, con 2 pulgadas del diámetro del chorro, una lenta rotación, liviano y fácil de manejar y excelente cobertura en condiciones lluviosas.

El aspersor modelo 234, es un aspersor de una pulgada de diámetro de chorro, alcance de 24 metros, protección contra arena y polvo, alta durabilidad.

Existe una tabla en la cual se relaciona la presión, caudal y el diámetro de cobertura, para tener una referencia del potencial de estos aspersores.

Entre los aspersores PERROT, se diferenciaron los modelos:

- ZE-30
- DB-ZE30

El aspersor ZE-30 tiene una pulgada de diámetro, una boquilla estándar de 7 milímetros, puede alcanzar hasta 21,8 metros, hecha de bronce, resistente a la corrosión, útil en las condiciones más extremas, puede alcanzar una superficie de irrigación de 1493 metros cuadrados. Su funcionamiento es rotacional y por sectores.

El aspersor DB-ZE30 tiene una boquilla de tamaño de 4 a 7 milímetros, presión de operación entre los 3 y 7 bares, tasa de flujo entre los 1.25 y 4.61 metros cúbicos por hora, alcance entre los 14 y 21.8 metros.

Considerando que la zona de estudio no presenta una gran superficie, y por las características mismas de los aspersores, los NAAN DANN, y específicamente el modelo 234 fue el seleccionado.

5.3.5. DISEÑO DE LA RED

El diseño de la red, se refiere al arreglo de aspersores que se utiliza para combatir el incendio en un caso de contingencia, los cuales tienen una ubicación técnicamente justificada. Se distingue la red de dispersión continua y la red de dispersión discreta.

Para el diseño de la red continua de aspersión se trabajó con un mapa de densidad de líneas de propagación, que a su vez utilizó el mapa de amenaza dinámico para ubicar los posibles focos de ignición, proceso que fue simulado en el programa FARSITE, que es precisamente para la simulación de incendios forestales. Posteriormente se procedió a la obtención de un mapa de densidad de todas las líneas de propagación con lo cual vamos a obtener los lugares donde con una alta seguridad el frente de propagación del incendio pasaría. A continuación se presentan los mapas de amenaza dinámicos (vertical y horizontal) por incendios en el área de estudio. Creados partir del mapa estático de amenazas y el mapa de curvatura.

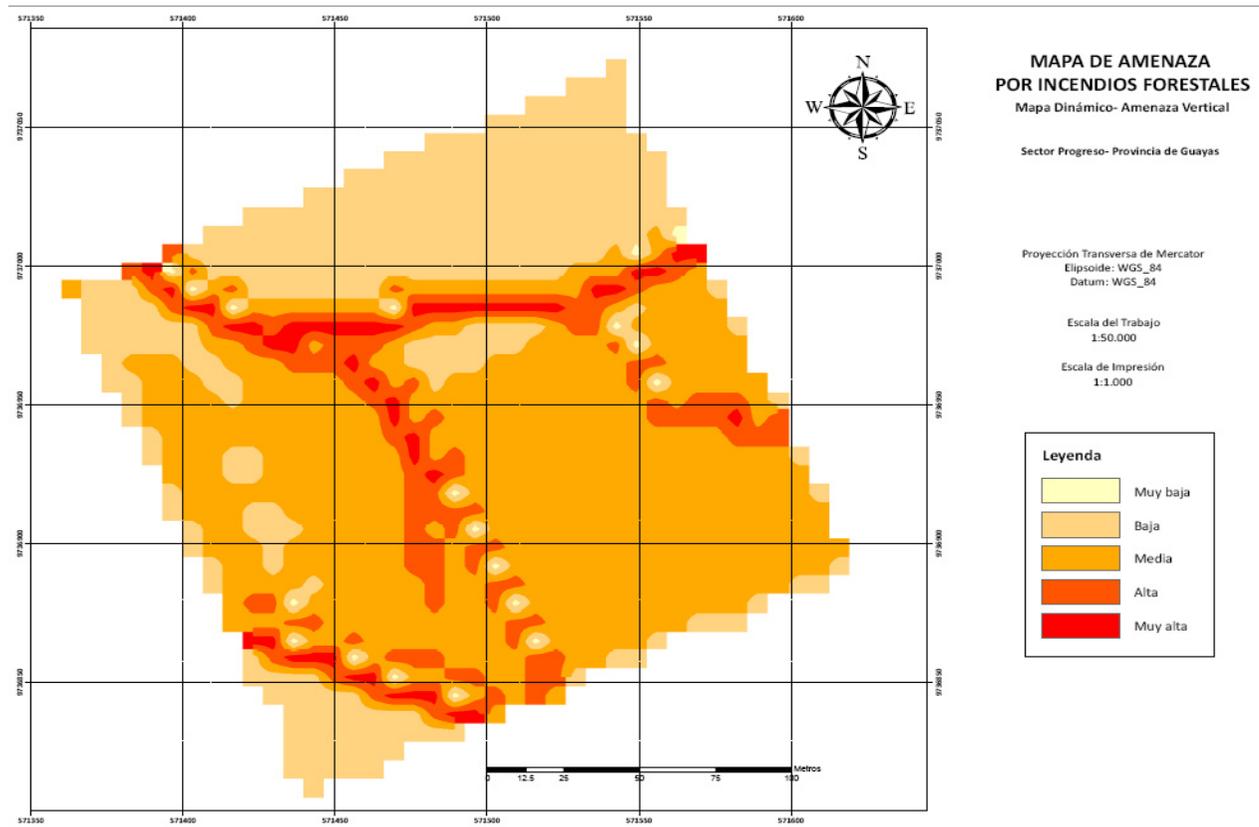


Imagen 5.10. Mapa de amenaza vertical- Área de estudio

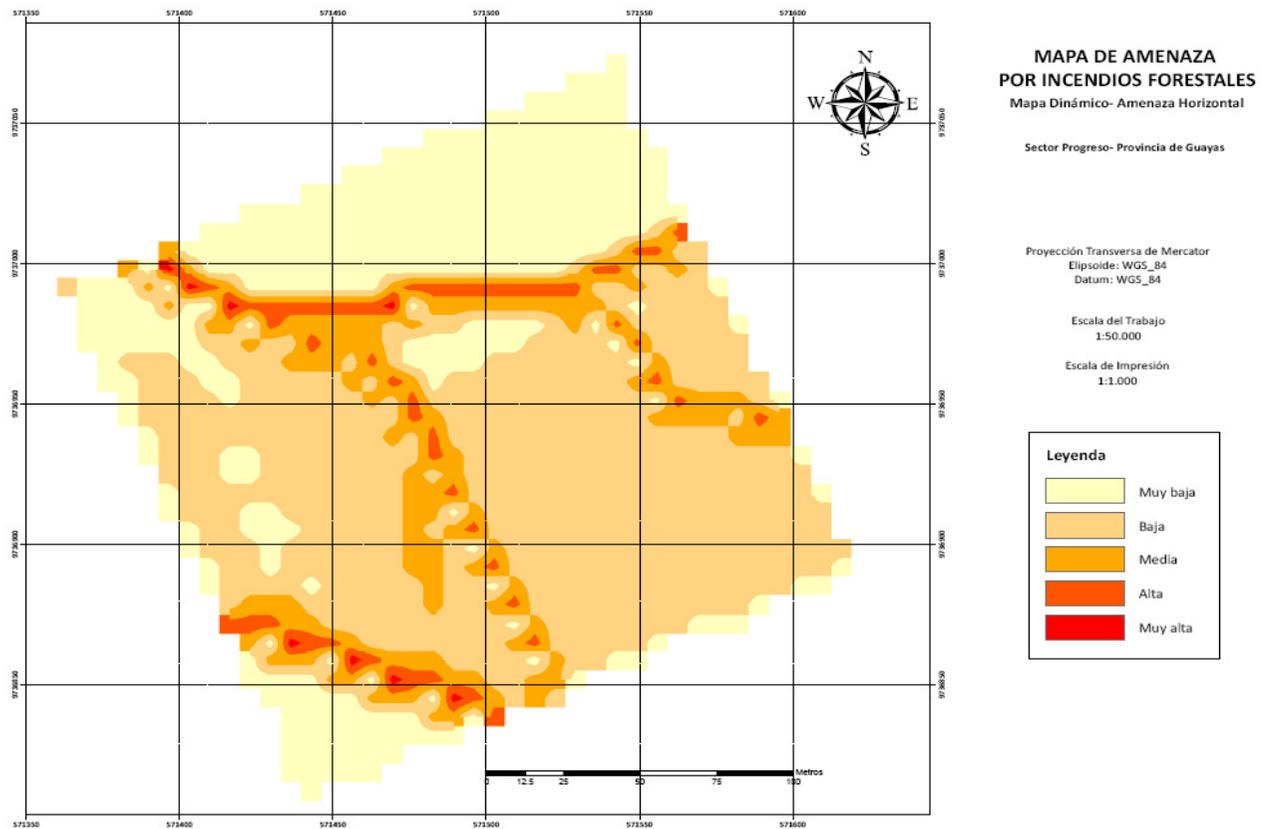


Imagen 5.11. Mapa de amenaza horizontal- Área de estudio

Como se explicó previamente, estos dos mapas fueron utilizados para ubicar los potenciales focos de ignición en las zonas donde la amenaza se presentaba como “Muy Alta” o “Alta”, estos focos serían los puntos donde se realizaría la simulación de los incendios, por la obvia razón de que son zonas donde es muy probable que estos ocurran, a continuación se presenta el mapa de amenaza estático con la ubicación de los potenciales focos de ignición.

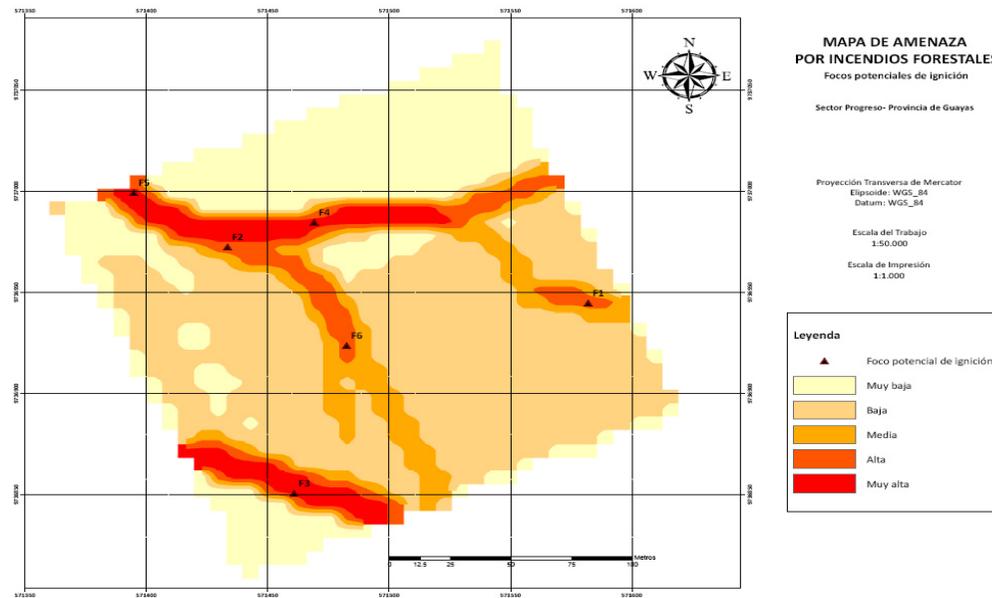


Imagen 5.12. Mapa de amenaza por incendios forestales y focos potenciales de ignición (Área de estudio)

La importancia que tiene en el diseño de la red de aspersión, radica en que con el programa FARSITE, se procedería a la simulación, obteniendo los seis mapas de frentes de propagación que se presentan a continuación correspondientes a los seis potenciales focos de ignición. Cada línea de propagación está espaciada por cinco minutos.

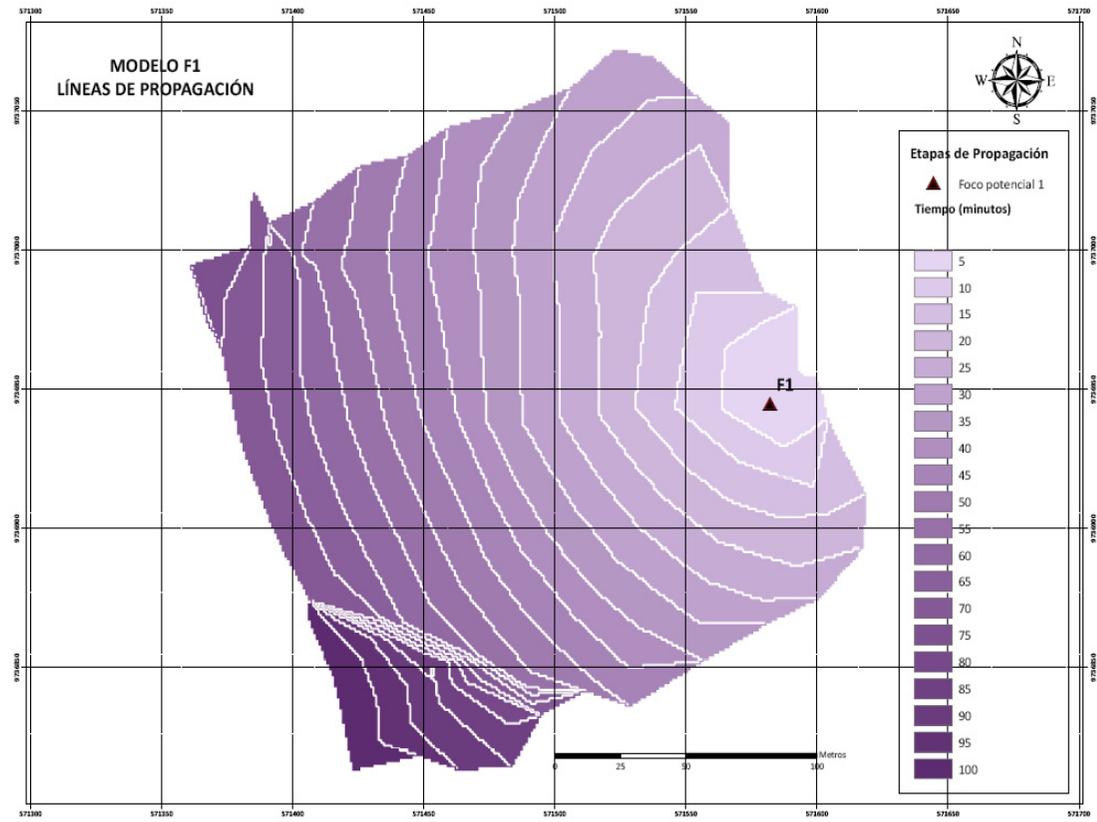


Imagen 5.13. Modelo de propagación- Foco 1

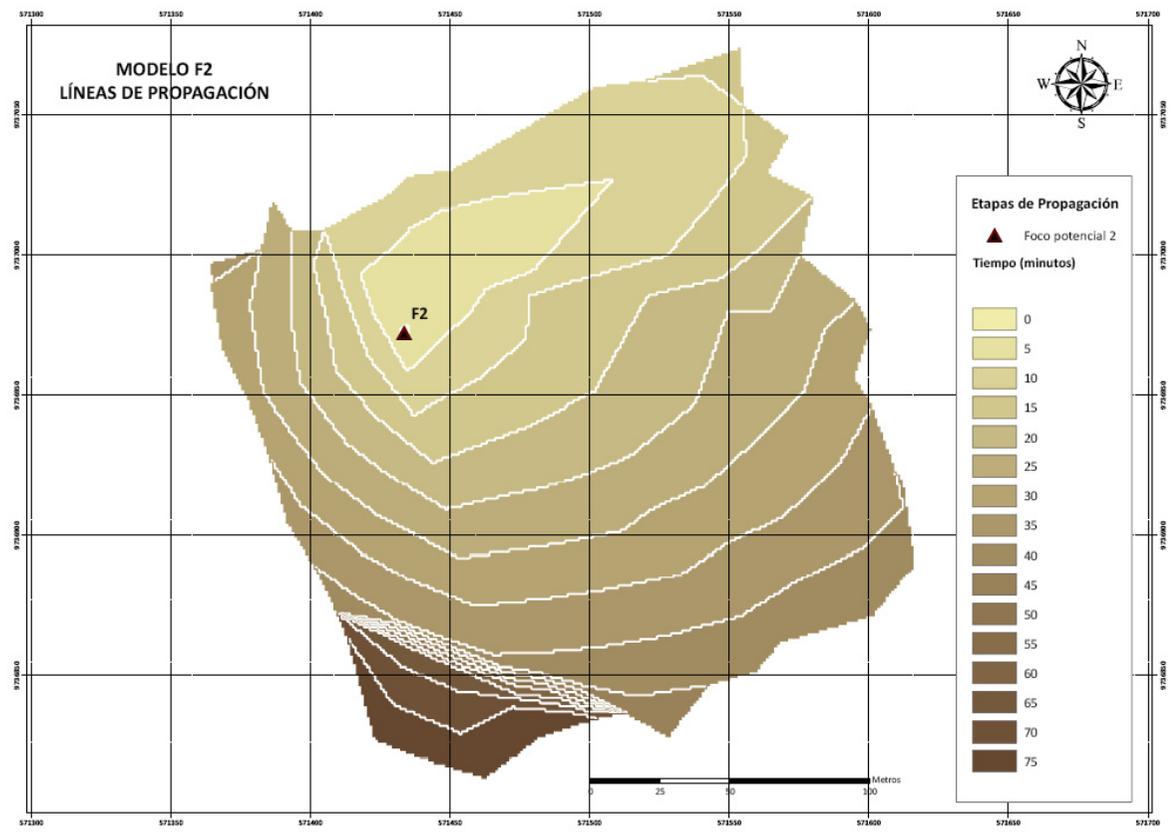


Imagen 5.14. Modelo de propagación- Foco 2

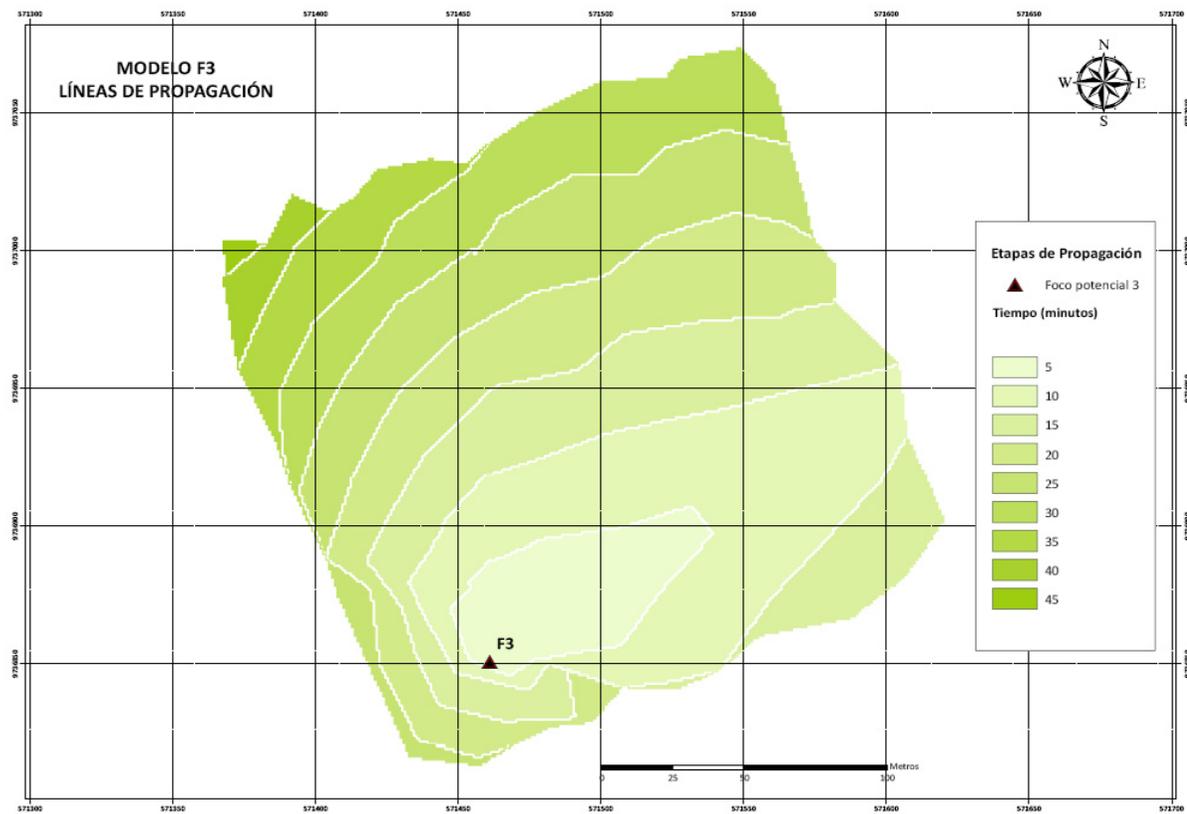


Imagen 5.15. Modelo de propagación- Foco 3

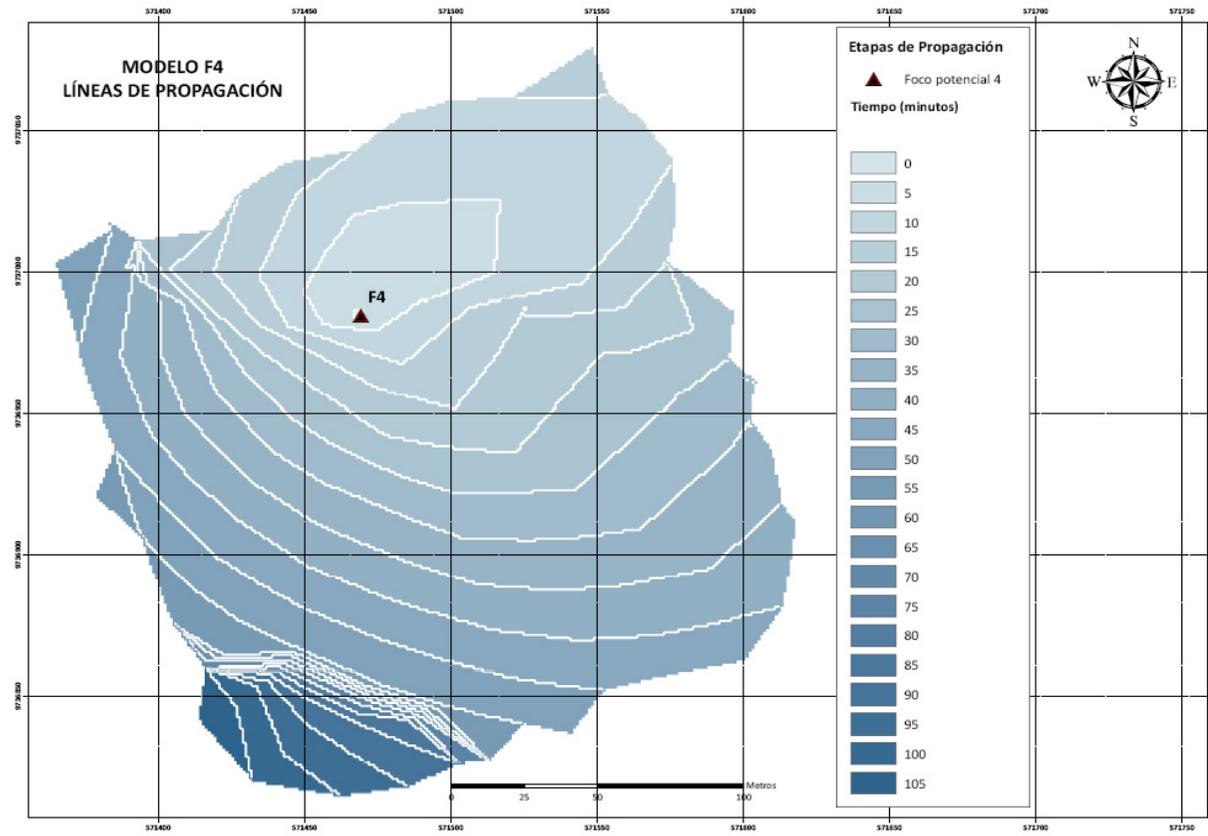


Imagen 5.16. Modelo de propagación- Foco 4

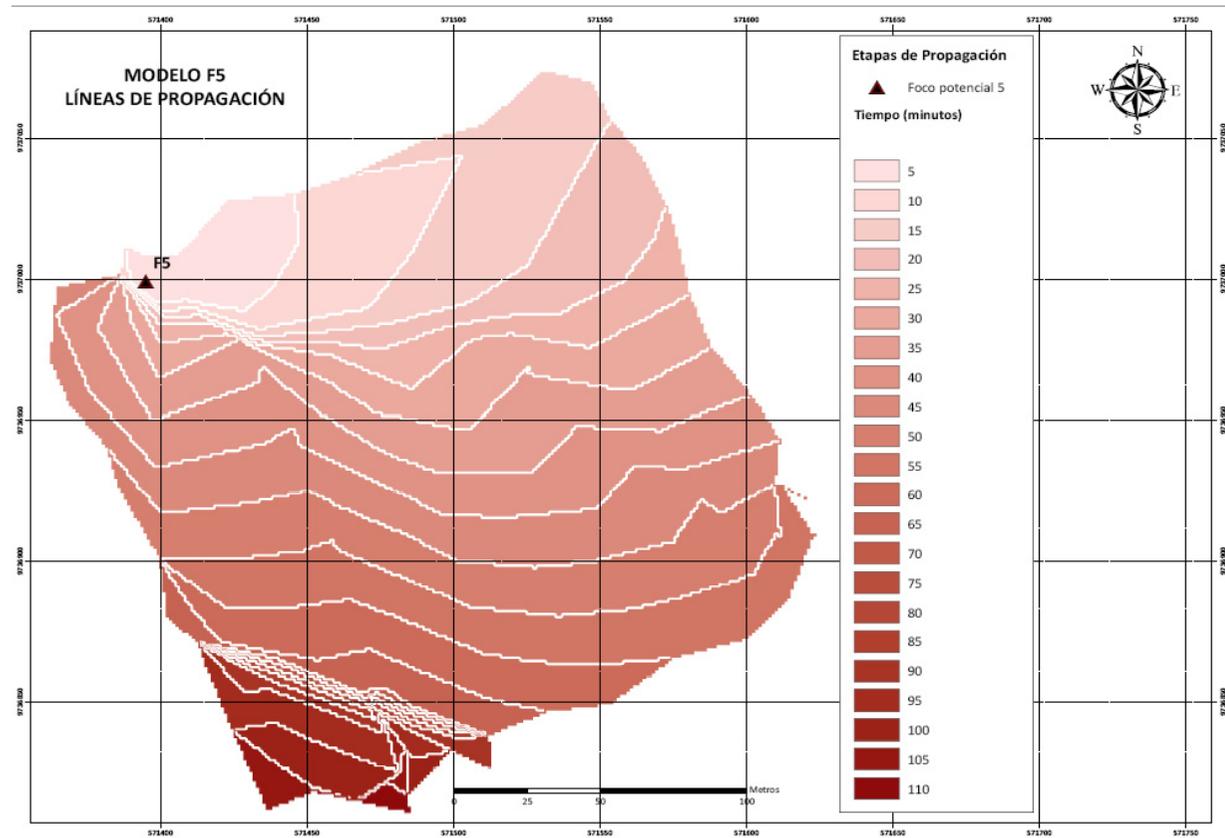


Imagen 5.17. Modelo de propagación- Foco 5

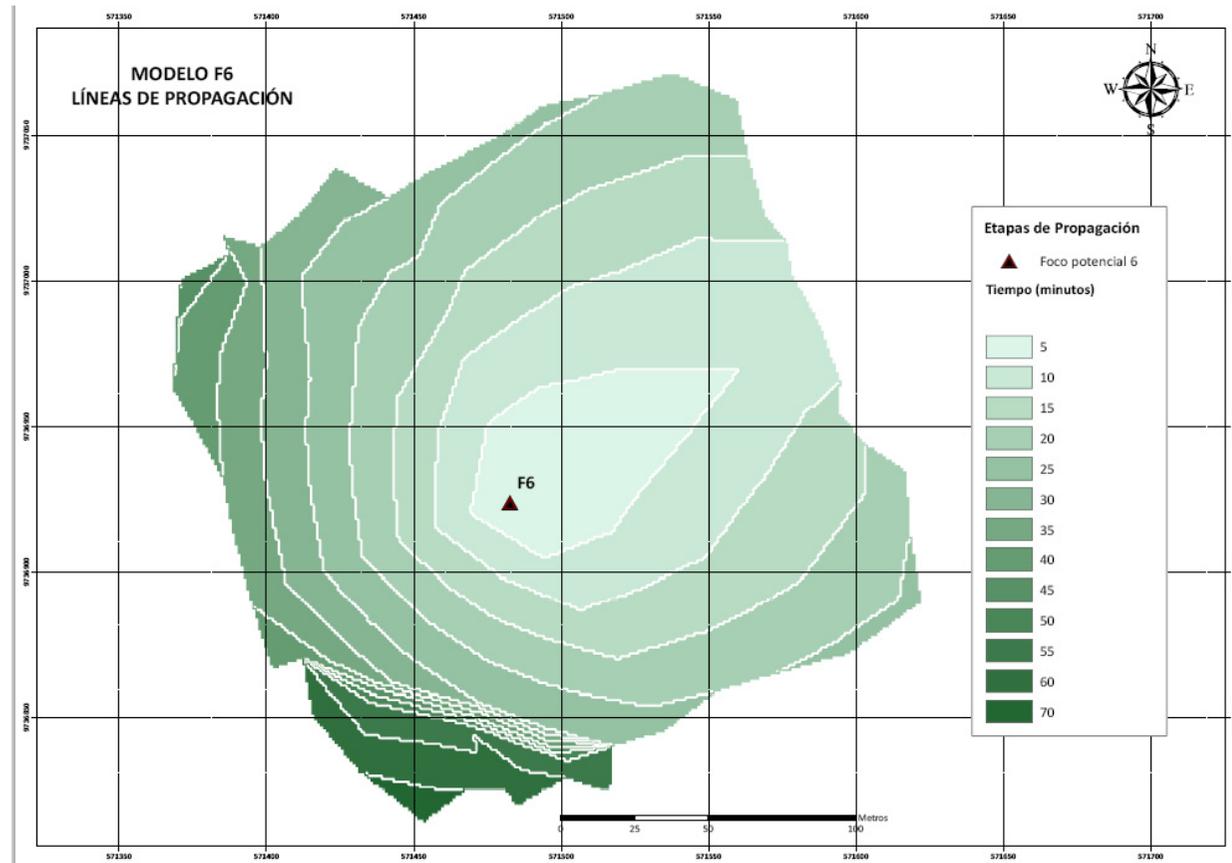


Imagen 5.18. Modelo de propagación- Foco 6

Después de generar estos seis modelos, se realiza el mapa de densidad de las líneas de propagación, utilizando un software con manejo de información geográfica, y como se explicó anteriormente, este nuevo mapa nos dará las regiones de gran potencial de ocurrencia del frente de incendio, que es donde se definen las barreras, que no son más que zonas donde se realizaría el control de estos, dada la alta probabilidad a que los incendios se dirijan a estas zonas, barreras que son definidas con la información de los seis modelos de propagación anteriormente mostrados.

Se hace este análisis para la optimización de recursos principalmente, para el combate estratégico de incendios, ya que estos una vez iniciados se propagan muy rápidamente y siguen patrones de propagación, lo que los puede hacer tomar el carácter de predictivos. Podemos observar estos patrones en los modelos de propagación donde las 4 Ha de estudio son consumidas en un 90% por el incendio en unos 30 a 40 minutos, tiempo que varía en relación geográfica con el foco de ignición. Aunque tenemos otra opción para la solución de este gran problema, que sería barrer toda la zona con sensores y aspersores, lo cual no tendría ninguna justificación técnica, además del desperdicio innecesario de un recurso tan importante como lo es el agua e ir en contra de nuestro objetivo como lo es la optimización de estos recursos. A continuación se presenta el mapa de barreras, donde se diferencian barreras de humedad y barreras estructurales y biológicas. Las barreras de humedad, son las franjas donde se colocaría una serie de aspersores para formar la llamada red continua.

Se presentan también las llamadas barreras biológicas o estructurales, zonas de barreras donde se hace la sugerencia se cambiar el tipo de vegetación a efecto de que sea mucho

más difícil la propagación, o crear algún tipo de estructura, ya sean canales, elevaciones, o cualquier otra, con el mismo objetivo de hacer dificultosa la propagación del incendio.

A continuación se presenta el mapa de intersección, o de densidad de las líneas de propagación, donde se han distinguido cinco zonas de barrera, dos barreras de humedad (ubicación de la red continua), y 3 barreras biológicas/estructurales.

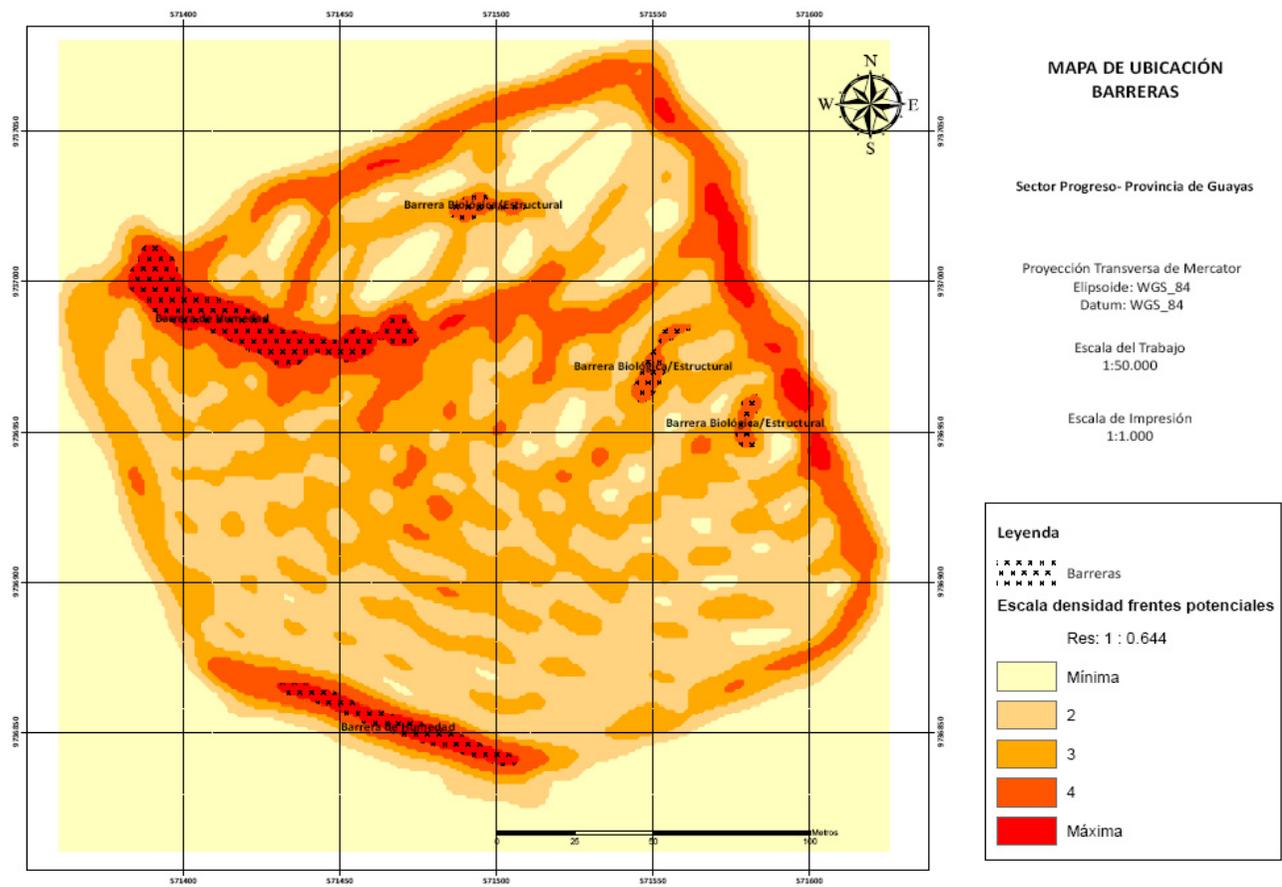


Imagen 5.19. Mapa de barreras

Es preciso rescatar que los bordes superiores del mapa de ubicación de barreras, muestran con una gran intensidad el color correspondiente a una alta densidad en la líneas de propagación, pero este es un error producido al hacer el corte y análisis exclusivo para la zona deseada, hecho que al realizar la simulación del incendio, los frentes de propagación, al no tener donde más extenderse, se acumulaban en estos bordes, lo cual de ninguna manera representan valores diagnósticos para los fines técnicos que tiene el proyecto.

La segunda red, la conocida como red discreta de dispersión, se la realiza utilizando una combinación de mapas tanto de pendiente y altitud, con el fin de ubicar aspersores en la zonas más altas y que afecten positivamente a la acción preventiva de los aspersores haciendo que el flujo de agua se distribuya de la mejor manera a través de las pendientes, por lo cual es necesario ubicarlos a una altitud en la que este resultado sea efectivo.

A continuación se muestra la distribución de la red discreta con un total de 5 aspersores.

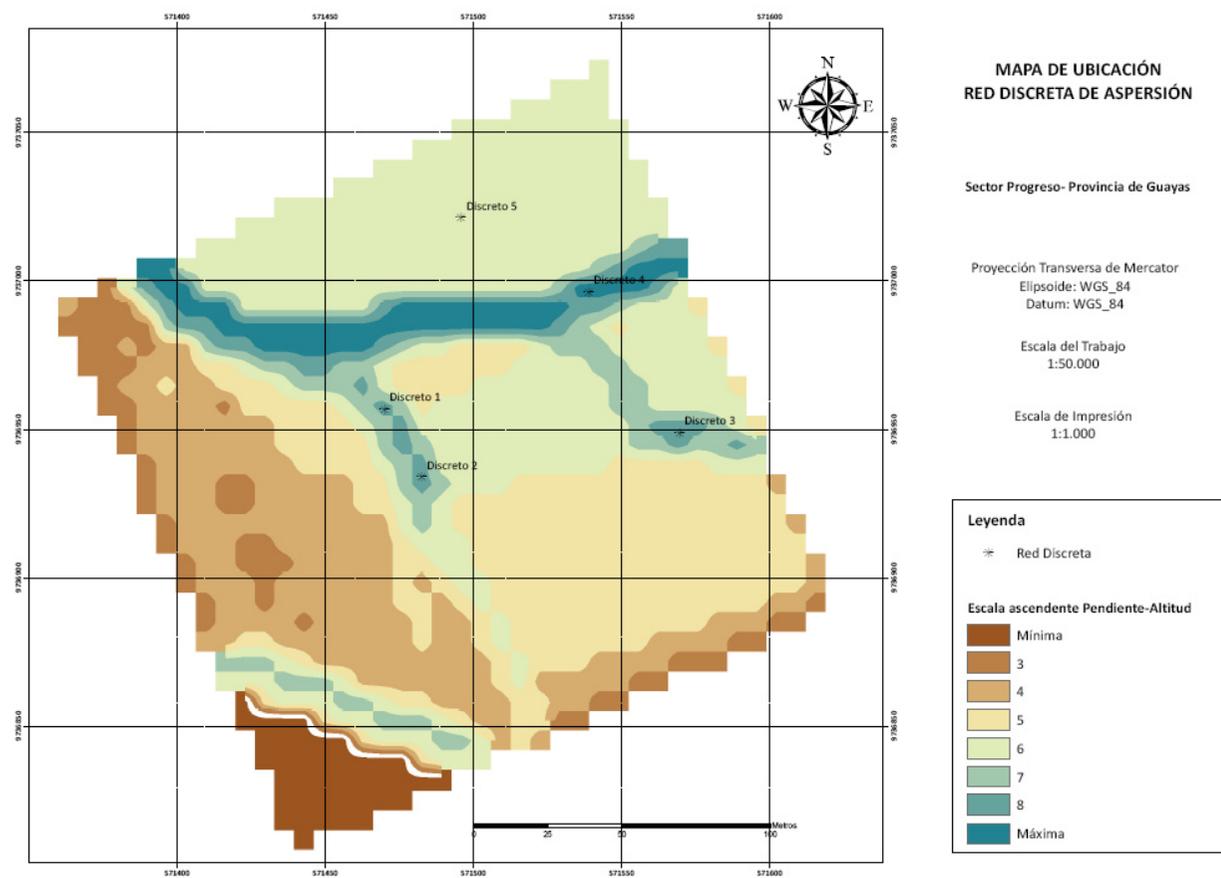


Imagen 5.20. Mapa de red discreta de aspersores

5.4. DISEÑO DE ADAPTACIÓN- SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Para la adaptación y automatización de los tres sistemas en conjunto (sensor-bombeo-aspersión) es necesario el uso de herramientas tecnológicas, las cuales nos permitirán mantener un equilibrio, en zonas de riesgo con probabilidad de incendios.

El control autónomo y la adquisición de datos son modelos funcionales importantes, desarrollados en la actualidad para un sin número de aplicaciones es por ello que nos hemos permitido involucrarnos en el conocimiento de los módulos de radiofrecuencia XBEE y los denominados PIC permitiéndonos utilizar aplicaciones técnicas, ampliando nuestra cobertura de enlace y control en nuestro sistema.

Se presenta la comunicación inalámbrica mediante módulos XBEE para controlar la temperatura en determinadas zonas, los datos adquiridos por los microcontroladores serán evaluados, permitiendo el control de un sistema de riego contra incendio.

METODOLOGIA

El principal objetivo es desarrollar un proyecto basado en la comunicación entre módulos XBEE de radiofrecuencia, tomando un muestreo de temperatura en regiones de alto riesgo; así como los alcances y limitaciones del sistema.

A continuación se presenta el sistema de control implementado durante el proyecto. Se brinda una breve explicación referente al funcionamiento, análisis y características de cada una de las etapas que lo integran.

Nuestro proyecto es el encargado de controlar un sistema de análisis de temperatura, mediante microcontroladores enlazados inalámbricamente hacia un sistema central de control de caudal. Esto lo lleva a cabo de la siguiente manera: El sistema monitorea la temperatura en las zonas de riesgo máximo controlador 1, cuando esta temperatura sobre pasa un umbral, el sistema detecta dicho cambio y una señal es enviada inalámbricamente mediante módulos XBEE hacia el controlador 2, que interpreta dicha señal e identifica la región de emisión de la misma, permitiendo que el caudal hacia esa región sea puesto en marcha mientras la amenaza desaparece.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

MICROCONTROLADOR 16F887

CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Arquitectura RISC
- 35 instrucciones
- Instrucciones de un solo ciclo excepto las de salto
- Frecuencia de operación de 0-20MHz (DC-200ns)
- Manejo de Interrupciones
- 8 niveles de Pila (Stack)
- Oscilador interno de precisión calibrado en fábrica al 1% de error
- Frecuencias seleccionable por software entre 8MHz-31KHz
- Voltaje de alimentación entre 2.0-5.5V
 - Consumo de 220uA(2V, 4MHz), 11uA (2.0V, 32KHz), 50nA (en modo de stand-by)
- Modo SLEEP para ahorro de energía
- BOR (Brown-out Reset) reset por baja de voltaje con opción de control por software
- 35 pines de entrada/salida
 - Corriente de suministro/drenaje suficiente para manejar LED directamente
 - Resistores de pull-up programables individualmente
 - Interrupción por cambio en pin

- 8K de memoria FLASH. EL chip puede reprogramarse hasta 100.000 veces
- Opción de programación en circuito (In-circuit serial Programing)

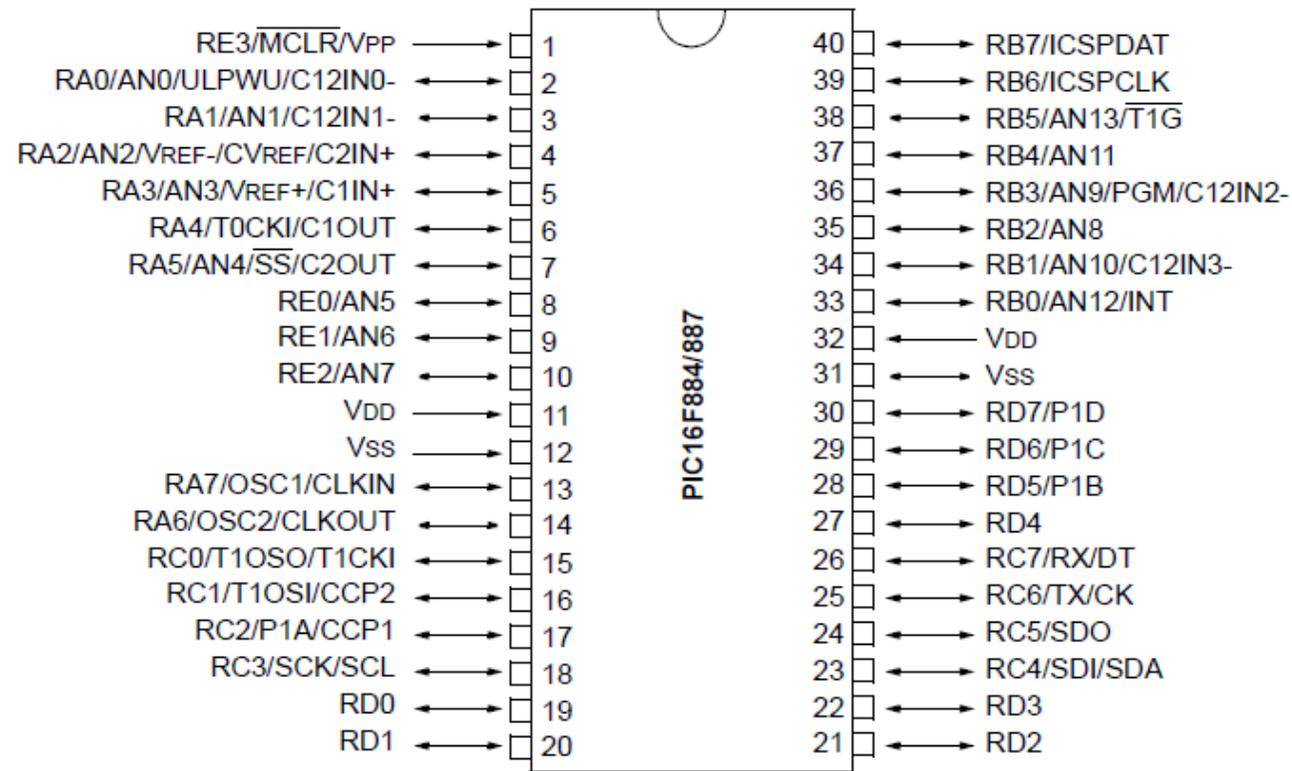


Imagen 5.21. Microcontrolador

Descripción de los pines

- Como puede observarse en el pin RA3: RA3/AN3/Vref+/C1IN+
- Significa que tiene varias funcionalidades:

RA3 Port A entrada/salida digital 3

AN3 Entrada analógica 3

- Vref+ Referencia de voltaje positiva
- C1IN+ Entrada positiva de comparador C1
- Estas características no pueden usarse en forma simultánea pero pueden cambiarse durante la operación.

Name	Number (DIP 40)	Function	Description
RE3/MCLR/Vpp	1	RE3	General purpose input Port E
		MCLR	Reset pin. Low logic level on this pin resets microcontroller.
		Vpp	Programming voltage
RA0/AN0/ULPWU/C12IN0-	2	RA0	General purpose I/O port A
		AN0	A/D Channel 0 input
		ULPWU	Stand-by mode deactivation input
		C12IN0-	Comparator C1 or C2 negative input
RA1/AN1/C12IN1-	3	RA1	General purpose I/O port A
		AN1	A/D Channel 1
		C12IN1-	Comparator C1 or C2 negative input
RA2/AN2/Vref-/CVref/C2IN+	4	RA2	General purpose I/O port A
		AN2	A/D Channel 2
		Vref-	A/D Negative Voltage Reference input
		CVref	Comparator Voltage Reference Output
RA3/AN3/Vref+/C1IN+	5	C2IN+	Comparator C2 Positive Input
		RA3	General purpose I/O port A
		AN3	A/D Channel 3
		Vref+	A/D Positive Voltage Reference Input
RA4/T0CKI/C1OUT	6	C1IN+	Comparator C1 Positive Input
		RA4	General purpose I/O port A
		T0CKI	Timer T0 Clock Input
RA5/AN4/SS/C2OUT	7	C1OUT	Comparator C1 Output
		RA5	General purpose I/O port A
		AN4	A/D Channel 4
		SS	SPI module Input (<i>Slave Select</i>)
RE0/AN5	8	C2OUT	Comparator C2 Output
		RE0	General purpose I/O port E
RE1/AN6	9	AN5	A/D Channel 5
		RE1	General purpose I/O port E
RE2/AN7	10	AN6	A/D Channel 6
		RE2	General purpose I/O port E
Vdd	11	+	Positive supply
Vss	12	-	Ground (GND)

Tabla V.I. Descripción, función y número de pines

Name	Number (DIP 40)	Function	Description
RA7/OSC1/CLKIN	13	RA7	General purpose I/O port A
		OSC1	Crystal Oscillator Input
		CLKIN	External Clock Input
RA6/OSC2/CLKOUT	14	OSC2	Crystal Oscillator Output
		CLKO	Fosc/4 Output
		RA6	General purpose I/O port A
RC0/T1OSO/T1CKI	15	RC0	General purpose I/O port C
		T1OSO	Timer T1 Oscillator Output
		T1CKI	Timer T1 Clock Input
RC1/T1OSO/T1CKI	16	RC1	General purpose I/O port C
		T1OSI	Timer T1 Oscillator Input
		CCP2	CCP1 and PWM1 module I/O
RC2/P1A/CCP1	17	RC2	General purpose I/O port C
		P1A	PWM Module Output
		CCP1	CCP1 and PWM1 module I/O
RC3/SCK/SCL	18	RC3	General purpose I/O port C
		SCK	MSSP module Clock I/O in SPI mode
		SCL	MSSP module Clock I/O in I ² C mode
RD0	19	RD0	General purpose I/O port D
RD1	20	RD1	General purpose I/O port D
RD2	21	RD2	General purpose I/O port D
RD3	22	RD3	General purpose I/O port D
RC4/SDI/SDA	23	RC4	General purpose I/O port A
		SDI	MSSP module <i>Data</i> input in SPI mode
		SDA	MSSP module <i>Data</i> I/O in I ² C mode
RC5/SDO	24	RC5	General purpose I/O port C
		SDO	MSSP module <i>Data</i> output in SPI mode
RC6/TX/CK	25	RC6	General purpose I/O port C
		TX	USART Asynchronous Output
		CK	USART Synchronous Clock
RC7/RX/DT	26	RC7	General purpose I/O port C
		RX	USART Asynchronous Input
		DT	USART Synchronous Data

Tabla V.II. Descripción, función y número de pines

Name	Number (DIP 40)	Function	Description
RD4	27	RD4	General purpose I/O port D
RD5/P1B	28	RD5	General purpose I/O port D
		P1B	PWM Output
RD6/P1C	29	RD6	General purpose I/O port D
		P1C	PWM Output
RD7/P1D	30	RD7	General purpose I/O port D
		P1D	PWM Output
Vss	31	-	Ground (GND)
Vdd	32	+	Positive Supply
RB0/AN12/INT	33	RB0	General purpose I/O port B
		AN12	A/D Channel 12
		INT	External Interrupt
RB1/AN10/C12INT3-	34	RB1	General purpose I/O port B
		AN10	A/D Channel 10
		C12INT3-	Comparator C1 or C2 Negative Input
RB2/AN8	35	RB2	General purpose I/O port B
		AN8	A/D Channel 8
RB3/AN9/PGM/C12IN2-	36	RB3	General purpose I/O port B
		AN9	A/D Channel 9
		PGM	Programming enable pin
		C12IN2-	Comparator C1 or C2 Negative Input
RB4/AN11	37	RB4	General purpose I/O port B
		AN11	A/D Channel 11
RB5/AN13/T1G	38	RB5	General purpose I/O port B
		AN13	A/D Channel 13
		T1G	Timer T1 External Input
RB6/ICSPCLK	39	RB6	General purpose I/O port B
		ICSPCLK	Serial programming Clock
RB7/ICSPDAT	40	RB7	General purpose I/O port B
		ICSPDAT	Programming enable pin

Tabla V.III. Descripción, función y número de pines

UNIDAD CENTRAL DE PROCESO CPU

El CPU reconoce 35 instrucciones a diferencia de otros microcontroladores con más de 200 instrucciones.

El tiempo de ejecución de cada instrucción es de 4 ciclos de reloj, excepto las de salto que demoran dos. Esto significa que si la velocidad de operación del microcontrolador es de 20MHz el tiempo de ejecución de cada instrucción es de 200ns. Es decir que el programa ejecutará 5'000.000 de instrucciones por segundo.

Descripción Módulos XBEE

Los módulos XBEE y XBEE Pro, fueron diseñados para soportar el estándar IEEE 802.15.4, operan en la banda ISM a 2.4Ghz además de ser compatibles pin a pin entre ellos.

Proveen una confiable entrega de datos entre los dispositivos, lo que ha permitido que sean aplicados para redes inalámbricas de sensores, de bajo costo y baja potencia.

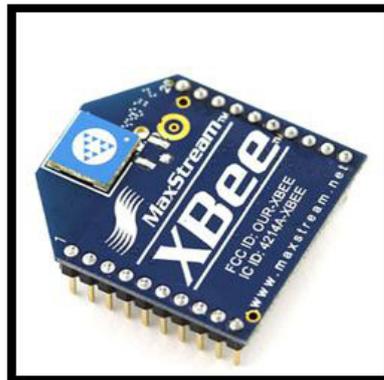


Imagen 5.22. Módulo XBEE Serie 1

Especificaciones:

Specification	XBee	XBee-PRO
Performance		
Indoor/Urban Range	up to 100 ft. (30 m)	Up to 300' (100 m)
Outdoor RF line-of-sight Range	up to 300 ft. (100 m)	Up to 1 mile (1500 m)
Transmit Power Output (software selectable)	1mW (0 dBm)	60 mW (18 dBm) conducted, 100 mW (20 dBm) EIRP*
RF Data Rate	250,000 bps	250,000 bps
Serial Interface Data Rate (software selectable)	1200 - 115200 bps (non-standard baud rates also supported)	1200 - 115200 bps (non-standard baud rates also supported)
Receiver Sensitivity	-92 dBm (1% packet error rate)	-100 dBm (1% packet error rate)
Power Requirements		
Supply Voltage	2.8 – 3.4 V	2.8 – 3.4 V
Transmit Current (typical)	45mA (@ 3.3 V)	If PL=0 (10dBm): 137mA(@3.3V), 139mA(@3.0V) PL=1 (12dBm): 155mA (@3.3V), 153mA(@3.0V) PL=2 (14dBm): 170mA (@3.3V), 171mA(@3.0V) PL=3 (16dBm): 188mA (@3.3V), 195mA(@3.0V) PL=4 (18dBm): 215mA (@3.3V), 227mA(@3.0V)
Idle / Receive Current (typical)	50mA (@ 3.3 V)	55mA (@ 3.3 V)
Power-down Current	< 10 μ A	< 10 μ A
General		
Operating Frequency	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
Dimensions	0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)	0.960" x 1.297" (2.438cm x 3.294cm)
Operating Temperature	-40 to 85° C (industrial)	-40 to 85° C (industrial)
Antenna Options	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector
Networking & Security		
Supported Network Topologies	Point-to-point, Point-to-multipoint & Peer-to-peer	
Number of Channels (software selectable)	16 Direct Sequence Channels	12 Direct Sequence Channels
Addressing Options	PAN ID, Channel and Addresses	
Agency Approvals		
United States (FCC Part 15.247)	OUR-XBEE	OUR-XBEEPRO
Industry Canada (IC)	4214A XBEE	4214A XBEEPRO
Europe (CE)	ETSI	ETSI (Max. 10 dBm transmit power output)*
Japan	n/a	005NYCA0378 (Max. 10 dBm transmit power output)**

Tabla V.IV. Especificaciones Módulo Xbee Serie 1

Descripción de los Pines del Módulo:

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / CONFIG	Input	UART Data In
4	DO8*	Output	Digital Output 8
5	RESET	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI	Output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output 1
8	[reserved]	-	Do not connect
9	DTR / SLEEP_RQ / DI8	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4 / DIO4	Either	Analog Input 4 or Digital I/O 4
12	CTS / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / SLEEP	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs
15	Associate / AD5 / DIO5	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5
16	RTS / AD6 / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

Tabla V.V. Pines del Módulo Xbee Serie 1

MODOS DE OPERACIÓN

Modo Recibir/ Transmitir

Cuando el módulo recibe algún paquete RF a través de la antena (modo Receive) o cuando se envía información serial al buffer del pin 3 (UART Data in) que luego será transmitida (modo Transmit).

La transmisión puede ser Directa o Indirecta. En modo directo la información se envía a la dirección de destino. En el modo Indirecto la información es retenida por el módulo durante un período de tiempo y es enviada sólo cuando la dirección de destino la solicita.

Además de ello es posible enviar información por dos formas diferentes. Unicast y Broadcast.

Unicast.- La comunicación se realiza punto a punto, siendo este el único modo que permite respuesta de quien recibe el paquete RF, quien recibe debe enviar un ACK de confirmación hacia la dirección de origen. El transmisor, espera recibir un ACK, en caso de que no le llegue, reenviará el paquete hasta 3 veces o hasta que reciba el ACK. Luego de ello se incrementa el registro de fallas ACK en uno. Para mostrar el conteo se utiliza el comando EA (ATEA en el Modo de Comandos– ACK Failures), el mismo que satura hasta 0xFFFF (65535decimal). Para resetear el registro se debe ingresar ATEA0.

En el modo Broadcast la comunicación es entre un nodo y a todos los nodos de la red; En este modo, no hay confirmación por ACK.

Modo de Bajo Consumo

El modo de Bajo Consumo o modo Sleep, ocurre cuando el módulo entra en un estado de bajo consumo de energía, cuando no está en uso. Para que entre en este estado se debe dar lo siguiente:

- Sleep_RQ (pin 9) debe estar en alto
- El módulo debe estar sin recibir ni transmitir por el tiempo definido en el parámetro ST (Time before sleep).

Modo	Consumo alimentación			Modo Sleep	Modo Wake-up
	2.8 - 3 V	3.2 V	3.4V		
SM=1	<3 uA	32 uA	255 uA	Sleep_RQ	Sleep_RQ
SM=2	<35 uA	48 uA	170 uA	Sleep_RQ	Sleep_RQ
SM=3	(reservado)			(reservado)	(reservado)
SM=4	<34 uA	49 uA	240 uA	Comando ST	Comando SP
SM=5	<34 uA	49 uA	240 uA	Comando ST	Sleep RQ

Tabla V.VI. Consumo y configuración en el Modo Sleep

Modo de Comando

Este modo permite ingresar comandos AT al módulo Xbee, para configurar, ajustar o modificar parámetros. Permite ajustar parámetros como la dirección propia o la de destino, así como su modo de operación entre otras cosas. Para poder ingresar los comandos AT es necesario utilizar el Hyperterminal de Windows, el programa XCTU4 o algún microcontrolador que maneje UART y tenga los comandos guardados en memoria o los adquiera de alguna otra forma.

Modo Idle

Cuando el módulo no se está en ninguno de los otros modos, se encuentra en éste. Es decir, si no está ni transmitiendo ni recibiendo, ni ahorrando energía ni en el modo de comandos, entonces se dice que se encuentra en un estado al que se le llama IDLE.

COMPARACIÓN ENTRE TRANSCEIVERS SIMILARES CON EL XBEE.

El módulo XBEE se distingue de sus similares por lo siguiente:

Cada XBEE tiene un único número serial, lo que permite comunicarse con un módulo específico de forma exclusiva, ignorando señales de otros módulos.

Es de fácil integración, lo que permite una ventaja significativa respecto a reducción de tiempo de configuración e instalación.

Bajo consumo, en especial en modo sleep, lo cual implica un ahorro considerable de energía.

Permite la formación de redes de gran densidad, teóricamente hasta un máximo de 65536 dispositivos.

Permite la utilización de varios canales, un total de 16; a diferencia de otros transceivers que permiten mucho menos, hasta un máximo de 5 canales.

SENSOR DE TEMPERATURA INTELIGENTE DS1820

El circuito integrado DS18B20 es un sensor de temperatura de precisión, fue fabricado por Maxim tiene de 9 a 10 bits de precisión.

Cada sensor incorpora un número de serie de 64 bits que permite conectar múltiples sensores en paralelo usando sólo una patilla como bus de datos.

Además no requiere de calibración externa o regulación para proveer medidas con variaciones 0.5°C, las temperaturas de análisis puedes estar entre -55°C a 125°C.

Características como la baja impedancia de salida, salida lineal y una calibración interna precisa facilitan la interfaz de lectura y control.

Especificaciones:

- Rango de tensiones de alimentación: 3.0V a 5.5V
- ± 0.5 °C exactitud entre -10 °C a + 85 °C
- Rango de temperatura: -55 a 125 °C (-67 °F a +257 °F)

- Resolución: seleccionable de 9 a 12 bits
- Interfaz 1-Wire. Requiere sólo un pin digital para la comunicación
- Identificador único de 64 bits grabado en el chip. Múltiples sensores pueden compartir el mismo bus
- Sistema de alarma de límite de temperatura
- Tiempo de consulta menor a 750ms
- Conexionado con 3 hilos: Cable rojo VCC, Cable negro GND, Cable amarillo

Datos

- Diámetro: 6 mm, tubo de acero inoxidable de 35 mm de largo
- Diámetro del cable: 4mm
- Longitud total con cable: 90cm

La distribución de pines es la siguiente:

PIN CONFIGURATIONS DS18B20

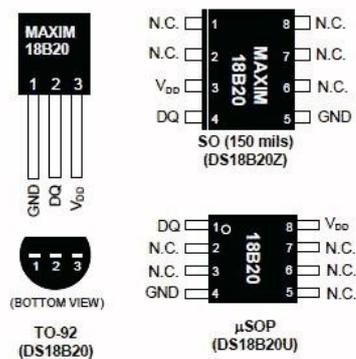


Imagen 5.23. Configuración de pines 18B20

MEDICIÓN DE TEMPERATURA

Se observa que el bit más significativo (MSB) corresponde al signo y que el bit menos significativo tiene un peso de 0.5 °C, el subsiguiente en sentido creciente 1°C, el bit 2 estará asociado a 2°C, hasta el bit 7 cuyo peso será de 64°C. En la Imagen 5.24 se aprecia la representación de – 25°C.

Para la comparación con los valores de máximo y mínimo se toman solo los 8 bits más significativos incluyendo al signo descartando el 0.5 °C.

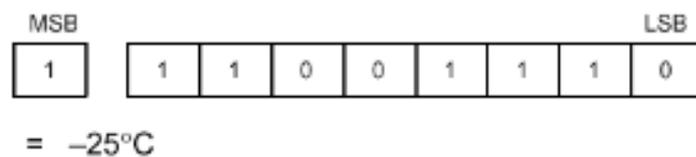


Imagen 5.24. Tratamiento de la señal del sensor

AMPLIFICADOR OPERACIONAL DE PROPÓSITO GENERAL LM741

Los integrados LM741 son amplificadores operacionales de propósito general que ofrecen mejorar el rendimiento frente a los estándares industriales, como el LM709. Estos amplificadores ofrecen muchas características que hacen que su utilización sea casi infalible. Protección de sobrecarga en la entrada y la salida, su salida no queda con tensión cuando se excede el rango en modo común, ausencia de oscilaciones.

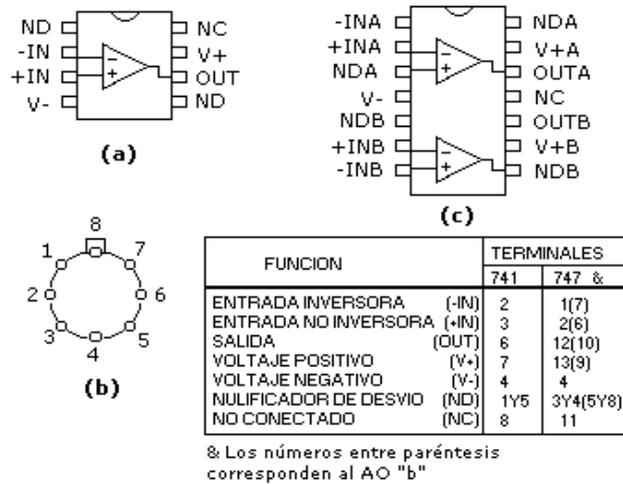


Imagen 5.25. Configuración de pines LM741

EL TRANSISTOR 2N3904

Es uno de los más comunes transistores NPN utilizados para amplificación de corriente. Este tipo de transistor fue patentado por Motorola Semiconductor en los años 60.

Está diseñado para funcionar a bajas intensidades, bajas potencias, tensiones medias, y puede operar a velocidades razonablemente altas disminuyendo costo, muy común, y suficientemente robusto como para ser usado en proyectos electrónicos.

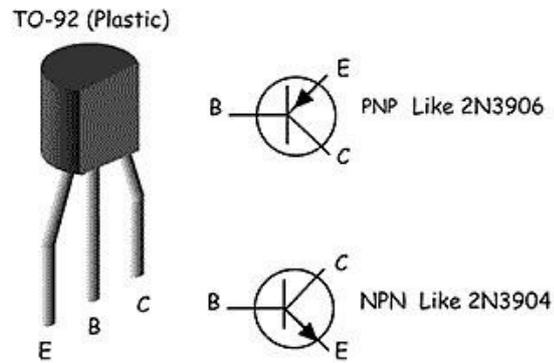


Imagen 5.26. Configuración de pines 2N3904

HERRAMIENTAS DE SOFTWARE

MICROBASIC PRO FOR PIC

Herramienta de desarrollo proporcionada por la empresa microelectrónica se encuentra en un nivel intermedio de programación entre C y ensamblador.

Permite al desarrollador diseñar código para microcontroladores de una manera sencilla y comprensible, por su inclusión de funciones y librerías útiles, por lo que nos permite realizar programas legibles y con logia de programación adaptable, lo que lo hace una herramienta muy útil al momento de incursionar en la programación de Pic.

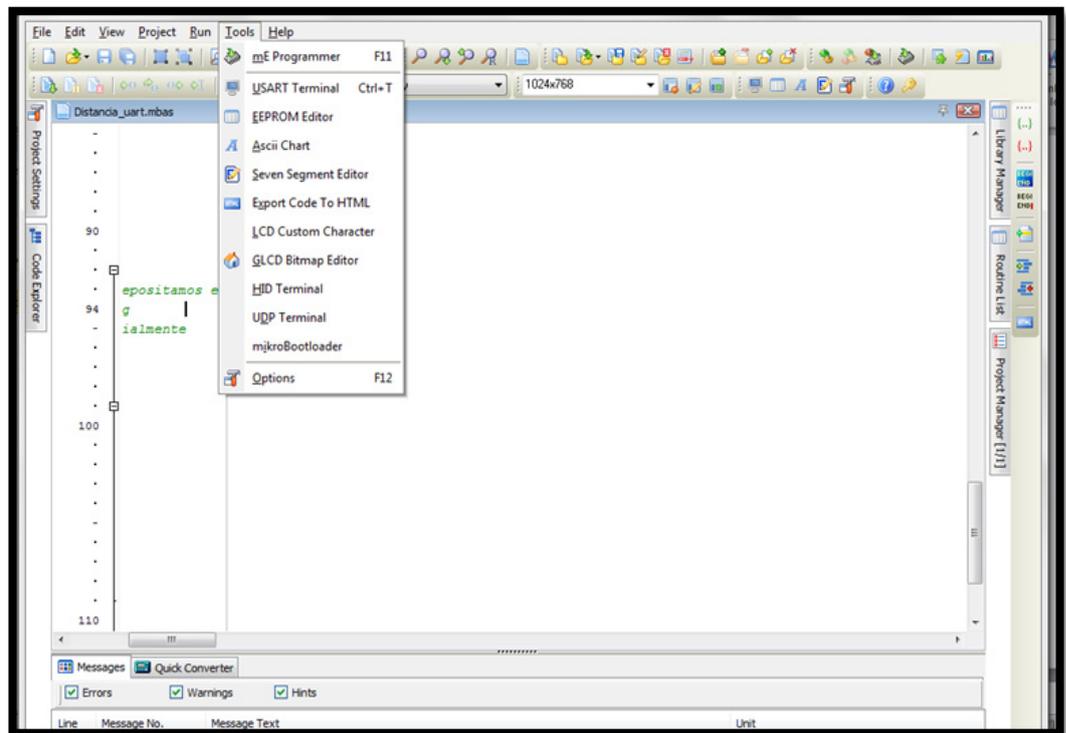


Imagen 5.27. Pantalla Principal Mikro Basic PRO

PROTEUS 7.5

Herramienta de simulación, muy poderosa, que permite el análisis del comportamiento de un circuito, previo a su implementación física. Nos da una aproximación muy cercana al desempeño de un circuito implementado. Incluye componentes electrónicos, aparatos de medición, y herramientas de edición.

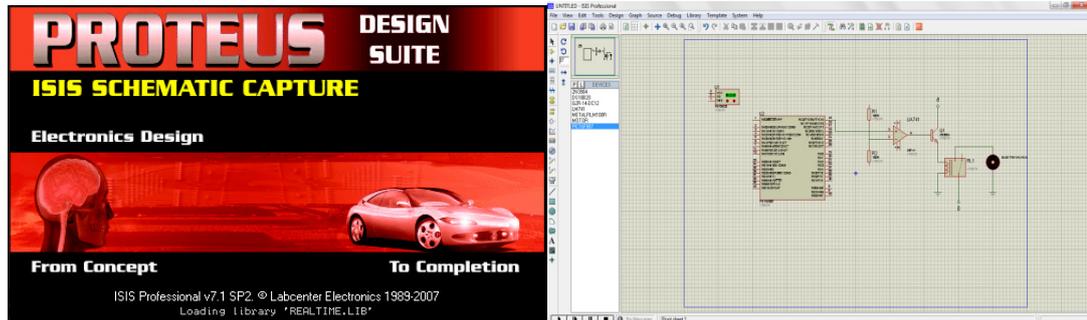


Imagen 5.28. Interfaz Gráfica de PROTEUS

ELECTROVÁLVULA

Es una válvula electromecánica, diseñada para el control de flujo de un fluido en nuestro caso agua a través de una tubería.

Es controlada mediante corriente eléctrica a través de un solenoide que está encargado de convertir energía eléctrica en energía mecánica para actuar sobre la válvula.

Para nuestro sistema la electroválvula elegida se encuentra normalmente cerrada lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica por algún motivo esta se cierra impidiendo que los aspersores inicien su actividad innecesariamente.

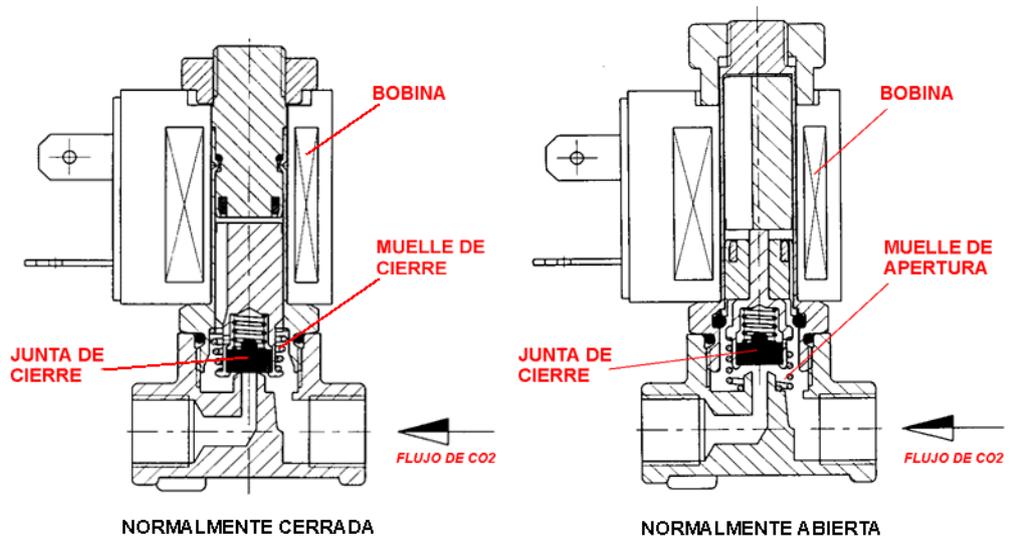


Imagen 5.29. Electroválvula

La fuente de alimentación dependerá del modelo o tipo de electroválvula que se escoja en nuestro caso un voltaje de 12V.

DISEÑO DEL SISTEMA

Este capítulo nos introducirá al diseño de nuestro proyecto, para esto inicialmente se presentará un diagrama general, el cual se irá desglosando, incluyendo los elementos en la parte transmisora y receptora, módulo de acoplamiento y su configuración y programación.

ETAPAS DEL SISTEMA

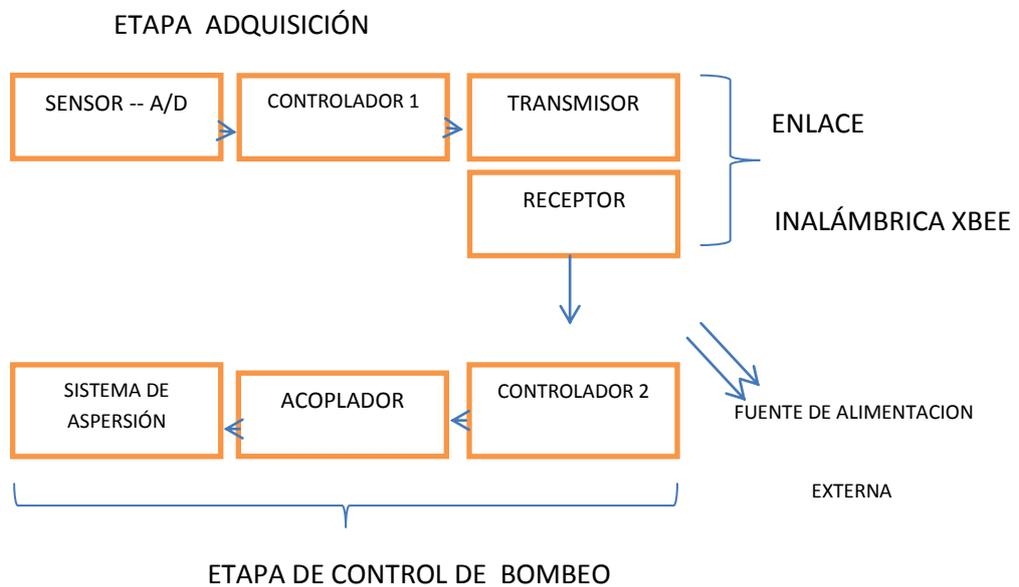


Imagen 5.30. Etapas del sistema

La etapa de adquisición de datos la conforman el sensor de temperatura, quien es un transductor el cual emite una señal digital, la interpretación de dicha señal se lleva a cabo mediante la adquisición de datos, preestablecido en el controlador 1, el algoritmo instalado en dicho controlador nos permite codificar la información si este es activado envía un trama mediante la módulo XBEE vinculada al microcontrolador.

El uso de módulos XBEE nos brinda una cobertura amplia para el enlace inalámbrico de nuestra red de sensores, esta comunicación es realizada desde cada grupo de adquisición de datos ubicada en las regiones más propensas a incendios cuando estas son activadas envían una trama hacia el sistema de control que también lleva incorporado un módulo XBEE para recibir dichas tramas.

Los aspersores son activados mediante las electroválvulas incorporadas, la identificación de las tramas nos da el control de decisión para activar una u otra electroválvula enviando 12v de alimentación, mientras las temperaturas se mantengan altas caso contrario las electroválvulas se cerrarán.

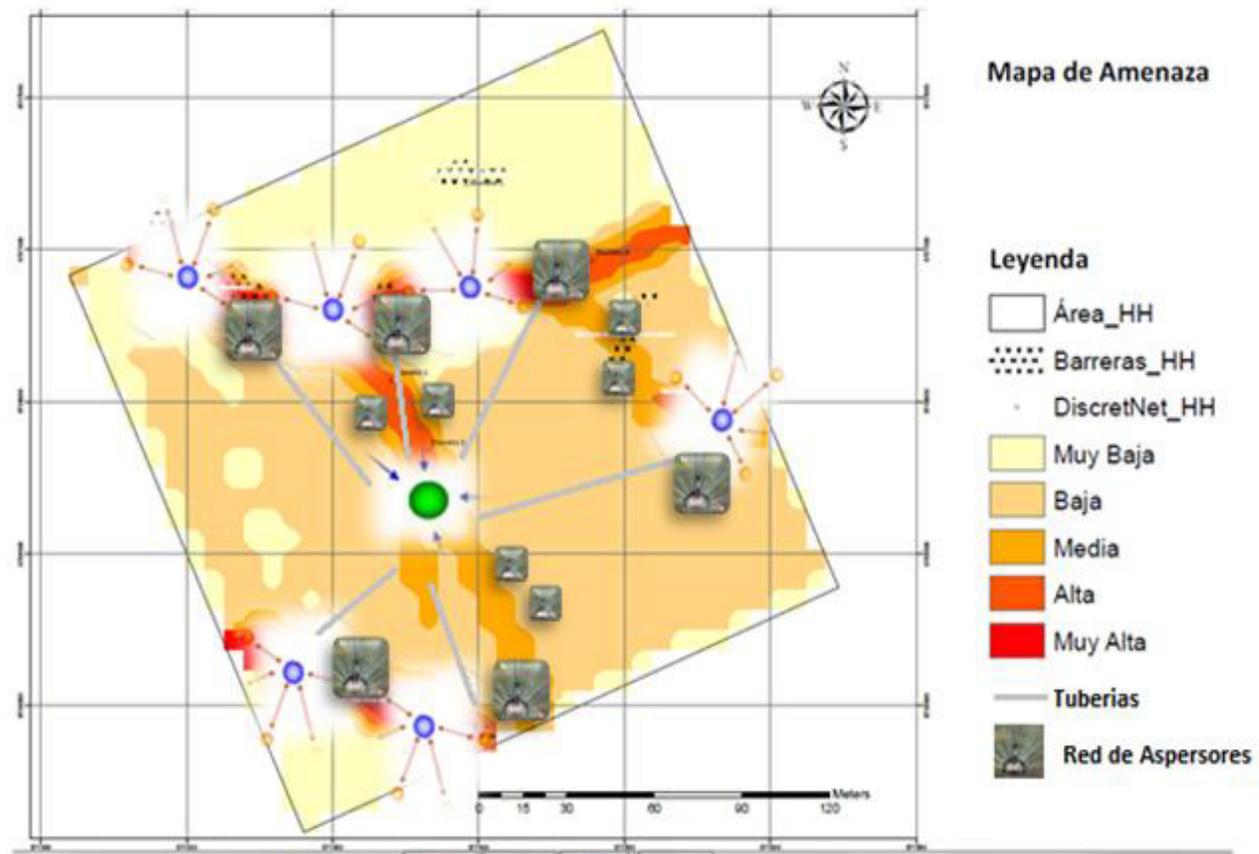


Imagen 5.31. Descripción Geográfica de amenaza y cantidad de elementos

Como se puede apreciar se han constituido 6 zonas de riesgo, las cuales tienen vinculada 8 sensores de temperatura, los cuales son acoplables y con miras a un aumento en su número, según la extensión de las regiones a estudiar, además cuenta con una transmisión permanente vía inalámbrica hacia un núcleo procesador que se encarga de la activación de las electroválvulas, cada una de las zonas de aspersión se activara dependiendo de la temperatura, a la vez se activaran aspersores puntuales, por la activación de cualquiera de las zonas.

Por ser un estudio académico, nuestro prototipo se encuentra limitado, con miras a posibles expansiones y modificaciones en su diseño el mismo que fue analizado mediante simuladores de sistemas electrónicos PROTEUS.

ETAPA DE ADQUISICION Y TRANSMISION

Será la encargada de controlar los sensores y transmitir una trama. Bajo su cargo tendrá el tomar los valores de la salida del sensor de temperatura DS18B20, para nuestro estudio se escogió el pin RBO para analizar su comportamiento estos datos serán procesados, luego de ello se escogerá una trama la cual será transferida al módulo XBEE mediante comunicación serial asincrónica, usando el módulo UART que contiene el encapsulado de este PIC, esto es RC6 para transmitir (TX) y RC7 para recibir (RX). Enseguida el XBEE enviará por radiofrecuencia los datos al receptor. El PIC trabajará a 20Mhz a una tasa de 9600 bps.

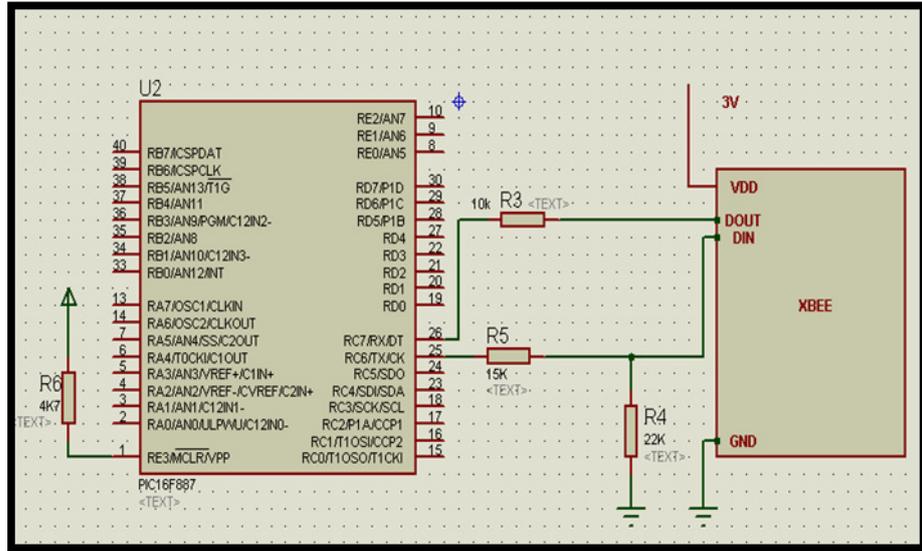


Imagen 5.32. Conexión XBEE modo transmisor con PIC

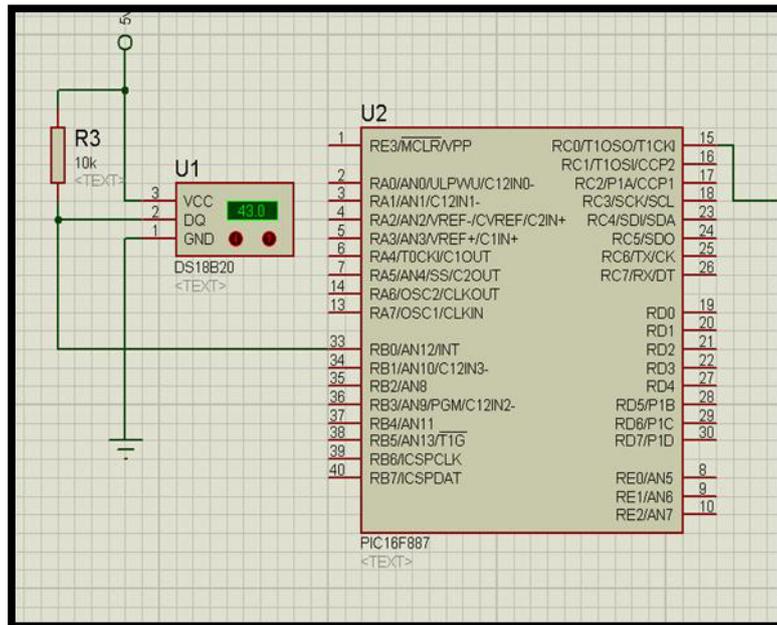


Imagen 5.33. Conexión sensor de temperatura con PIC

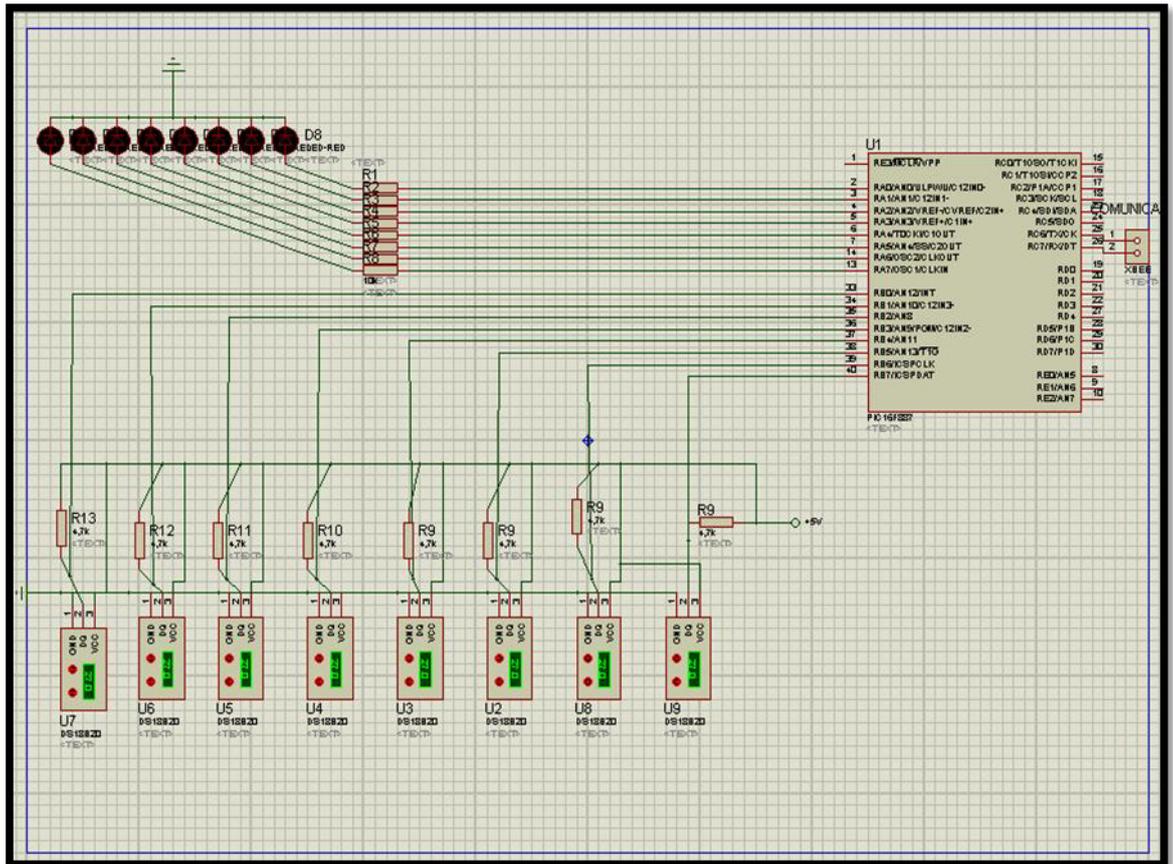


Imagen 5.34. Esquema General Etapa de Adquisición

Pines de interconexión PIC

PIC	PIN ENTRADA		PIN SALIDA LED	PIC
	SENSOR	# SENSOR		
RB0	33	1	2	RA0
RB1	34	2	3	RA1
RB2	35	3	4	RA2
RB3	36	4	5	RA3
RB4	37	5	6	RA4
RB5	38	6	7	RA5
RB6	39	7	14	RA6
RB7	40	8	13	RA7

PINES DE CONEXIÓN XBEE		
25	RC6	TX
26	RC7	RX

Tabla V.VII. Pines de interconexión

TABLA DE CONTROL		
CONECTAR	DESCONECTAR	AREA
A	B	1-2-3
C	D	2-3-4
E	F	2-3-5
G	H	2-3-6
I	J	2-3-7
K	L	2-3-8

Tabla V.VIII. Tabla de control

CONSIDERACIONES DE ALIMENTACIÓN Y CONEXIONES

En primera instancia, es necesario conocer que estos módulos trabajan con un voltaje de alimentación entre 3.3v y 5.5v como se puede observar nuestro PIC trabaja a 5V, podemos usar la misma fuente para nuestros integrados sin ningún problema.

Así mismo para el conexionado con el PIC, fue necesario un divisor de voltaje en el pin TX del microcontrolador, ya que este pone en 5V al pin en estado alto, lo que quemaría al módulo Xbee por su sensibilidad.

Las resistencias utilizadas fueron calculadas en base a la corriente que soporta el módulo y la corriente que es capaz de entregar el PIC, considerando además si es una entrada para el módulo o una salida del módulo.

$$I_{OUT} = 2\text{mA}$$

$$(5V - 3.3V) / R < 2\text{mA}$$

Donde:

5V : voltaje del PIC

3.3V: voltaje del módulo

R : Resistencia entrada del PIC a calcular

Por tanto $R > 850$ ohmios.

$R = 10k$ entre el PIC y el Xbee en el pin RX

Para la entrada calculamos las resistencias en el pin de TX de la siguiente manera.

RT : Resistencia equivalente

$$RT = VDC / I = 5VDC / 20mA = 250 \text{ Ohmios}$$

$$RT = 5VDC / 0.025\mu A = 200M \text{ Ohmios}$$

Condiciones de máximo y mínimo.

$$250\Omega < RT < 200M\Omega$$

$$R5 = 22k\Omega$$

$$R7 = 15k\Omega.$$

De aquí tenemos que el voltaje en la entrada VDI del Xbee es:

$$VDI = 5V \left(\frac{22k}{22k+15k} \right) = 2.98 \text{ V}$$

Que se encuentra dentro del rango de trabajo de 2.8 a 3.3 V.

CONFIGURACIÓN

Los parámetros a configurar fueron:

PANID: Dirección de la red= 3332; ambos módulos deben tener el mismo PANID y el mismo canal para que estén en la misma red y puedan comunicarse entre sí.

Canal =C (12)

MY: Dirección de origen de 16-bit =1; es la dirección propia de cada módulo, que lo identifica en la red. Como la dirección es de 16 bits, una red podría contener $2^{16} = 65536$ nodos, en teoría.

DL: Dirección de Destino =0; mientras DL sea $< 0xFFFF$, la transmisión será recibida por el módulo cuyo MY = DL.

Tasa de transferencia de datos seriales = 9600bps.

ETAPA DE CONTROL DE BOMBEO Y RECEPCION

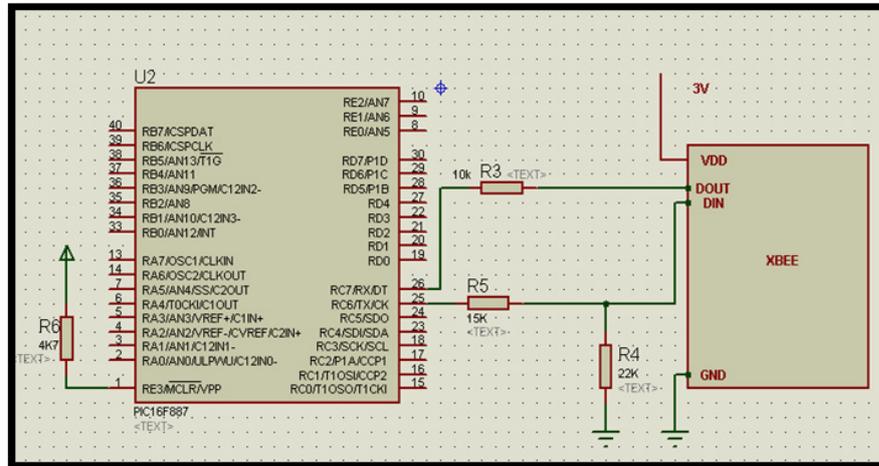
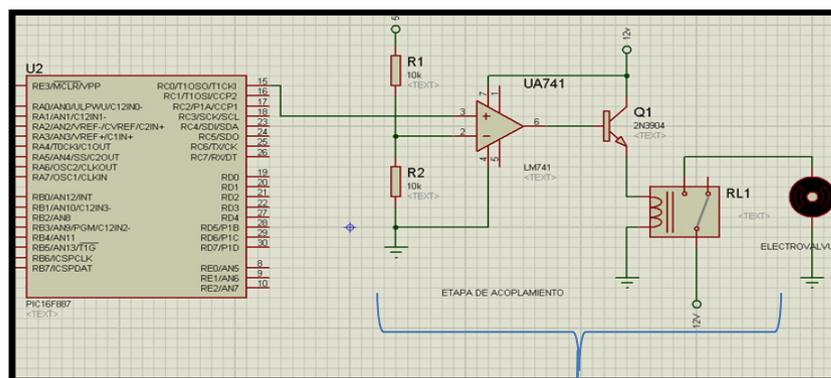


Imagen 5.35. Conexión XBEE modo receptor con PIC

Como se puede observar en la figura se escoge la misma estructura ya que los esquemas de transmisión y recepción dependen del tipo de programación vinculada al PIC.



Módulo de Acoplamiento de la señal

Imagen 5.36. Conexión módulo de acoplamiento con PIC

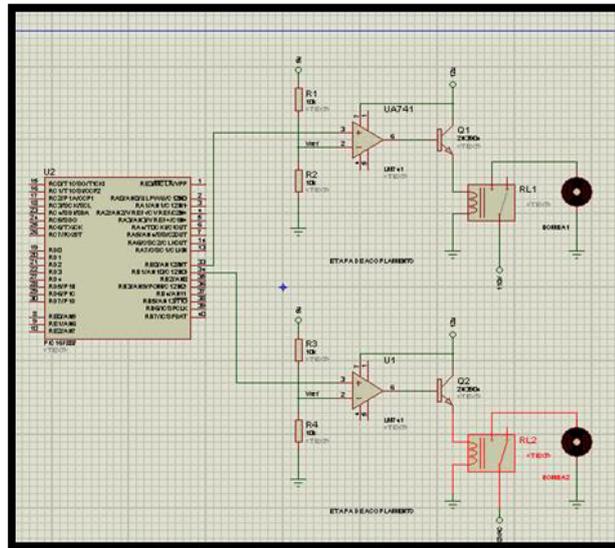


Imagen 5.37. Conexión de Bombas

Será quien procese la trama recibida por el módulo XBEE, lo cual permitirá la activación de un puerto vinculado a una electroválvula de la zona afectada y otro puerto vinculado a la electroválvula de los aspersores puntuales.

En esta etapa se agregó un módulo de acoplamiento de señal puesto que la señal de salida del PIC es menor al voltaje necesario para activar la electroválvula.

Se agregó una configuración denominada comparador de voltaje colocando un nivel de 2.5V de referencia en el pin 2 del LM741 mediante un divisor de voltaje, con una salida de 5V hacia un amplificador de corriente, conectado a un Relé el mismo que trabaja como un intercambiador electrónico permitiendo combinar niveles de voltaje, de esta forma se puede controlar los aspersores mediante los voltajes de salida en los LM741, la alimentación de las electroválvulas será de acuerdo a las especificaciones de la misma.

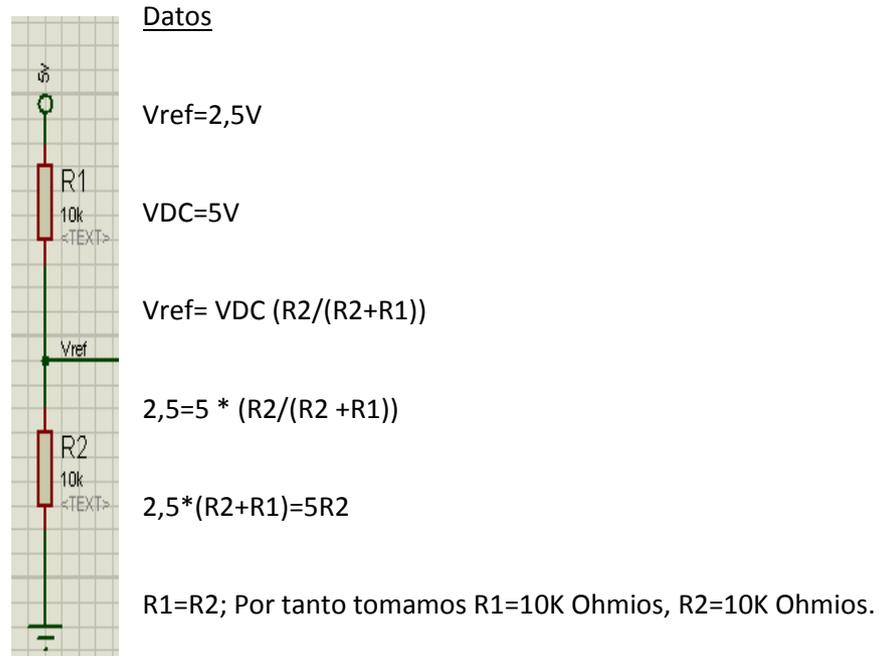


Imagen 5.38. Calculo de resistencia etapa de acoplamiento

PIN SALIDA	PIC	ELECTROVALVULA	Bombas vinculadas
2	RA0	1	B1
3	RA1	2	B2
4	RA2	3	B2
5	RA3	4	B1
6	RA4	5	B1
7	RA5	6	B1
14	RA6	7	B1
13	RA7	8	B1
33	RB0	BOMBA 1	
34	RB1	BOMBA 2	

PINES DE CONEXIÓN XBEE			
25	RC6	TX	
26	RC7	RX	

Tabla V.IX. Conexión etapa de potencia/control de electroválvulas/Transmisión

CONFIGURACIÓN

Los parámetros a configurar fueron:

PANID: Dirección de la red= 3332; ambos módulos deben tener el mismo PANID y el mismo canal para que estén en la misma red y puedan comunicarse entre sí.

Canal =C (12)

MY: Dirección de origen de 16-bit =0; que es la dirección DL del transmisor

DL: Dirección de Destino =1; que es la dirección MY del transmisor.

Tasa de transferencia de datos seriales = 9600bps.

SIMULACIÓN

Se muestran las pruebas que realizamos con los módulos para verificar la comunicación, bien sea con el Pc, y entre PICs.

Comunicación entre Xbee y PC

Inicialmente, se quiso comprobar la comunicación de los módulos con la PC, usamos el software de configuración AccessPort. Para esto disponíamos de una tarjeta adaptadora USB, que se conectaba a un puerto del mismo tipo en la PC.

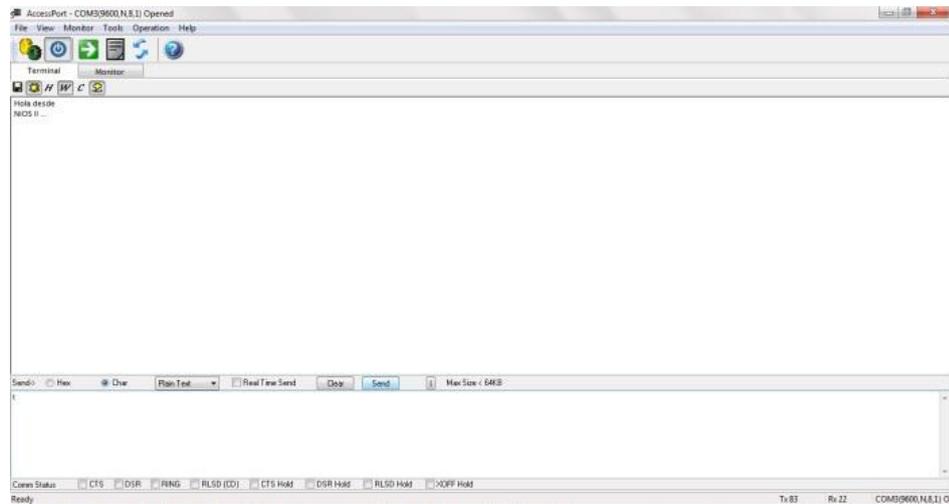


Imagen 5.39. Prueba con AccessPort

La comunicación fue exitosa ya que el mensaje se pudo observar.

TRANSMISIÓN-RECEPCIÓN ENTRE LOS XBEE MEDIANTE PCS

Se envió el texto “Prueba de comunicación exitosa”. Aquí se pudo observar que lo que se escribía en una PC en la pestaña Terminal del AccessPort, se veía en la otra PC distante en letras rojas en la misma pestaña.

Esta prueba también se realizó con hyperterminal, dando los mismos resultados exitosos. Cabe recalcar que para su éxito, se necesitó configurar los parámetros de tasa de transferencia, bits de parada en ambos PIC descritos en nuestro simulador.

PRUEBA DE TRANSMISIÓN-RECEPCIÓN ENTRE LOS XBEE MEDIANTE PICS

Se desarrolló un ejemplo que envía tramas, el receptor verifica su enlace mediante un terminal simulado en PROTEUS.

El receptor nos muestra las tramas enviadas de la siguiente forma.

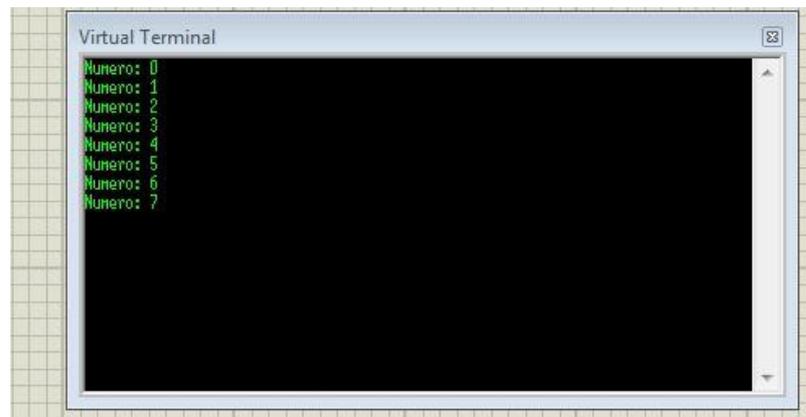


Imagen 5.40. Prueba Tx-Rx entre Xbee con PICs

Para observar esta comunicación, utilizamos nuevamente el PC, con un XBEE de manera Virtual.

Después de haber realizado esta guía de adaptación es posible concluir lo siguiente:

- Los módulos XBEE de nuestro sistema nos permiten formar redes de sensores, con comunicación punto a punto o en estrella.
- Los módulos XBEE toleran en gran medida al ruido, como por ejemplo el WIFI, que podría interferir por su frecuencia de trabajo 2.4 Ghz, haciendo posible la transmisión sin problema.

- El uso de los Integrados LM741 nos permite la conmutación de señales de control hacia la electroválvula, con el objetivo de proteger los sistemas electrónicos de bajo consumo de potencia.

Además de que es posible hacer algunas sugerencias o recomendaciones:

- Es preferible utilizar un oscilador externo como un cristal, cuando se vaya a comunicar el PIC con el módulo, ya que son más exactos, además que preferible sea de frecuencia mayor conforme aumentemos la tasa de transferencia.
- Cuando se lo quiera configurar mediante la aplicación AccessPort, verificar que se seleccionó el puerto correcto de la computadora, que el mismo no esté dañado, y que la aplicación tenga actualizada la lista de firmware de los módulos, para que sea compatible con el nuestro.
- Los valores de la temperatura máxima y mínima se deben guardar en distintas variables para luego su posterior comparación y regulación del sistema.
- Es necesario crear una relación de comandos adecuados para que la comunicación entre el sensor y el microcontrolador sea eficiente, contemplando el tiempo necesario para tomar los datos.

Red de tuberías

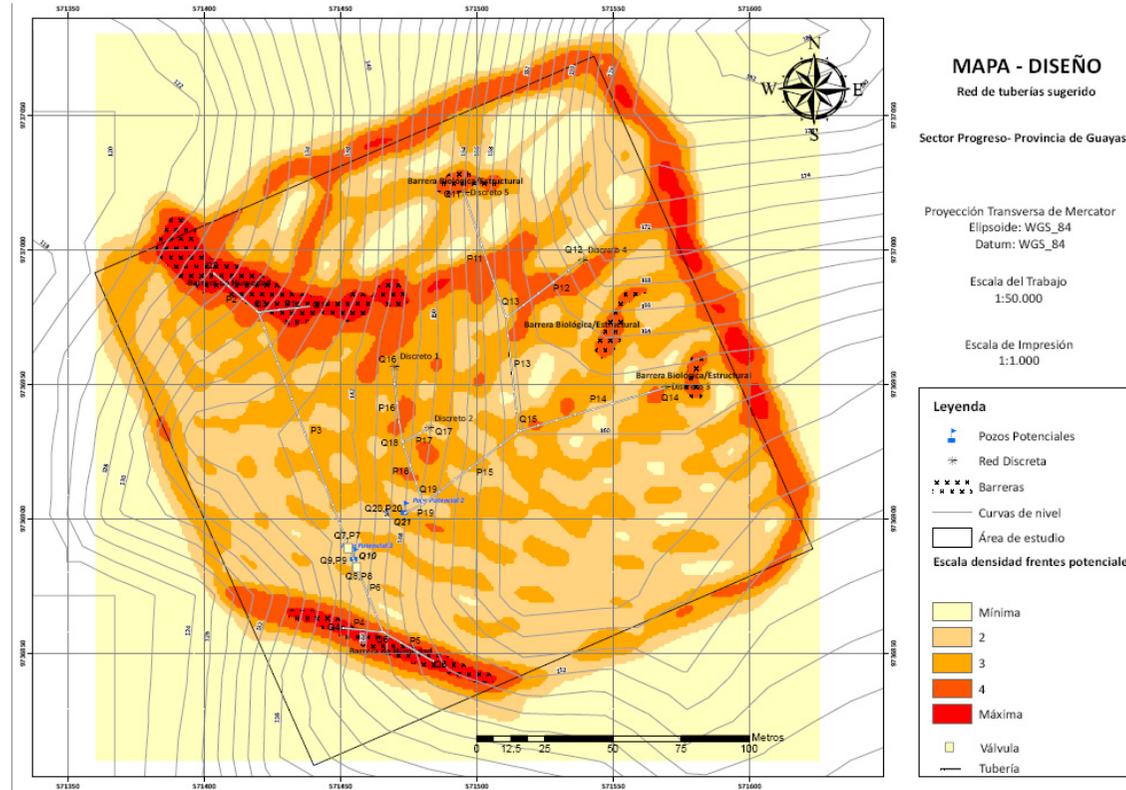


Imagen 5.41. Diseño sugerido para la red de tuberías

En la Imagen 5.40 se muestra la red de tuberías propuesta donde se ha separado la red en dos tramos, un pozo que controlará la red discreta y otro la red continua, la red continua de tuberías se presenta con dos bombas instaladas en su parte inicial para separar dos ramales (ubicación que favorece al consumo de energía) uno para la barrera de humedad del norte y el otro para la barrera del sur para la optimización del recurso hídrico. La red discreta que es alimentada por el otro pozo, y que no presenta ramales por la razón que esta por un método de prevención se activará automáticamente si cualquiera de los sensores detecta una anomalía térmica. Los caudales iniciales de las bombas están en negrita y representan en teoría, la suma de todos los caudales distribuidos mas las todas las clases de pérdidas que se puedan considerar en un sistema como este, donde como se nombró anteriormente a pérdidas que involucran factores como la viscosidad, la fricción, la gravedad, pérdidas menores, entre otras.

Red continúa

Para la red continua Q_{10} es el caudal que tendría que proveer la bomba para el correcto funcionamiento del sistema. En donde:

$$Q_{10} = Q_9 + P_9$$

Donde Q_9 representa el caudal que llegaría a superficie desde el punto a profundidad en el cual se encuentra la bomba y P_9 , las pérdidas que existan en este tramo.

A su vez.

$$Q9 = Q7 + Q8 + P7 + P8$$

Donde Q7 y Q8 son los caudales de los ramales que se separan para alimentar a los aspersores ubicados en sitios opuestos. P7 y P8, las pérdidas presentes en estos tramos de tuberías, que donde se incluye la presencia de las válvulas eléctricas, que son ubicadas en el inicio del codo que separa los ramales norte y sur, diseñado así para el ahorro de energía.

En el análisis se considera estas dos electroválvulas abiertas, para un posible caso en el que se activen los sensores de las dos barreras en simultáneo, lo cual exigiría el caudal mínimo para el correcto control de la red continua propiamente dicha.

Siguiendo con el análisis.

Q7 y Q8

$$Q7 = Q3 + P3$$

$$Q8 = Q6 + P6$$

En el gráfico se observa como a su vez Q3 y Q6 se separan para llegar a los cuatro aspersores que fueron ubicados con anterioridad. Q3 que se divide en Q1 y Q2, y Q6 dividida en Q4 y Q5, como se muestra a continuación:

$$Q3 = Q1 + Q2 + P1 + P2$$

$$Q6 = Q4 + Q5 + P4 + P5$$

Donde Q1, Q2, Q4 y Q5, son los caudales necesarios para el eficiente control del sistema, valores que son sugeridos por las características mismas de los equipos de aspersión. Con estos valores, el objetivo de toda esta consecución de ecuaciones, derivará en el valor de Q10 (caudal de la bomba) para poder obtener el caudal necesario para el correcto funcionamiento del sistema

Red discreta

Para la red continua Q21 es el caudal que tendría que proveer la bomba para el correcto funcionamiento del sistema. En donde:

$$Q21 = Q20 + P20$$

Donde Q20 representa el caudal que llegaría a superficie desde el punto a profundidad en el cual se encuentra la bomba y P20, las pérdidas que existan en este tramo.

A su vez.

$$Q20 = Q19 + P19$$

P19 representa las pérdidas en este fragmento de tubería, donde al final Q19 se divide en dos:

$$Q19 = Q18 + Q15 + P18 + P15$$

Y estos caudales resultantes Q18 y Q15 se subdividen una vez más, obteniéndose:

$$Q18 = Q17 + Q16 + P17 + P16$$

$$Q15 = Q14 + Q13 + P14 + P13$$

Los caudales Q17 y Q16 derivados de Q18, son los caudales necesarios para dos de los aspersores de la red discreta, al igual que Q14, que es derivado del caudal Q15, pero Q13 es un caudal que se subdividirá una vez más para alcanzar los dos aspersores restantes de los 5 que conforman esta red.

De esta manera:

$$Q13 = Q11 + Q12 + P11 + P12$$

Donde Q11 y Q12 son los caudales necesarios para alimentar eficientemente estos aspersores. En resumen, Q11, Q12, Q14, Q16 y Q17, son los caudales que necesitan los aspersores y son valores ya dados que se utilizarían para hacer el cálculo correspondiente y obtener el caudal de la bomba mínimo para satisfacer el sistema (Q21).

Hay que tener en cuenta que para el análisis de las pérdidas se tiene que tener en consideración las dimensiones y el tipo del material de la manguera o tubería que haga posible el traspaso del agua, ya que estas características geométricas y de tipo de material influirán en el proceso del cálculo del caudal mínimo de la bomba.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. ANÁLISIS FINANCIERO

En el análisis financiero correspondiente a este proyecto, se ha omitido dar valores y precios, ya que estos estarán sujetos a distintos cambios que dependerán del número de

obreros activos que a su vez determinarán el número de días necesarios para la implementación completa e integrada de todos los equipos y sistemas anteriormente señalados (sensor-bomba-aspersor); además de otros factores que estarán relacionados como el modo de operación e implementación de quienes realicen el proyecto.

El decir porque el proyecto es económicamente viable viene desde el análisis de cifras que arrojan las estadísticas en controles de incendios. Entre los años de julio y septiembre del 2013 se tuvo un gasto de \$1.8 millones, donde cada carga de agua en helicóptero tiene un costo de \$1000, que es el modo de ataque contra incendios más costoso, donde es posible que se necesiten unas 100 descargas en un solo incendio.

Con estos datos se puede observar el alto precio que significa para las instituciones estatales el control de estas catástrofes, y esto tan solo hablando de aspecto puramente económico, sin tomar en cuenta otras desventajas en lo ambiental, social, etc.; además de poner en riesgo las vidas del personal a cargo del combate de este tipo de incendios.

Con este proyecto se tienen como meta reducir abismalmente el costo en el control de incendios además de otros beneficios como mínimo impacto ambiental, y también en el aspecto social, biológico y demás, estas son las principales oportunidades que tiene este proyecto para poder ser solventando y dejar en la obsolescencia otros métodos utilizados.

En el siguiente análisis no se han tomado en cuenta valores por mantenimiento, ya que este será una cifra dependiente de varios factores tales como el clima, mala manipulación de los equipos, mala implementación, mala selección, y en general negligencias de implementación.

A continuación se presentan los equipos, accesorios y artefactos para la completa producción del sistema de prevención y control de incendios, que se requerirían para el caso tratado en este proyecto (caso Progreso).

PRESUPUESTO REFERENCIAL

En base a un área de diseño y aplicación de 4 hectáreas (Sector Progreso, Guayas, Ecuador). Valores sujetos a variación y por confirmar en algunos casos.

ETAPA	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	TOTAL (USD\$)	%
1- Diseño	Base de Datos			Documentos	2500	
	Oficina (Alquiler mensual)	600	3	Mensual	1800	
	Servicios Básicos	300	3	Mensual	900	
	Movilidad	300			300	
	Viáticos	450			450	
	Gastos de Impresión	700			700	
	Recurso Humano	5000	3	Honorarios (Mensual)	15000	
SUBTOTAL					21650	30,82
2- Ejecución	Sensor de temperatura DS1820 (6+2)	15	8		120	
	Microcontrolador 16F887 (1+1)	20	2		40	
	Amplificador operacional general LM741	20	2		40	
	Modulo Xbee (14+2)	40	16		640	
	Transistor 2N3904 (2+2)	2	4		8	
	Electroválvulas (2+2)	100	4		400	
	Aspersores NAAN DAN modelo 280 (4+1)	350	5		1750	
	Aspersores NAAN DAN modelo 234 (5+1)	50	6		300	
	Bomba eléctrica NR152B (2+2)	2500	4		10000	

Perforaciones (100 metros)	200	100	Precio por metro	20000	
Tuberías y/o Mangueras (Long.: 600 metros aprox.)	8,75	600	Metros	5250	
Codos para red de tuberías (6+1)	35,63	7		249,41	
Accesorios adicionales	150			150	
Movilidad	800			800	
Viáticos	1250			1250	
Oficina (Alquiler mensual)	600	1	Mensual	600	
Recurso Humano	7000	1	Honorarios (Mensual)	7000	
SUBTOTAL				48597,41	69,18
TOTAL				70247,41	100

Tabla VII.I. Esquema presupuestario referencial para la ejecución del proyecto

Nota: La información presentada en ésta tabla responde a información únicamente referencial. El costo del proyecto puede variar acorde a diferencias significativas en los valores mostrados, incremento en la cantidad de elementos (mayor número de pozos a perforar, bombas, sensores, etc.), preferencias particulares de los entes encargados y sobre todo, a las necesidades del medio denunciadas durante la fase de diseño. La potencial construcción de elementos de contingencia (reservorios o similares, etc.), dadas las condiciones, implicaría también un notable incremento en el costo estimado de diseño y ejecución.

6.2. ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO

El impacto que tendría este proyecto en la sociedad involucra grandes beneficios como la plusvalía de tierras con la implementación para la prevención de incendios aquí presentada, además que en cierto modo resultaría beneficioso si la zona tiene presencia de cultivos de cualquier tipo, y no considerando que el sistema sea considerado para riego sino por la seguridad misma que el sistema brinda en caso de una catástrofe, lo mismo ocurriría en zonas donde se conserva ganado y otros animales domésticos.

Se evitaría también la pérdida de nutrientes que ocurre en el suelo que causa la quema de la flora, además que se reduciría en una mínima pero siempre considerable reducción de las emisiones de CO₂ y los efectos negativos para la sociedad, una de ellas, las lluvias ácidas nocivas para zonas donde las aguas pluviales son utilizadas para diferentes actividades sin ningún tipo de tratamiento previo. Este proyecto reduciría el número de muertes que ocasiona el combate que realizan bomberos y otros grupos de élite para el control de este fenómeno.

6.3. ANÁLISIS AMBIENTAL

Uno de los objetivos principales de este proyecto es el mínimo impacto y contaminación ambiental, y es lo que se pretende pues a comparación de otro métodos de control de incendios tales como contrafuego o cortafuego, que realizan la quema o remoción de la flora para impedir el paso y la propagación de incendios, este resulta altamente favorable

para preservar las condiciones naturales de la zona implementada. Además que ayuda a la protección de toda la flora y fauna independientemente del tipo al que pertenezca.

Se optimiza la utilización del recurso hídrico, mediante un análisis concienzudo del caudal mínimo necesario y la ubicación estratégica de aspersores. Otro de los beneficios ambientales es que a fin de cumplir la prevención y control, es indiferente la calidad del agua utilizada, si esta tiene alto contenido de elementos nocivos o tóxicos o si se trata de agua salada o aguas duras, lo que convertiría a este tipo de fluido en útiles, dado el caso en el que podría considerárselos como inútiles o sin beneficios para el hombre.

Además de lo antes mencionado, tratándose al tema de la reducción de emisión de CO₂, lo cual ayudaría al tan conocido caso del calentamiento global, además de evitar las lluvias ácidas que contaminan los suelos y los animales que utilizan esta para su subsistencia.

6.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Visto bajo el orden sugerido en lo que al levantamiento y tratamiento de la información se refiere, orientado a la definición clara y basta de los parámetros a considerar en el análisis del fenómeno en estudio y de las condiciones y características del medio involucrado en sus diferentes temáticas, el desarrollo de la presente propuesta metodológica ha consistido en un ordenado proceso de observación, identificación, investigación y potencial solución de los problemas y necesidades ubicados dentro de sus límites o alcances.

La construcción del escenario de riesgo como punto de partida, por supuesto previo estudio del fenómeno involucrado, se ha ejecutado considerando las variables de mayor peso e influencia en materia de origen y desarrollo de la amenaza en cuestión, estableciendo una distribución relativamente precisa de las condiciones pre-evento y dando paso a su correlación con el efecto de los agentes desencadenantes y potenciadores del fenómeno, en una especificación útil de la heterogeneidad biológica, geológica, morfométrica y meteorológica del área de estudio y sus cercanías y, como un complemento en la determinación de alternativas de optimización en eficiencia y consumo de recursos.

El entorno geológico, geomorfológico y morfométrico de la zona de interés se ha efectuado dentro de los límites impuestos por las imprecisiones y carencias en detalle de la información de base, otorgando sin embargo, productos parciales de amplia validez asociados al comportamiento del fenómeno amenazante como objetivo inicial de su generación y, una visión aceptable de las características lito-texturales y lito-estructurales del medio, como etapa fundamental en su valoración en lo que a recursos potencialmente disponibles se refiere.

La identificación de unidades hidrogeológicas de interés, su caracterización y la estimación de su posible aporte se ha llevado a cabo en un alto grado de dependencia del criterio técnico pertinente dada la escasa información de campo disponible, alcanzando sin embargo la construcción de productos referenciales útiles apoyados por la poca significativa variabilidad de contenidos y condiciones en el subsuelo, y la similitud en el potencial de aprovechamiento de los distintos materiales presentes.

Por otro lado, el uso de modelos correspondientes al comportamiento y desarrollo del fenómeno amenazante generados previa especificación e incremento en precisión de zonas de máxima amenaza dinámica, para su correlación en el bosquejo de sub-áreas de inminente riesgo (por alcance de frentes de incendio), se ha traducido en una estrategia eficiente y técnicamente fundamentada para la ubicación de barreras y el diseño del sistema conjunto, de efecto similar al conseguido previamente mediante el proceso de zonificación de amenaza en lo que la optimización de recursos para detección y elementos de contingencia se refiere.

Finalmente, se ha sugerido todo un “ensamblaje” orientado al funcionamiento del sistema conjunto, optimizando aspectos fundamentales bajo todo punto de vista tales como alcance, flexibilidad, universalidad, practicidad y costo, proyectando con ello un arreglo eficaz y eficiente y, atendiendo todas las condiciones y situaciones posibles en la obtención de una propuesta metodológica aunque sujeta a lógicas mejoras, lista para su aplicación y reproducción.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

1. Se establece una metodología preliminar para el diseño y ejecución de un sistema alternativo en el control de incendios forestales con una estructura multietapa bajo la secuencia detección-activación-reacción, alimentación hidrogeológica directa y funcionamiento automático, enmarcado en la naturaleza del medio de estudio y la disponibilidad de los recursos a emplear.
2. Se eliminan al menos parcialmente notables deficiencias en el control de la amenaza en materia de riesgos, tiempos de respuesta y alcance, reduciendo impactos negativos mediante el uso de equipos y herramientas de bajo consumo (espacio y energía) tales como sensores digitales, bombas electrosumergibles, electroválvulas, aspersores-cañones de aspersión y conectividad inalámbrica.
3. En el caso particular de análisis, partiendo del reconocimiento geológico de la zona, la aplicación de técnicas indirectas de exploración (geoeléctrica), la construcción del modelo hidrogeológico derivado (definición de unidades acuíferas, acuitardas, acuícludas o acuífugas) y la identificación de puntos de captación potenciales, se define la fuente de alimentación del sistema,

presentando un déficit que denuncia la dependencia en su factibilidad del volumen de recurso disponible, las facilidades de explotación y, la eventual necesidad de infraestructura alternativa. Todo esto, en respuesta a la necesidad de información hidrogeológica ya generada de manera oficial que pudiere ser empleada en el desarrollo de la presente, requiriendo únicamente y de manera eventual, dadas las condiciones, de un incremento en detalle y la corroboración de la data y resultados previamente obtenidos.

4. Sobre las bases del análisis y cartografiado temático de escenarios (mapas de amenaza estática y dinámica y modelos de propagación de incendios forestales), la definición y mapeo de zonas de barrera, la selección de equipos funcionales y el diseño de un enlace electrónico flexible, surge un preliminar de planificación y diseño orientado a la atención óptima de la problemática planteada.

5. Son características del sistema propuesto su funcionamiento automático e independiente de limitaciones geomorfológicas y de riesgos inherentes al control de la amenaza, flexibilidad de aplicación, relativamente bajo grado de dificultad de diseño y ejecución, costos razonables y mínimo impacto ambiental. Destaca además el impacto económico notable de la presente iniciativa en materia de prevención y control de incendios, ilustrado por la

relación *Costo actual de combate/Costo del sistema de **prevención y control** propuesto*, para un área determinada; así por ejemplo, mientras el desarrollo piloto aquí descrito sugiere una **inversión** de \$71000 (aproximadamente) para el diseño y ejecución del sistema alternativo sobre 4 hectáreas de terreno accidentado (con al menos 2 o 3 años de vida útil), estadísticas oficiales hablan de **gastos** de hasta \$100000 en el **ataque** de apenas un incendio mediante descargas aéreas; esto sin mencionar el consumo inminente de al menos parte del material expuesto, de optar por técnicas tradicionales como las descritas.

6. Finalmente, se describe al área piloto seleccionada como de amenaza "Alta", con posible presencia de agua subterránea en una estructura de naturaleza acuícluda con potencial permeabilidad secundaria y de pobre recarga pluviométrica; definiendo el diseño particular la instalación de una red de 6 sensores digitales en zonas de máxima amenaza estática, la construcción de al menos 2 pozos de 6 u 8 pulgadas de diámetro y 40 a 50 metros de profundidad y el arreglo de 9 aspersores-cañones de aspersion en zonas de barrera continuas (dos en este caso) y puntos de máxima pendiente y altitud en distribución discreta. Se observan además limitaciones (caudal esperado= 2 l/seg; caudal requerido= 6.1 l/seg) que denuncian la eventual necesidad de incremento en el número de pozos,

procesos de recarga artificial y la construcción de reservorios que aseguren la disponibilidad del recurso a utilizar (agua).

7.2. RECOMENDACIONES

1. El escenario de amenaza considerado como punto de partida para el desarrollo de todo el proceso de diseño y ensamblaje del sistema en el que consiste la presente propuesta metodológica, responde en su grado de utilidad y validez, al detalle y precisión de la información de base de la que se origina, además claro está, del criterio técnico empleado en la valoración de los diferentes parámetros involucrados con la generación y comportamiento del fenómeno; de allí que, el levantamiento de información a la mínima escala posible, así como un estudio a fondo de la amenaza y su relación con las diferentes condiciones típicas del medio de estudio, resultan etapas indispensables en la determinación de los parámetros iniciales abarcados por éste tratamiento.

2. El análisis geológico, geomorfológico y morfométrico del terreno brinda no sólo una visión clara de éste orientada a la construcción del diseño objetivo sino también, representa la información básica en el estudio dinámico de la amenaza existente asignándole además una valoración real a su intensidad y, en el proceso de identificación y caracterización de unidades hidrogeológicas de interés como parte esencial del sistema propuesto; así, debe ejecutarse siguiendo todas las directrices asociadas a la descripción e interpretación de lo observado, con el máximo criterio técnico y orientado a la consecución de resultados concluyentes y ampliamente representativos.

3. La posible escasez del recurso hidrogeológico en el área de estudio no representa una limitación absoluta para la aplicación del sistema propuesto. La ejecución de procesos de recarga artificial o sus equivalentes acorde a los requerimientos particulares de la zona de interés es una alternativa real que dada la naturaleza de la problemática abarcada pudiere convertirse en la principal opción a seguir; resulta sin embargo indispensable la existencia de condiciones mínimas favorables para el almacenamiento del recurso. La implementación de un reservorio como elemento adicional o el incremento en el número de pozos para la alimentación del sistema es también una alternativa para atender tal carencia, implicando sin embargo un impacto ambiental mayor.

4. El establecimiento de las llamadas barreras de humedad como esencia de ésta propuesta puede, dadas condiciones de gran intensidad o comportamiento en general anómalo del fenómeno amenazante (incendios forestales), no resultar suficiente en el cumplimiento de los objetivos planteados; por ello, la “construcción” de barreras biológicas asociadas espacialmente (a las de humedad) pudiere representar una alternativa útil en el incremento de la eficiencia del sistema mediante su aporte como agente retardante y potenciador del intervalo temporal de exposición de los frentes de incendio al ataque del correspondiente sistema de aspersión.

5. Como en toda propuesta que busca solucionar un problema dentro de los límites de la factibilidad, la sustentabilidad y la sostenibilidad, son su grado de eficacia y eficiencia, mas no de sofisticación, las verdaderas determinantes de su utilidad e impacto positivo; dicho brevemente, mientras más simple y rápida sea la solución propuesta (sin afectar la calidad de esta), mejor.

ANEXOS

ANEXO I.- Escenario natural del área de estudio. Coberturas y Geomorfología. Paisaje



Área de estudio- Coberturas y geomorfología.



Área de estudio- Coberturas y geomorfología.

**ANEXO II.- Coberturas. Ejemplos de especies vegetales presentes en el área de estudio-
Matorral seco espinoso**



Especie matorral seco espinoso.



Especie matorral seco espinoso.



Especie matorral seco espinoso.



Especie matorral seco espinoso- Materia orgánica- Cobertura del suelo.

ANEXO III.- Suelo y litología aflorante en el área de estudio. Naturaleza y condiciones aparentes del material



Litología aflorante en el área de estudio- Naturaleza y condiciones aparentes.



Litología aflorante en el área de estudio- Naturaleza y condiciones aparentes.



Suelo en el área de estudio- Naturaleza y condiciones aparentes.



Suelo en el área de estudio- Naturaleza y condiciones aparentes.

ANEXO IV.- Evidencia de trabajo de campo. Geofísica- Geoeléctrica



Geofísica- Levantamiento de data geoelectrica.



Geofísica- Levantamiento de data geoelectrica.



Geofísica- Levantamiento de data geoelectrica.



Geofísica- Levantamiento de data geoelectrica.

ANEXO V.- Códigos de programas en sistema de adaptación.

CÓDIGO DEL PROGRAMA 1

program alarma_temperatura

' declaracion de variables

dim Raw_temp, TempC, comma as word

dim i, j1, j2, minus as byte

dim text as string[14]

_____Procedimiento que permite testear el sensor en un puerto_____

sub procedure temperatura()

if ow_reset(PORTB, 1) = 0 then ' senal de reset onewire para utilizar otro sensor hay que cambiar el numero

ow_write(PORTB, 1, 0xCC) ' pase rom

ow_write(PORTB, 1, 0x44) ' convertir a t

delay_us(120)

ow_reset(PORTB, 1) ' 0 = presente, 1= no presente

UART1_Write_Text(" Temperatura: ")

UART1_Write(0x0D)

ow_write(PORTB, 1, 0xCC) ' pase rom

ow_write(PORTB, 1, 0xBE) ' leer a SCRATCHPAD

```
j1 = ow_Read(PORTB, 1) ' leer parte baja

j2 = ow_Read(PORTB, 1) ' leer parte alta

minus = j2

minus = minus >> 3

if minus = 0x1F then ' chequeamos la temperatura (+ o -)

j2 = not j2

j1 = not j1

j1 = j1 + 1

end if

Raw_temp = (j2 << 8) or j1 ' obteniendo la data raw

if minus = $1F then

' escribimos "-"

UART1_Write("-")

else

' escribimos "+"

UART1_Write("+")

end if

TempA = (Raw_temp and $0FF0) >> 4

comma = (j1 and $0F) * 625
```

```
WordToStrWithZeros(TempC, text)
```

```
UART1_Write(text[2])
```

```
UART1_Write(text[3])
```

```
UART1_Write(text[4])
```

```
UART1_Write(". ")
```

```
WordToStrWithZeros(comma, text)
```

```
UART1_Write(text[1])
```

```
UART1_Write(text[2])
```

```
UART1_Write(text[3])
```

```
UART1_Write(text[4])
```

```
UART1_Write(" ")
```

```
UART1_Write("C")
```

```
UART1_Write(0X0D)
```

```
else
```

```
UART1_Write_Text(" no signal ")
```

```
UART1_Write(0X0D)
```

```
end if
```

```
end sub
```

'Los valores de A y B que se envían al UART dependerán de la región que en nuestro caso se trabajara en pares

A: indica que se debe activar los aspersores y B: que se deben desactivar'

main:

OPTION_REG = 0X00

' Registro Oscilador de control

OSCCON = 0X75 ' Oscilador interno de 8mhz

' Registro PUERTO A

TRISA = 0X00 ' porta.5 como entrada digital

PORTA = 0X00

TRISB = 0XFF ' porta.5 como entrada digital

PORTB = 0X00

TRISC=0

PORTC=0

' Seleccion de registro analogico. 1 analogico, 0 digitales

ANSEL = 0X00 ' AN<7:0>

ANSELH = 0X00 ' AN<13:8>

```
text = "000.0000" ' formato del texto a mostrar
```

```
TRISC=0X00
```

```
PORTC=0X00
```

```
delay_ms(250)
```

```
UART1_Init(9600)
```

```
UART1_Write(0X0D)
```

```
UART1_Write_Text(" DS18B20 ")
```

```
UART1_Write(0X0D)
```

```
delay_ms(1000)
```

```
UART1_Write_Text(" Temperatura: ")
```

```
UART1_Write(0X0D)
```

```
while (TRUE)
```

```
if (TempA>=100) or (TempB>=100) or (TempC>=100) or (TempD>=100) or (TempE>=100) or
```

```
(TempF>=100) or (TempG>=100) or (TempH>=100) then
```

```
PORTA.RA0=1
```

```
PORTA.RA1=1
```

PORTA.RA2=1

PORTA.RA3=1

PORTA.RA4=1

PORTA.RA5=1

PORTA.RA6=1

PORTA.RA7=1

UART1_Write_Text("A")

if (TempA<=40) and (TempB<=40) and (TempC<=40) and (TempD<=40) and (TempE<=40)

and (TempF<=40) and (TempG<=40) and (TempH<=40) then

PORTA.RA0=0

PORTA.RA1=0

PORTA.RA2=0

PORTA.RA3=0

PORTA.RA4=0

PORTA.RA5=0

PORTA.RA6=0

PORTA.RA7=0

```
UART1_Write_Text("B")
```

```
else
```

```
    UART1_Write_Text(" ")
```

```
end if
```

```
Delay_ms(250)
```

```
wend
```

```
end.
```

CÓDIGO DEL PROGRAMA 2

program receptor_activacion

dim uart_rd as byte

main:

OPTION_REG = 0X00

' Registro Oscilador de control

OSCCON = 0X75 ' Oscilador interno de 8mhz

' Registro PUERTO A

TRISA = 0X00 ' porta.5 como entrada digital

PORTA = 0X00

TRISB = 0XFF ' porta.5 como entrada digital

PORTB = 0X00

TRISC=0

PORTC=0

' Seleccion de registro analogico. 1 analogico, 0 digitales

```
ANSEL = 0X00 ' AN<7:0>
```

```
ANSELH = 0X00 ' AN<13:8>
```

```
    //ansel=0x04
```

```
    //anselh=0x00
```

```
TRISC=0X00
```

```
PORTC=0X00
```

```
delay_ms(250)
```

```
UART1_Init(9600)
```

```
while (TRUE)
```

```
if (UART1_Data_Ready() <> 0) then    ' If data is received,
```

```
    uart_rd = UART1_Read()           ' read the received data,
```

```
    '-----'
```

```
    IF (UART_RD = "A") THEN
```

```
PORTA.RA0=1
```

```
PORTA.RA1=1
```

```
PORTA.RA2=1
```

PORTB.RB0=1

PORTB.RB1=1

END IF

IF (UART_RD = "C") THEN

PORTA.RA3=1

PORTA.RA1=1

PORTA.RA2=1

PORTB.RB0=1

PORTB.RB1=1

END IF

IF (UART_RD = "E") THEN

PORTA.RA4=1

PORTA.RA1=1

PORTA.RA2=1

PORTB.RB0=1

PORTB.RB1=1

END IF

IF (UART_RD = "G") THEN

PORTA.RA5=1

PORTA.RA1=1

PORTA.RA2=1

PORTB.RB0=1

PORTB.RB1=1

END IF

IF (UART_RD = "I") THEN

PORTA.RA6=1

PORTA.RA1=1

PORTA.RA2=1

PORTB.RB0=1

PORTB.RB1=1

END IF

IF (UART_RD = "K") THEN

PORTA.RA7=1

PORTA.RA1=1

PORTA.RA2=1

-----DESACTIVACION-----

IF (UART_RD = "B") THEN

PORTA.RA0=0

PORTA.RA1=0

PORTA.RA2=0

PORTB.RB0=0

PORTB.RB1=0

END IF

```
IF (UART_RD = "D") THEN
```

```
PORTA.RA3=0
```

```
PORTA.RA1=0
```

```
PORTA.RA2=0
```

```
PORTB.RB0=0
```

```
PORTB.RB1=0
```

```
END IF
```

```
IF (UART_RD = "G") THEN
```

```
PORTA.RA4=0
```

```
PORTA.RA1=0
```

```
PORTA.RA2=0
```

```
PORTB.RB0=0
```

```
PORTB.RB1=0
```

```
END IF
```

```
IF (UART_RD = "I") THEN
```

```
PORTA.RA5=0
```

```
PORTA.RA1=0
```

```
PORTA.RA2=0
```

```
PORTB.RB0=0
```

```
PORTB.RB1=0
```

```
END IF
```

```
IF (UART_RD = "K") THEN
```

```
PORTA.RA6=0
```

```
PORTA.RA1=0
```

```
PORTA.RA2=0
```

```
PORTB.RB0=0
```

```
PORTB.RB1=0
```

```
END IF
```

```
IF (UART_RD = "M") THEN
```

```
PORTA.RA7=0
```

```
PORTA.RA1=0
```

```
PORTA.RA2=0
```

```
PORTB.RB0=0
```

```
PORTB.RB1=0
```

```
END IF
```

```
Delay_ms(250)
```

```
end if
```

```
wend
```

```
end.
```

Anexos VI.- Especificaciones técnicas de algunos equipos y materiales sugeridos para el ensamblaje de la red de alimentación y distribución

1.-Manguera Flexible

Manguera flexible de acero inoxidable, tubos de gran flexibilidad y altísima resistencia, frente a la presión, frente a la corrosión química interior y frente a la abrasión exterior. Esto es posible a la combinación de dos elementos constructivos



Manguera flexible Gassolnox SSHCG-2 con tubo arrugado máxima flexibilidad con 2 trenzas

flexibles y de acero inoxidable: un tubo interior coarrugado y dos trenzas exteriores.

Características técnicas:

- Margen de temperaturas continuo: -200 a +800°
- Presiones de trabajo: hasta 300 bar
- Flexibilidad: Pequeños radios de temperatura
- Resistencia química: Interior de acero inoxidable para conducir o transportar cualquier tipo de fluido o vapor, por peligroso o corrosivo que este sea
- Resistencia mecánica y contra fuego: Malla inox envolvente para soportar altas presiones y para protección exterior de la manguera.
- Amplia gama de diámetros nominales: 6 hasta diámetro nominal de 250 mm.

Referencia manguera Hose reference	Código Code	Medida diámetro nominal Nominal bore size		Presión máxima de trabajo 20°C Maximum working pressure at 20°C	Máxima presión de prueba a 20°C Maximum test pressure at 20°C	Presión de rotura a 20°C Burst pressure at 20°C	Radio mínimo de curvatura Min. bend radius		Peso aproximado Net weight
		mm	Inches	bar	bar	bar	Static	Dinamic	
							mm	mm	
SSHCG22006	AID	6	1/4	210,0	315,0	840,0	30	90	0,45
SSHCG22010	AID	10	3/8	166,0	249,0	664,0	30	100	0,65
SSHCG0012	AID	12	1/2	136,0	204,0	544,0	30	110	0,80
SSHCG22015	AID	16	5/8	120,0	180,0	480,0	35	130	0,91
SSHCG22020	AID	20	3/4	103,0	154,5	412,0	40	145	1,00
SSHCG22025	AID	25	1	96,0	144,0	384,0	50	160	1,25
SSHCG22032	AID	32	1 1/4	80,0	120,0	320,0	65	230	1,95
SSHCG22040	AID	40	1 1/2	76,0	114,0	304,0	80	250	2,45
SSHCG22050	AID	50	2	60,0	90,0	240,0	100	285	3,40
SSHCG22065	AID	65	2 1/2	40,0	60,0	160,0	140	450	4,20
SSHCG22080	AID	80	3	35,0	52,5	140,0	160	530	5,00
SSHCG22100	AID	100	4	22,0	33,0	88,0	200	600	6,70
SSHCG22125	AID	125	5	20,0	30,0	80,0	260	810	10,2
SSHCG22150	AID	150	6	18,0	27,0	72,0	300	900	12,7
SSHCG22200	AID	200	8	16,0	24,0	64,0	400	1.050	15,5
SSHCG22250	AID	250	10	10,0	15,0	40,0	500	1.100	18,0

Especificaciones generales

2.-Conectores o acoples

Acoples resistentes a fugas , construcción en aluminio ASTM B85 grado 380, resistencia a fugas, aplicables para agricultura, químicos, petróleo, construcción y manejo de materiales.

Rosca NPSM



Acople macho con perno y vástago corto en aluminio

Parte Núm	Tamaño (pulg)	Peso Aprox. por pieza		Cant. por caja
		lbs	kg	
ABM-LF150	1 1/2	0.22	0.10	150
ABM-LF200	2	0.40	0.18	80
ABM-LF300	3	1.04	0.47	24
ABM-LF400	4	1.48	0.67	20

Especificaciones generales

3.- Distribuidor de 2 vías

El distribuidor de 2 vías permite que funcionen dos accesorios al mismo tiempo. De este modo se podrá distribuir de un mejor modo el recurso a distintas áreas. Las dos salidas son completamente regulables e independientes entre sí

AD-2X



Adaptador "Y" de bronce para conexión de dos mangueras

AD-2



Adaptador "Y" inyectado en aluminio para conectar dos mangueras

4.- Electroválvulas

Electroválvula IBV de bronce de alta calidad diseñada para soportar las exigencias de grandes instalaciones. Hecha de bronce sólido para proporcionar años de funcionamiento sin problemas para cualquier tipo de aguas, la IBV es una válvula creada para las condiciones más agresivas que se puedan encontrar en una instalación comercial. Con una tapa y un brazo de bronce (preparados para soportar hasta 15 bar), la IBV también dispone de un tubo de control de caudal de acero inoxidable de gran resistencia. IBV se diseñó



Electroválvula Hunter IBV

desde cero para incorporar muchas de las funciones líderes en la industria, incluyendo el solenoide y el diafragma ICV.

Especificaciones técnicas:

- Conexión: 1" (25 mm), 1½" (40 mm), 2" (50 mm), 3" (80 mm)
- La purga manual interna y externa permite una activación rápida y sencilla a "nivel de la válvula"
- Diseño de junta de diafragma con doble reborde para un rendimiento superior sin pérdidas
- El diafragma EPDM de tela reforzada y el asiento EPDM aseguran un funcionamiento superior en cualquier situación

- Compatible con los solenoides tipo "latch" CC de Hunter para uso con programadores alimentados por pilas
- Los tornillos cautivos de la tapa permiten un mantenimiento de la válvula sin problemas
- La posibilidad de caudal bajo permite utilizar los productos de microrriego de Hunter
- Solenoide encapsulado de 24 V CA con émbolo cautivo para un mantenimiento sin problemas
- Temperatura: 66 °C
- Período de garantía: 5 años

BIBLIOGRAFÍA

1. **Cobos Mite Luis Emilio**, Tesis de Grado “Estudio integrado del Golfo de Guayaquil del Mioceno al Reciente”, 2010, Capítulo 2- “Sedimentación y subsidencia en el Golfo de Guayaquil”, págs.: 41-50 (Extracto).
2. **Ordóñez, M., Jiménez, N. y Suárez, J.**; Micropaleontología Ecuatoriana, Petroproducción, (2006).

3. **TRANSELECTRIC, Esingeco**, “Estudio de Impacto Ambiental de la Línea de Derivación Quevedo – Portoviejo”, Noviembre 2004, págs.: I-4 a 1-7 y revisión general.

4. **Baquero Úbeda Juan Carlos, Fernández Rubio Rafael**, “Hidrogeología Minera y Ambiental- Síntesis de Conceptos Fundamentales”- Módulo Recursos Minerales, Serie Postgrado, Capitulo “Geología aplicada a la Hidrogeología”- Págs.: 51, 60-61 (más revisión general).

5. **José Antonio Vega Hidalgo**, Modelización de la propagación y simulación de incendios forestales en el ámbito de la gestión Centro de Investigación Forestal “Lourizán Consellería do Medio Rural e do Mar Xunta de Galicia” Revisión general- Referencia

6. **Javier Blanco** (TRAGSA), **Daniel García** (Cabildo de Gran Canaria), **Marc Castellnou** (GRAF-DGPEIS), **Domingo Molina** (Universidad de Lleida), **Federico Grillo** (Cabildo de Gran Canaria), **Enric Pous** (Universidad de Lleida)- Curso básico de incendios forestales- Noviembre 2008- Revisión general- Referencia

- 7. Wildfire Coordinating Group Fire Investigation Working Team-** WildfireOrigin & CauseDeterminationHandbook- May 2005- NWCG Handbook 1- PMS 412-1- NFES 1874 Revisión general- Referencia.

- 8. Ibañez Asensio Sara, Gisbert Blanquer Juan Manuel, Moreno Román Hector,** “Inceptisoles”; Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural; Universidad Politécnica de Valencia (2011). Consulta: (10-6-2013).
Disponible:
<http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12884/inceptisoles.pdf?sequence=3>

- 9. Paul Aguayo,** “Introducción al microcontrolador” (2004). Consulta: (23-8-2013).
Disponible en: <http://www.olimex.cl/tutorial/tutorial1.pdf>

- 10. Andrés Oyarce,** “Guia del usuario. Xbee Series” Revision y edición por **Paul Aguayo y Eduard Martin,** Junio 2008 y Julio 2010 respectivamente. Consulta: (12-11-2014).
Disponible en: http://www.olimex.cl/pdf/Wireless/ZigBee/XBee-Guia_Usuario.pdf

- 11. Hunter Industries,** Riego residencial y comercial (2014). Consulta (22-4-2014).
Disponible en: <http://www.hunterindustries.com/es/product/valvulas/ibv>

12. RIEGOPLAST O Y D Ltda, Portafolio de productos, mangueras y accesorios para riego y rollos de polietileno(2009). Revisión general.

13. KURIYAMA, Mangueras y accesorios industriales de alta calidad, mangueras plana acoples y ensambles (2009). Pág.: 13.

14. GASSOINOX, Mangueras INOX flexibles fabricadas por GASSÓ (2012), Revisión general.