



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA REPRESA DE ANGOSTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL A NIVEL DEFINITIVO

FICHA DE EVALUACIÓN DE CAMPO

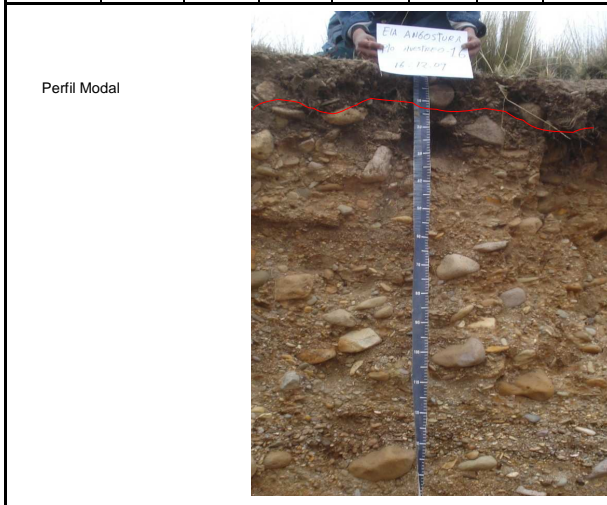
16

**CARACTERIZACIÓN MORFOPEDEOLÓGICA
SUELO FLUVIAL I (Flu)**

| Morfología del Perfil Modal | | Caracterización Ecogeográfica | |
|-----------------------------|---|---|---|
| 0 cm | A | Franco arenoso. Color pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo, granular fino, débil; friable; raíces finas comunes. Reacción moderadamente ácida. Límite de horizonte difuso, plano al. | Departamento : Cuzco Provincia : Espinar Distrito : Coporaque |
| 10 - | | | Suelo: Fluvial I Calicata Nº: 16 |
| 15 - | C | Arena franca. Color pardo grisáceo (2,5YR 5/2) en húmedo, sin estructura (grano simple); firme; canto rodados que ocupan un 80% de horizonte, tamaño de gravas y guijarros. Reacción fuertemente ácida. | Clasificación: US SOIL TAXONOMY: <i>Typic Cryofluvents</i> |
| 20 - | | | Unidad Geomorfológica: Planicie fluvial CUM*: P3s |
| 35 - | | | Relieve: Plano Pendiente: < 15% Uso Actual: Pajonal |
| 60 - | | | Clima: Frio perhumado Precipitación Mm. 900 T°C = 3 - 6 |
| 80 - | | | Material Madre: Aluvial Distribución de raíces: 10 cm |
| 120 - | | | Altitud m.s.n.m 4,001 Pedregosidad Superficial: Pedregoso (2) |
| | | | Vegetación: Pastos, matorral arbustivos y Cultivos Régimen de Humedad : Ustico |
| | | | Drenaje: Bueno Régimen de Temperatura : Cryico |
| | | Permeabilidad: Moderado Epipedón : ócrico | |
| | | Proceso Morfogenético: Erosión hídrica ligera Endopepedon : | |
| | | Prof. Napa Freática: No se observa Coordenadas UTM ** Observaciones | |
| | | Fecha: 16/12/2009 226 391 8 350 701 | |

ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO Y MECÁNICO

| Horizonte | Prof. cm. | pH | CO ₃ % | C.E dS/cm | C % | N % | M.O. % | Asimilables ppm | | Cambiables m.e/100 gr | | | | | | Sat. Bases % | Sat de Alum % | Análisis Mecánico % | | | Clase Textural |
|-----------|-----------|------|-------------------|-----------|------|------|--------|-----------------|-----|-----------------------|------|------|------|------|------|--------------|---------------|---------------------|------|---------|----------------|
| | | | | | | | | P | K | C.I.C | Ca | Mg | K | Na | Al | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| A | 0 - 15 | 5,61 | 0,00 | 0,07 | 2,12 | 0,18 | 3,7 | 3,8 | 314 | 15,52 | 6,79 | 1,36 | 1,00 | 0,29 | 0,80 | 92,2 | 7,8 | 56 | 40 | 4 | Franco arenoso |
| C | 15 - 120 | 5,32 | 0,00 | 0,05 | 0,68 | 0,06 | 1,2 | 7,1 | 63 | 14,08 | 9,88 | 2,02 | 0,28 | 0,30 | 0,50 | 96,1 | 3,9 | 86 | 10 | 4 | Arena franca |



* CUM: Capacidad de Uso Mayor
** Sistema PSAD 56



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA REPRESA DE ANGOSTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL A NIVEL DEFINITIVO

FICHA DE EVALUACIÓN DE CAMPO

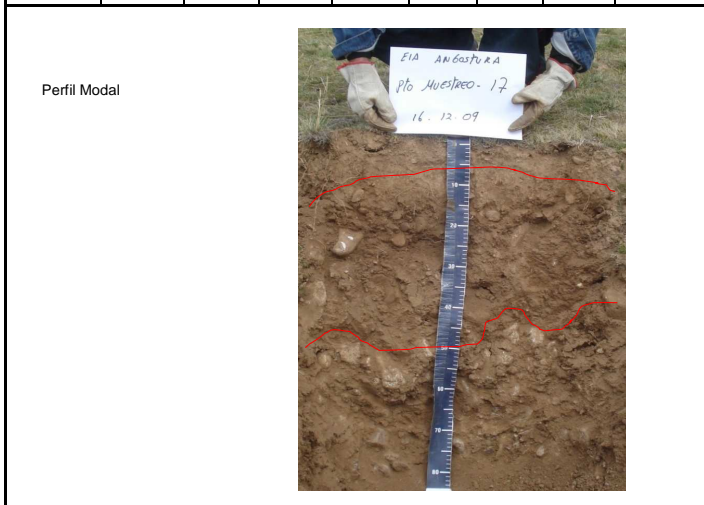
17

**CARACTERIZACIÓN MORFOPEDEOLÓGICA
SUELO TARUCUYO (Tar)**

| Morfología del Perfil Modal | | Caracterización Ecogeográfica | |
|-----------------------------|---|---|--|
| 0 cm | A | Franco arenoso. Color pardo pálido (10YR 6/3) en húmedo, granular fino, débil; friable; raíces finas comunes. Límite de horizonte difuso, plano al. | Departamento : Cuzco Provincia : Espinar Distrito : Coporaque |
| 10 - 18 cm | | | Suelo: Tarucuyo Calicata Nº: 17 |
| 18 - 20 cm | | B | Franco arcillo arenoso. Color pardo (10YR 5/3) en húmedo, estructura en bloques subangular, muy firme; raíces finas pocas. Con 40% de fragmentos groseros del tamaño de gravas y guijarros. Límite de horizonte claro, irregular al. |
| 20 - 45 cm | | | Unidad Geomorfológica: Planicie Aluvial CUM*: A3sc y P3s |
| 45 - 60 cm | C | Arcilloso. Color pardo pálido (10YR 6/3) en húmedo, sin estructura (masiva), extremadamente firme; Con 60 % de fragmentos groseros del tamaño de gravas y guijarro. | Relieve: Plano Pendiente: < 15% Uso Actual: Cultivos agrícola asociado a pastos naturales |
| 60 - 80 cm | | | Clima: Frio perhumado Precipitación Mm. 900 T°C = 3 - 6 |
| 80 - 120 cm | | | Material Madre: Aluvial Distribución de raíces: 10 cm |
| | | | Altitud m.s.n.m 3.991 Pedregosidad Superficial: Ligeramente pedregoso (1) |
| | | | Vegetación: Pastos introducidos y cultivos Régimen de Humedad : Ustico |
| | | | Drenaje: Bueno Régimen de Temperatura : Cryico |
| | | | Permeabilidad: Moderadamente lenta Epipedón : ócrico |
| | | | Proceso Morfogénico: Erosión hídrica ligera Endopepedon : cambio |
| | | | Prof. Napa Freática: No se observa Coordenadas UTM ** Observaciones |
| | | | Fecha: 16/12/2009 227 091 8 351 992 |

ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO Y MECÁNICO

| Horizonte | Prof. cm. | pH | CO ₃ % | C.E dS/cm | C % | N % | M.O. % | Asimilables ppm | | Cambiables m.e/100 gr | | | | | | Sat. Bases % | Sat de Alum % | Análisis Mecánico % | | | Clase Textural |
|-----------|-----------|------|-------------------|-----------|------|------|--------|-----------------|------|-----------------------|-------|------|------|------|-------|--------------|---------------|---------------------|------|-----------|------------------------|
| | | | | | | | | P | K | C.I.C | Ca | Mg | K | Na | Al | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| A | 0 - 9 | 4,54 | 0,00 | 0,09 | 2,42 | 0,21 | 4,17 | 15,2 | 231 | 17,6 | 6,94 | 1,95 | 0,79 | 0,28 | 0,70 | 93,4 | 6,6 | 62 | 34 | 4 | Franco arenoso |
| B | 9 - 45 | 5,20 | 0,00 | 0,09 | 1,22 | 0,11 | 2,10 | 8,0 | 424 | 20,16 | 12,36 | 4,31 | 1,32 | 0,37 | 0,20 | 98,9 | 1,1 | 52 | 18 | 30 | Franco arcillo arenoso |
| C | 45 - 90 | 6,42 | 0,00 | 0,19 | 0,74 | 0,06 | 1,27 | 3,4 | 5,82 | 28,48 | 18,38 | 7,83 | 1,85 | 0,42 | 100,0 | 0,0 | 40 | 10 | 50 | Arcilloso | |



* CUM: Capacidad de Uso Mayor
** Sistema PSAD 56



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA REPRESA DE ANGOSTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL A NIVEL DEFINITIVO

FICHA DE EVALUACIÓN DE CAMPO

18

**CARACTERIZACIÓN MORFOPEDEOLÓGICA
 SUELO ACHACOLLO (Acha)**

| Morfología del Perfil Modal | | Caracterización Ecogeográfica | |
|-----------------------------|---|--|--|
| 0 cm | A | Franco arenoso. Color pardo (10YR 5/3) en húmedo, granular fino, medio; friable; raíces finas comunes. Límite de horizonte difuso, plano. al. | Departamento : Cuzco Provincia : Espinar Distrito : Coporaque |
| 10 - 18 cm | | | Suelo: Achocollo Calicata N°: 18 |
| 18 - 20 cm | | C | Franco arenoso. Color pardo (10YR 5/3) en húmedo, sin estructura (masiva), moderado; firme; raíces finas pocas. Límite de horizonte claro, irregular. al. |
| 20 - 58 cm | | | Unidad Geomorfológica: Vertiente Erosional de montaña CUM*: P3s, P3se y Xse |
| 58 - 60 cm | R | | Relieve: Ondulado Pendiente: 15 - 75% Uso Actual: Césped de puna y pajonal |
| 60 - 80 cm | | | Clima: Frio templado Precipitación Mm. 900 T°C = 3 - 6 |
| 80 - 120 cm | | | Material Madre: Coluvial Distribución de raíces: 20 cm |
| | | | Altitud m.s.n.m 4,029 Pedregosidad Superficial: Pedregoso (2) |
| | | Rocas volcánicas | Vegetación: Pastos naturales altoandinos Régimen de Humedad : Ustico |
| | | | Drenaje: Bueno Régimen de Temperatura : Cryico |
| | | | Permeabilidad: Moderada Epipedón : ócrico |
| | | | Proceso Morfogenético: Erosión hídrica ligera Endopepedon : |
| | | | Prof. Napa Freática: No se observa Coordenadas UTM ** Observaciones |
| | | | Fecha: 16/12/2009 234 057 8 371 182 |

ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO Y MECÁNICO

| Horizonte | Prof. cm. | pH | CO ₃ % | C.E dS/cm | C % | N % | M.O. % | Asimilables ppm | | Cambiables m.e/100 gr | | | | | | Sat. Bases % | Sat de Alum % | Análisis Mecánico % | | | Clase Textural |
|-----------|-----------|------|-------------------|-----------|------|------|--------|-----------------|-----|-----------------------|------|------|------|------|------|--------------|---------------|---------------------|------|---------|----------------|
| | | | | | | | | P | K | C.I.C | Ca | Mg | K | Na | Al | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| A | 0 - 12 | 4,27 | 0,00 | 0,09 | 2,30 | 0,20 | 4,0 | 9,1 | 238 | 17,6 | 3,47 | 0,65 | 0,81 | 0,32 | 4,00 | 56,8 | 43,2 | 56 | 40 | 4 | Franco arenoso |
| C | 12 - 58 | 4,30 | 0,00 | 0,04 | 1,22 | 0,11 | 2,1 | 17,8 | 178 | 14,40 | 1,93 | 0,36 | 0,64 | 0,34 | 4,40 | 42,6 | 57,4 | 58 | 36 | 6 | Franco arenoso |
| R | 58 - 110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Perfil Modal



Paisaje representativo



* CUM: Capacidad de Uso Mayor
 ** Sistema PSAD 56



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA REPRESA DE ANGOSTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL A NIVEL DEFINITIVO

FICHA DE EVALUACIÓN DE CAMPO

19

**CARACTERIZACIÓN MORFOPEDEOLÓGICA
 SUELO CURANE (Cu)**

| Morfología del Perfil Modal | | Caracterización Ecogeográfica | |
|-----------------------------|----|--|--|
| 0 cm | A | Franco arenoso. Color gris muy oscuro (7,5YR 3/1) en húmedo, granular fino, medio; frías; raíces finas comunes. Reacción muy fuertemente ácida. Límite de horizonte difuso, plano al. | Departamento : Cuzco Provincia : Espinar Distrito : Coporaque |
| 10 - 18 | | | Suelo: Curane Calicata N°: 19 |
| 18 - 20 | C | Franco arenoso. Color gris muy oscuro (7,5YR 3/1) en húmedo, sin estructura (Masiva); firme; Reacción moderadamente ácida. Límite de horizonte difuso, irregular al. | Clasificación: US SOIL TAXONOMY: <i>Ustic Haplocryolls</i> |
| 20 - 35 | | | Unidad Geomorfológica: Colina sedimentaria CUM*: P2se y P3se |
| 35 - 42 | C2 | Franco. Color pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo, sin estructura (masiva). extremadamente firme, con presencia de gravas y guijarros angulosos que ocupan un 40% del horizonte. Reacción neutra. | Relieve: Quebrado Pendiente: 25 - 50% Uso Actual: césped de puna - pajonal |
| 42 - 60 | | | Clima: Frio perhumado Precipitación Mm. 900 T°C = 3 - 6 |
| 60 - 80 | | | Material Madre: Coluvial Distribución de raíces: 15 cm |
| 80 - | | | Altitud m.s.n.m 3,918 Pedregosidad Superficial: Ligeramente pedregoso (1) |
| | | Vegetación: Pastos naturales altoandinos Régimen de Humedad : Ustico | |
| | | Drenaje: Bueno Régimen de Temperatura : Cryico | |
| | | Permeabilidad: Moderadamente lenta Epipedón : Mólico | |
| | | Proceso Morfogenético: Erosión hídrica ligera Endopepedon : | |
| | | Prof. Napa Freática: No se observa Coordenadas UTM ** | Observaciones |
| | | Fecha: 16/12/2009 | 234 543 8 370 332 |

ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO Y MECÁNICO

| Horizonte | Prof. cm. | pH | CO ₃ % | C.E dS/cm | C % | N % | M.O. % | Asimilables ppm | | Cambiables m.e/100 gr | | | | | | Sat. Bases % | Sat de Alum % | Análisis Mecánico % | | | Clase Textural |
|-----------|-----------|------|-------------------|-----------|------|------|--------|-----------------|-----|-----------------------|-------|-------|------|------|------|--------------|---------------|---------------------|------|---------|----------------|
| | | | | | | | | P | K | C.I.C | Ca | Mg | K | Na | Al | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| A | 0 - 18 | 5,56 | 0,00 | 0,07 | 1,33 | 0,12 | 2,30 | 4,8 | 138 | 17,28 | 11,22 | 4,94 | 0,54 | 0,38 | 0,20 | 98,8 | 1,2 | 68 | 26 | 6 | Franco arenoso |
| C | 18 - 42 | 5,32 | 0,00 | 0,04 | 0,95 | 0,08 | 1,63 | 2,8 | 104 | 16,32 | 10,66 | 4,43 | 0,45 | 0,58 | 0,20 | 98,8 | 1,2 | 64 | 20 | 16 | Franco arenoso |
| C2 | 42 - 120 | 6,82 | 0,00 | 0,16 | 0,68 | 0,06 | 1,18 | 3,1 | 95 | 56,00 | 34,31 | 16,16 | 0,33 | 0,85 | 0,00 | 100,0 | 0,0 | 44 | 32 | 24 | Franco |

Perfil Modal



Paisaje representativo



* CUM: Capacidad de Uso Mayor
 ** Sistema PSAD 56



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA REPRESA DE ANGOSTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL A NIVEL DEFINITIVO

**CARACTERIZACIÓN MORFOPEDEOLÓGICA
 SUELO YAURI (Ya)**

| Morfología del Perfil Modal | | Caracterización Ecogeográfica | |
|-----------------------------|---|---|--|
| 0 cm | A | Franco arenoso. Color pardo oscuro (7,5YR 3/3) en húmedo, granular fino, medio; friable; raíces finas comunes. Reacción moderadamente ácida. Límite de horizonte difuso, plano al. | Departamento : Cuzco Provincia : Espinar Distrito : Coporaque |
| 10 - 19 | | | Suelo : Yauri Calicata N°: 20 |
| 19 - 20 | C | Franco arenoso. Color pardo claro (7,5YR 6/4) en húmedo, sin estructura (masiva); muy firme; ligeramente ácida. Límite de horizonte claro, irregular al. | Clasificación: US SOIL TAXONOMY: <i>Ustic Haplocryolls</i> |
| 20 - 42 | | | Unidad Geomorfológica: Terraza alta CUM*: P2sc y A2sc |
| 42 - 55 | R | Depósitos lacustrinos característicos de la formación yauri que son tobas areniscosas. muy compactas | Relieve: Plano Pendiente: < 15% Cultivos agrícolas y pastos naturales altoandinos |
| 55 - 60 | | | Clima: Frio perhumado Precipitación Mm. 900 T°C = 3 - 6 |
| 60 - 65 | | | Material Madre: Coluvial Distribución de raíces: 15 cm |
| 65 - 70 | | | Altitud m.s.n.m 3,936 Pedregosidad Superficial: Libre |
| 70 - 75 | | | Vegetación: Cultivos agrícolas y Pastos naturales altoandinos Régimen de Humedad : Ustico |
| | | Drenaje: Bueno Régimen de Temperatura : Cryico | Epipedón : ó Mólico |
| | | Permeabilidad: Moderadamente lenta | Endopepedon : |
| | | Proceso Morfogenético: Erosión hídrica ligera | Observaciones |
| | | Prof. Napa Freática: No se observa | Coordenadas UTM ** |
| | | Fecha: 17/12/2009 | 230 203 8 361 835 |

ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO Y MECÁNICO

| Horizonte | Prof. cm. | pH | CO ₃ % | C.E dS/cm | C % | N % | M.O. % | Asimilables ppm | | Cambiables m.e/100 gr | | | | | | Sat. Bases % | Sat de Alum % | Análisis Mecánico % | | | Clase Textural |
|-----------|-----------|------|-------------------|-----------|------|------|--------|-----------------|-----|-----------------------|------|------|------|------|------|--------------|---------------|---------------------|------|---------|----------------|
| | | | | | | | | P | K | C.I.C | Ca | Mg | K | Na | Al | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| A | 0 - 19 | 5,92 | 0,00 | 0,09 | 1,08 | 0,09 | 1,9 | 3,8 | 388 | 8 | 4,40 | 1,91 | 1,23 | 0,36 | 0,10 | 98,8 | 1,3 | 70 | 24 | 6 | Franco arenoso |
| C | 19 - 42 | 6,26 | 0,00 | 0,08 | 1,14 | 0,10 | 2,0 | 4,0 | 347 | 6,56 | 3,77 | 1,27 | 1,22 | 0,30 | 0,00 | 100,0 | 0,0 | 70 | 24 | 6 | Franco arenoso |
| R | 42 - + | 6,82 | 0,00 | 0,33 | 0,38 | 0,03 | 0,7 | 3,7 | 545 | 8,32 | 4,94 | 1,27 | 1,31 | 0,53 | 0,00 | 100,0 | 0,0 | 28 | 64 | 8 | Franco limoso |

Perfil Modal



Paisaje representativo



* CUM: Capacidad de Uso Mayor
 ** Sistema PSAD 56



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA REPRESA DE ANGOSTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL A NIVEL DEFINITIVO

FICHA DE EVALUACIÓN DE CAMPO

21

**CARACTERIZACIÓN MORFOPEDEOLÓGICA
 SUELO HUAYLLUPATA (Huay)**

| Morfología del Perfil Modal | | Caracterización Ecogeográfica | |
|-----------------------------|---|---|--|
| 0 cm | A | Arenoso. Color pardo (7.5YR 4/3) en húmedo, granular fino, medio; friable; raíces finas comunes. Reacción fuertemente ácida. Límite de horizonte difuso, plano al. | Departamento : Cuzco Provincia : Espinar Distrito : Espinar |
| 10 - 25 | | | Suelo: Huayllupata Calicata N°: 21 |
| 25 - 30 | C | Franco arenoso. Color pardo grisáceo (10YR 5/2) en húmedo, sin estructura (grano simple); muy firme; presencia de cantos rodados del tamaño de grava y guijarros. Reacción moderadamente ácida. | Clasificación: US SOIL TAXONOMY: <i>Typic Cryofluvents</i> |
| 30 - 35 | | | Unidad Geomorfológica: Planicie aluvial CUM*: P2sc |
| 35 - 60 | | | Relieve: Plano Pendiente: < 15% Uso Actual: césped de puna - pajonal |
| 60 - 80 | | | Clima: Frio perhumado Precipitación Mm. 900 T°C = 3 - 6 |
| 80 - 120 | | | Material Madre: Aluvial Distribución de raíces: 25 cm |
| | | | Altitud m.s.n.m 3.936 Pedregosidad Superficial: Ligeramente Pedregoso (1) |
| | | | Vegetación: Pastos naturales altoandinos Régimen de Humedad : Ustico |
| | | | Drenaje: Bueno Régimen de Temperatura : Cryico |
| | | Permeabilidad: Muy rápida Epipedón : ócrico | |
| | | Proceso Morfogenético: Erosión hídrica lenta Endopepedon : | |
| | | Prof. Napa Freática: No se observa Coordenadas UTM ** | |
| | | Fecha: 17/12/2009 Observaciones | |
| | | | 234 995 8 358 954 |

ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO Y MECÁNICO

| Horizonte | Prof. cm. | pH | CO ₃ % | C.E dS/cm | C % | N % | M.O. % | Asimilables ppm | | Cambiables m.e/100 gr | | | | | | Sat. Bases % | Sat de Alum % | Análisis Mecánico % | | | Clase Textural |
|-----------|-----------|------|-------------------|-----------|------|------|--------|-----------------|-----|-----------------------|------|------|------|------|------|--------------|---------------|---------------------|------|---------|---------------------------|
| | | | | | | | | P | K | C.I.C | Ca | Mg | K | Na | Al | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| A | 0 - 25 | 5,44 | 0,00 | 0,10 | 0,92 | 0,08 | 1,59 | 16,1 | 231 | 10,4 | 7,17 | 1,94 | 0,90 | 0,29 | 0,10 | 99,0 | 1,0 | 90 | 8 | 2 | Arenoso Franco arenoso |
| C | 25 - 90 | 5,98 | 0,00 | 0,21 | 2,29 | 0,20 | 3,95 | 45,7 | 824 | 14,72 | 8,94 | 3,10 | 2,29 | 0,19 | 0,20 | 98,6 | 1,4 | 74 | 20 | 6 | |

Perfil Modal



Paisaje representativo



* CUM: Capacidad de Uso Mayor
 ** Sistema PSAD 56



**CARACTERIZACIÓN MORFOPEDEOLÓGICA
 SUELO SUYTO (Su)**

| Morfología del Perfil Modal | | Caracterización Ecogeográfica | |
|-----------------------------|----|---|---|
| 0 cm | A | Franco. Color pardo (10YR 4/4) en húmedo, granular fino, medio; friable; raíces finas comunes. Reacción muy fuertemente ácida. Límite de horizonte difuso, plano al. | Departamento : Cuzco Provincia : Espinar Distrito : Coporaque |
| 10 - 19 | | | Suelo: Suyto Calicata Nº: 22 |
| 19 - 25 | C | Franco . Color gris oscuro (10YR 4/2) en húmedo, granular medio, moderado; firme; raíces finas pocas. Reacción muy fuertemente ácida. Límite de horizonte claro, irregular al. | Clasificación: US SOIL TAXONOMY: <i>Typic Cryorthents</i> |
| 25 - 35 | | | Unidad Geomorfológica: Terraza alta CUM*: P2sc y P3se |
| 35 - 80 | 2C | Color amarillo_parduzco (10YR 6/6) en húmedo, sin estructura (grano simple), no adhesivo; Con 80 % de canto rodado de tamaño de gravas y guijarro en proporciones variable. Límite de horizonte difuso, irregular al. | Relieve: Ondulado Pendiente: < 25% Uso Actual: césped de puna y pajonal |
| 80 - 120 | | | Clima: Frio perhumado Precipitación Mm. 900 T°C = 3 - 6 |
| | | Material Madre: Aluvial Distribución de raíces: 25 cm | |
| | | Altitud m.s.n.m 4,146 Pedregosidad Superficial: Ligeramente Pedregoso (1) | |
| | | Vegetación: Pastos naturales altoandinos Régimen de Humedad : Ustico | |
| | | Drenaje: Bueno Régimen de Temperatura : Cryico | |
| | | Permeabilidad: Moderado Epipedón : Mólico | |
| | | Proceso Morfogenético: Erosión hídrica ligera Endopepedon : | |
| | | Prof. Napa Freática: No se observa Coordenadas UTM ** | Observaciones |
| | | Fecha: 17/12/2009 | 228 308 8 347 573 |

ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO Y MECÁNICO

| Horizonte | Prof. cm. | pH | CO ₃ % | C.E dS/cm | C % | N % | M.O. % | Asimilables ppm | | Cambiables m.e/100 gr | | | | | | Sat. Bases % | Sat de Alum % | Análisis Mecánico % | | | Clase Textural | |
|-----------|-----------|------|-------------------|-----------|------|------|--------|-----------------|-----|-----------------------|-------|------|------|------|------|--------------|---------------|---------------------|------|---------|----------------|--|
| | | | | | | | | P | K | C.I.C | Ca | Mg | K | Na | Al | | | Arena | Limo | Arcilla | | |
| A | 0 - 19 | 4,89 | 0,00 | 0,10 | 2,88 | 0,25 | 4,96 | 16,6 | 503 | 22,4 | 11,37 | 2,72 | 2,48 | 0,27 | 0,90 | 94,9 | 5,1 | 42 | 48 | 10 | Franco | |
| C | 19 - 80 | 5,28 | 0,00 | 0,09 | 2,00 | 0,17 | 3,44 | 26,7 | 188 | 23,20 | 15,75 | 3,30 | 0,87 | 0,45 | 0,20 | 99,0 | 1,0 | 40 | 38 | 22 | Franco | |
| 2C | 80 - + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



* CUM: Capacidad de Uso Mayor
 ** Sistema PSAD 56



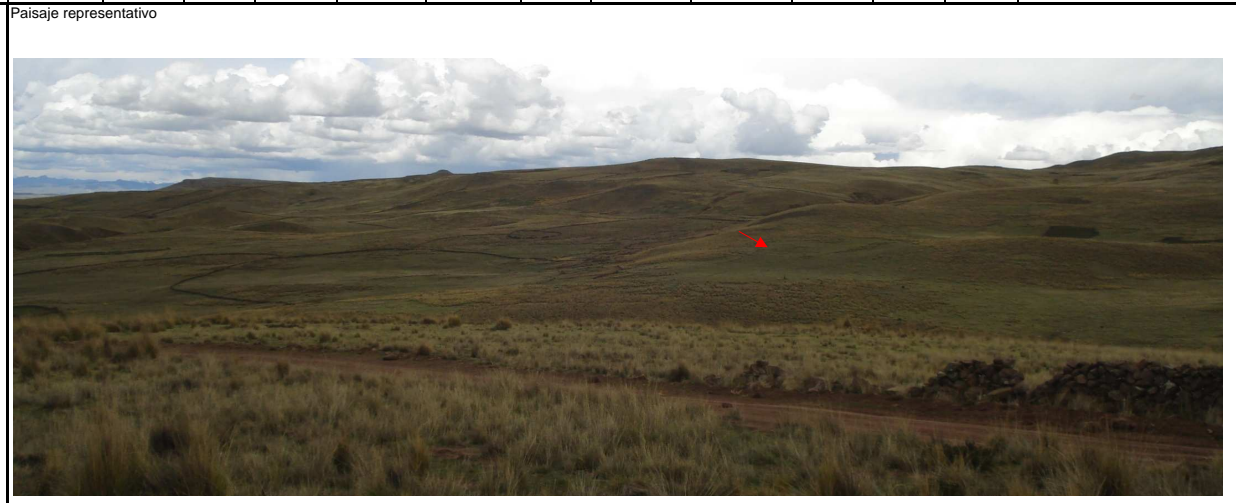
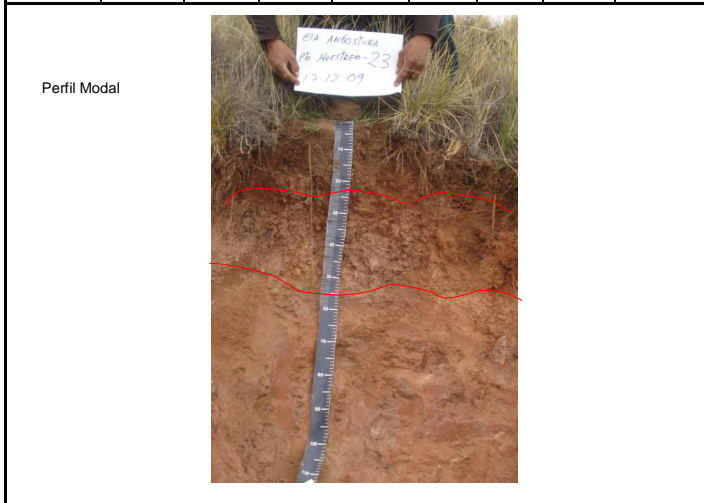
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA REPRESA DE ANGOSTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL A NIVEL DEFINITIVO

**CARACTERIZACIÓN MORFOPEDEOLÓGICA
SUELO ANTUYO (Ant)**

| Morfología del Perfil Modal | | Caracterización Ecogeográfica | |
|-----------------------------|----|---|---|
| 0 cm | A | Franco arenoso. Color pardo rojizo oscuro (5YR 3/3) en húmedo, granular fino, medio; friable; raíces finas comunes. Reacción Muy fuertemente ácida. Límite de horizonte difuso, plano al. | Departamento : Cuzco Provincia : Espinar Distrito : Espinar |
| 10 - 23 | | | Suelo : Antuyo Calicata Nº: 23 |
| 23 - 55 | Bw | Franco arenoso. Color pardo rojizo (5YR 5/3) en húmedo, bloques subangular, moderado; firme; raíces finas pocas. Reacción moderadamente ácida. Límite de horizonte claro, irregular al. | Clasificación: US SOIL TAXONOMY: <i>Ustic Haplocrypts</i> |
| 55 - 60 | | | Unidad Geomorfológica: Colina volcánica CUM*: P2sc y P3se |
| 60 - 80 | C | Franco arenoso. Color rosáceo (5YR 7/3) en húmedo, sin estructura (Masiva). no adhesivo; Con 80 % de canto rodado de tamaño de gravas y guijarro en proporciones variable. Reacción Neutro. | Relieve: Ondulado Pendiente: < 15% Uso Actual: césped de puna y pajonal |
| 80 - 110 | | | Clima: Frio - perhumado Precipitación Mm. 900 T°C = 3 - 6 |
| | | Material Madre: Residual Distribución de raíces: 25 cm | |
| | | Altitud m.s.n.m 4,146 Pedregosidad Superficial: Ligeramente pedregoso (1) | |
| | | Vegetación: Pastos naturales altoandinos Régimen de Humedad : Ustico | |
| | | Drenaje: Bueno Régimen de Temperatura : Cryico | |
| | | Permeabilidad: Moderadamente rápida Epipedón : ócrico | |
| | | Proceso Morfogénico: Erosión hídrica lenta Endopepedon : Cámbico | |
| | | Prof. Napa Freática: No se observa Coordenadas UTM ** | Observaciones |
| | | Fecha: 17/12/2009 | 228 305 8 346 615 |

ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO Y MECÁNICO

| Horizonte | Prof. cm. | pH | CO ₃ % | C.E dS/cm | C % | N % | M.O. % | Asimilables ppm | | Cambiables m.e/100 gr | | | | | | Sat. Bases % | Sat de Alum % | Análisis Mecánico % | | | Clase Textural |
|-----------|-----------|------|-------------------|-----------|------|------|--------|-----------------|-----|-----------------------|-------|-------|------|------|------|--------------|---------------|---------------------|------|---------|----------------|
| | | | | | | | | P | K | C.I.C | Ca | Mg | K | Na | Al | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| A | 0 - 23 | 5,04 | 0,00 | 0,15 | 1,73 | 0,15 | 2,99 | 8,1 | 186 | 30,40 | 22,58 | 6,66 | 0,71 | 0,25 | 0,20 | 99,3 | 0,7 | 60 | 30 | 10 | Franco arenoso |
| AC | 23 - 55 | 5,83 | 0,00 | 0,04 | 0,74 | 0,06 | 1,27 | 9,7 | 71 | 47,20 | 34,73 | 9,00 | 0,34 | 0,57 | 0,20 | 99,6 | 0,4 | 58 | 24 | 18 | Franco arenoso |
| C | 55 - 110 | 7,12 | 0,00 | 0,12 | 0,65 | 0,06 | 1,12 | 1,7 | 31 | 48,32 | 37,21 | 10,16 | 0,16 | 0,79 | 0,00 | 100,0 | 0,0 | 72 | 18 | 10 | Franco arenoso |



* CUM: Capacidad de Uso Mayor
** Sistema PSAD 56



**CARACTERIZACIÓN MORFOPEDEOLÓGICA
SUELO CULLPA (Cull)**

| Morfología del Perfil Modal | | Caracterización Ecogeográfica | |
|-----------------------------|-----|---|--|
| 0 cm | A | Franco arenoso. Color pardo (10YR 4/4) en húmedo, granular fino, medio; friable; raíces finas comunes. Reacción fuertemente ácida. Límite de horizonte difuso, plano al. | Departamento : Cuzco Provincia : Espinar Distrito : Coporaque |
| 10 - | | | Suelo: Cullpa Calicata N°: |
| 18 - | C | Franco .Color Pardo (10YR 4/4) en húmedo, granular medio, moderado; firme; raíces finas pocas. Reacción fuertemente ácida. Con presencia de guijarros y piedras Angulosas. Límite de horizonte claro, irregular al. | Clasificación: US SOIL TAXONOMY: <i>Lithic Haplocryands</i> |
| 20 - | | | Unidad Geomorfológica: Colina volcánica CUM*: P3se y Xse |
| 28 - | | | Relieve: Ondulado Pendiente: 25 - 50% Uso Actual: Pastos naturales altoandinos |
| 35 - | Cr2 | Franco arcillo arenoso. Color pardo (10YR 4/4) en húmedo, sin estructura (Masiva). no adhesivo; Con 80 % de canto rodado de tamaño de gravas y guijarro en proporciones variable. Reacción | Clima: Frio - perhumado Precipitación Mm. 900 T°C = 3 - 6 |
| 45 - | | | Material Madre: Coluvial Distribución de raíces: 15 cm |
| 80 - | | | Altitud m.s.n.m 4,309 Pedregosidad Superficial: Muy Pedregoso (3) |
| | | | Vegetación: Pastos naturales altoandinos Régimen de Humedad : Ustico |
| | | Drenaje: Bueno Régimen de Temperatura : Cryico | Permeabilidad: Lenta Epipedón : ócrico |
| | | Proceso Morfogénico: Erosión hídrica ligera Endopepedon : | Prof. Napa Freática: No s observa Coordenadas UTM ** |
| | | Fecha: 17/12/2009 | Observaciones |
| | | | 228 968 8 344 270 |

ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO Y MECÁNICO

| Horizonte | Prof. cm. | pH | CO ₃ % | C.E dS/cm | C % | N % | M.O. % | Asimilables ppm | | Cambiables m.e/100 gr | | | | | | Sat. Bases % | Sat de Alum % | Análisis Mecánico % | | | Clase Textural |
|-----------|-----------|------|-------------------|-----------|------|------|--------|-----------------|-----|-----------------------|-------|------|------|------|------|--------------|---------------|---------------------|------|---------|------------------------|
| | | | | | | | | P | K | C.I.C | Ca | Mg | K | Na | Al | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| A | 0 - 10 | 5,50 | 0,00 | 0,10 | 2,74 | 0,24 | 4,7 | 5,4 | 216 | 28 | 16,23 | 5,03 | 0,82 | 0,21 | 0,50 | 97,8 | 2,2 | 62 | 34 | 4 | Franco arenoso |
| C | 10 - 28 | 5,52 | 0,00 | 0,09 | 1,21 | 0,10 | 2,1 | 3,3 | 220 | 23,52 | 16,89 | 5,16 | 0,86 | 0,41 | 0,20 | 99,1 | 0,9 | 48 | 32 | 20 | Franco |
| Cr2 | 28 -100 | 6,37 | 0,00 | 0,06 | 0,78 | 0,07 | 1,4 | 4,8 | 132 | 24,80 | 17,38 | 6,50 | 0,59 | 0,34 | 0,00 | 100,0 | 0,0 | 56 | 22 | 22 | Franco arcillo arenoso |



* CUM: Capacidad de Uso Mayor
** Sistema PSAD 56



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA REPRESA DE ANGOSTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL A NIVEL DEFINITIVO

**CARACTERIZACIÓN MORFOPEDEOLÓGICA
 SUELO ANTACOLLO (Anta)**

| Morfología del Perfil Modal | | Caracterización Ecogeográfica | |
|-----------------------------|----|---|---|
| 0 cm | A | Franco limoso. Color pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo, granular fino, medio; friable; raíces finas comunes. Límite de horizonte difuso, plano al. | Departamento : Cuzco Provincia : Espinar Distrito : Coporaque |
| 10 - | | | Suelo: Antacollo Calicata Nº: 25 |
| 12 - | | | Clasificación: US SOIL TAXONOMY: <i>Ustic Haplocryolls</i> |
| 20 - | AC | Franco arenoso. Color pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo, granular medio, moderado; firme; raíces finas pocas. Límite de horizonte claro, irregular al. | Unidad Geomorfológica: Montaña volcánica CUM*: P2sec |
| 28 - | | | Relieve: Quebrado Pendiente: < 15% Uso Actual: césped de puna |
| 35 - | C | Franco arenoso. Color pardo (10YR 4/4) en húmedo, sin estructura (Masivagrano simple), no adhesivo; Con 80 % de canto rodado de tamaño de gravas y guijarro en proporciones variable. Límite de horizonte difuso, irregular al. | Clima: Frio perhumedo Precipitación Mm. 900 T°C = 3 -6 |
| 45 - | | | Material Madre: Residual Distribución de raíces: 25 cm |
| 80 - | | | Altitud m.s.n.m 4,370 Pedregosidad Superficial: Muy Pedregoso (3) |
| | | | Vegetación: Pastos naturales altoandinos Régimen de Humedad : Ustico |
| | | | Drenaje: Bueno Régimen de Temperatura : Cryico |
| | | Permeabilidad: Moderadamente lenta Epipedón : Mólico | |
| | | Proceso Morfogenético: Erosión hídrica ligera Endopepedon : | |
| | | Prof. Napa Freática: No se observa Coordenadas UTM ** Observaciones | |
| | | Fecha: 18/12/2009 235 249 8 342 846 | |

ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO Y MECÁNICO

| Horizonte | Prof. cm. | pH | CO ₃ % | C.E dS/cm | C % | N % | M.O. % | Asimilables ppm | | Cambiables m.e/100 gr | | | | | | Sat. Bases % | Sat de Alum % | Análisis Mecánico % | | | Clase Textural |
|-----------|-----------|------|-------------------|-----------|------|------|--------|-----------------|-----|-----------------------|-------|------|------|------|------|--------------|---------------|---------------------|------|---------|----------------|
| | | | | | | | | P | K | C.I.C | Ca | Mg | K | Na | Al | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| A | 0 - 12 | 5,18 | 0,00 | 0,09 | 4,34 | 0,37 | 7,5 | 4,0 | 273 | 21,28 | 3,54 | 0,55 | 0,90 | 0,14 | 1,00 | 83,7 | 16,3 | 46 | 52 | 2 | Franco limoso |
| AC | 12 - 28 | 5,69 | 0,00 | 0,03 | 0,86 | 0,07 | 1,5 | 7,4 | 67 | 13,76 | 3,58 | 0,54 | 0,33 | 0,21 | 0,30 | 94,0 | 6,0 | 45 | 49 | 6 | Franco arenoso |
| C | 28 - 100 | 6,38 | 0,00 | 0,03 | 0,15 | 0,01 | 0,3 | 10,7 | 101 | 16,80 | 13,48 | 2,46 | 0,52 | 0,35 | 0,00 | 100,0 | 0,0 | 52 | 42 | 6 | Franco arenoso |

Perfil Modal



Paisaje representativo



* CUM: Capacidad de Uso Mayor
 ** Sistema PSAD 56



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA REPRESA DE ANGOSTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL A NIVEL DEFINITIVO

FICHA DE EVALUACIÓN DE CAMPO

26

**CARACTERIZACIÓN MORFOPEDEOLÓGICA
 SUELO PALLIAPATA (Pall)**

| Morfología del Perfil Modal | | Caracterización Eco geográfica | |
|-----------------------------|--|--|--|
| 0 cm | | Color pardo oscuro (7.5YR 3/2) en húmedo, granular fino, medio; Friable; raíces finas comunes. Límite de horizonte difuso, plano. al. | Departamento : Cuzco Provincia : Espinar Distrito : Espinar Suelo: Palliapata Calicata Nº: |
| 10 - | | Clasificación: US SOIL TAXONOMY: <i>Lithic Haplocryands</i> Unidad Geomorfológica: Terraza volcánica CUM*: Xse | Relieve: Plano Pendiente: < 15% Uso Actual: Pajonal de puna y afloramiento rocoso |
| 18 - | | Rocas volcánicas | Clima: Frio perhumado Precipitación Mm. 900 T°C = 3 - 6 Material Madre: Coluvial Distribución de raíces: 15 cm |
| 20 - | | | Altitud m.s.n.m 4,342 Pedregosidad Superficial: Muy pedregoso (3) |
| 35 - | | | Vegetación: Pastos naturales altoandinos Régimen de Humedad : Ustico Drenaje: Bueno Régimen de Temperatura : Cryico |
| 60 - | | | Permeabilidad: Moderado Epipedón : ócrico Proceso Morfogénico: Erosión hídrica ligera Endopepedon : |
| 80 - | | | Prof. Napa Freática: No se observa Coordenadas UTM ** Observaciones |
| 120 - | | | Fecha: 18/12/2009 234 333 8 343 684 |

ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO Y MECÁNICO

| Horizonte | Prof. cm. | pH | CO ₃ % | C.E dS/cm | C % | N % | M.O. % | Asimilables ppm | | Cambiables m.e/100 gr | | | | | | Sat. Bases % | Sat de Alum % | Análisis Mecánico % | | | Clase Textural |
|-----------|-----------|------|-------------------|-----------|------|------|--------|-----------------|-----|-----------------------|------|------|------|------|------|--------------|---------------|---------------------|------|---------|----------------|
| | | | | | | | | P | K | C.I.C | Ca | Mg | K | Na | Al | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| A | 0 - 15 | 5,01 | 0,00 | 0,08 | 1,85 | 0,16 | 3,2 | 8,3 | 211 | 16,96 | 8,79 | 2,15 | 0,80 | 0,19 | 0,50 | 96,0 | 4,0 | 66 | 32 | 2 | Franco arenoso |
| R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Perfil Modal



Paisaje representativo



* CUM: Capacidad de Uso Mayor
 ** Sistema PSAD 56



**CARACTERIZACIÓN MORFOPEDEOLÓGICA
 SUELO ICHOCOLLO (Icho)**

| Morfología del Perfil Modal | | Caracterización Ecogeográfica | |
|-----------------------------|----|--|---|
| 0 cm | A | Franco limoso, Color pardo muy oscuro (7.5YR 2.5/2) en húmedo, granular fino, medio; friable; raíces finas comunes. Reacción fuertemente ácida. Límite de horizonte difuso, plano al. | Departamento : Cuzco Provincia : Espinar Distrito : Espinar |
| 15 - | | | Suelo: Ichocollo Calicata Nº: 27 |
| 18 - | | | Clasificación: US SOIL TAXONOMY: <i>Cumulic Haplocryolls</i> |
| 35 - | AC | Franco, Color gris muy oscuro (7.5YR 3/1) en húmedo, granular medio, moderado; firme; raíces finas pocas. Reacción ligeramente ácida. Límite de horizonte difuso, irregular al. | Unidad Geomorfológica: CUM*: P3sw y Xsw |
| 55 - | | | Relieve: Plano a ligeramente inclinado Pendiente: < 25% Uso Actual: Vegetación hidromorfica |
| 60 - | C | Arcilloso, Color gris muy oscuro (7.5YR 3/1) en húmedo, sin estructura (masiva), firme, libre de fragmento groseros, ausencia de raíces. Reacción ligeramente ácida. | Clima: Frio - perhumado Precipitación Mm. 900 T°C = 3 - 6 |
| 70 - | | | Material Madre: Orgánico Distribución de raíces: 20 cm |
| 80 - | | | Altitud m.s.n.m 4.322 Pedregosidad Superficial: Libre |
| | | | Vegetación: Vegetación hidromorfica Régimen de Humedad : Ustico |
| | | | Drenaje: Pobre Régimen de Temperatura : Cryico |
| | | Permeabilidad: Lenta Epipedón : Mólico | Endopepedon : |
| | | Proceso Morfogenético: Erosión hídrica ligera | Coordenadas UTM ** Observaciones |
| | | Prof. Napa Freática: No se observa | 235 311 |
| | | Fecha: 18/12/2009 | 8 344 334 |

ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO Y MECÁNICO

| Horizonte | Prof. cm. | pH | CO ₃ % | C.E dS/cm | C % | N % | M.O. % | Asimilables ppm | | Cambiables m.e/100 gr | | | | | | Sat. Bases % | Sat de Alum % | Análisis Mecánico % | | | Clase Textural |
|-----------|-----------|------|-------------------|-----------|------|------|--------|-----------------|-----|-----------------------|-------|-------|------|------|------|--------------|---------------|---------------------|------|---------|----------------|
| | | | | | | | | P | K | C.I.C | Ca | Mg | K | Na | Al | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| A | 0 - 15 | 5,32 | 0,00 | 0,14 | 2,75 | 0,24 | 4,74 | 6,6 | 149 | 32 | 20,46 | 6,16 | 0,60 | 0,25 | 0,20 | 99,3 | 0,7 | 28 | 62 | 10 | Franco limoso |
| C | 15 - 55 | 6,20 | 0,00 | 0,10 | 1,49 | 0,13 | 2,57 | 11,3 | 122 | 30,40 | 21,08 | 8,50 | 0,53 | 0,29 | 0,00 | 100,0 | 0,0 | 25 | 49 | 26 | Franco |
| C2 | 55 - 80 | 6,37 | 0,00 | 0,09 | 0,53 | 0,05 | 0,92 | 4,5 | 101 | 42,08 | 27,10 | 12,16 | 0,43 | 0,44 | 0,00 | 100,0 | 0,0 | 29 | 29 | 42 | Arcilloso |

Perfil Modal



Paisaje representativo



* CUM: Capacidad de Uso Mayor
 ** Sistema PSAD 56



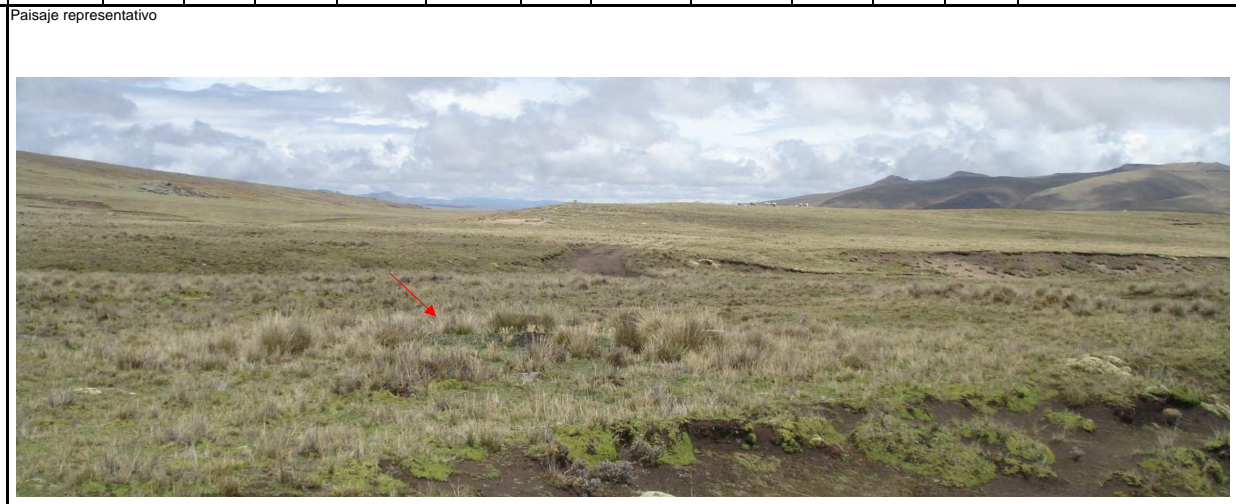
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA REPRESA DE ANGOSTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL A NIVEL DEFINITIVO

**CARACTERIZACIÓN MORFOPEDEOLÓGICA
 SUELO CCALLCCA (Cca)**

| Morfología del Perfil Modal | | Caracterización Ecogeográfica | |
|-----------------------------|---|---|--|
| 0 cm | A | Franco arenoso. Color gris muy oscuro (7.5YR 3/1) en húmedo, granular fino, medio; friable; raíces finas comunes. Reacción fuertemente ácida. Límite de horizonte difuso, plano al. | Departamento : Cuzco Provincia : Espinar Distrito : Suycutambo |
| 10 - 18 cm | | | Suelo : Ccallcca Calicata Nº: 28 |
| 18 - 20 cm | | AC | Franco arenoso. Color gris oscuro (2.5YR 4/1) en húmedo, granular medio, moderado; firme; raíces finas pocas. Reacción muy fuertemente ácida. Límite de horizonte claro, irregular al. |
| 20 - 35 cm | | | Unidad Geomorfológica: Planicie fluvio glaciar CUM*: P2sc, P3sc y Xse |
| 35 - 60 cm | C | Franco arenoso. Color amarillo parduzco (10YR 6/6) en húmedo, sin estructura (Masiva), no adhesivo; Con 80 % de canto rodado de tamaño de gravas y guijarro en proporciones variable. | Relieve: Plano a ondulado Pendiente: < 25% Uso Actual: Vegetación hidromorfica - pajonal de puna |
| 60 - 80 cm | | | Clima: Muy frío - húmedo Precipitación Mm. 900 T°C = 3 - 6 |
| 80 - 120 cm | | | Material Madre: Orgánico Distribución de raíces: 30 cm |
| | | | Altitud m.s.n.m 4.557 Pedregosidad Superficial: Libre |
| | | | Vegetación: Pastos naturales altoandinos Régimen de Humedad : Ustico |
| | | Drenaje: Bueno Régimen de Temperatura : Cryico | |
| | | Permeabilidad: Moderadamente rápida Epipedón : Mólico | |
| | | Proceso Morfogenético: Erosión hídrica ligera Endopepedon : | |
| | | Prof. Napa Freática: No se observa Coordenadas UTM ** | |
| | | Fecha: 19/12/2009 Observaciones | |
| | | | 229 954 8 332 707 |

ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO Y MECÁNICO

| Horizonte | Prof. cm. | pH | CO ₃ % | C.E dS/cm | C % | N % | M.O. % | Asimilables ppm | | Cambiables m.e/100 gr | | | | | | Sat. Bases % | Sat de Alum % | Análisis Mecánico % | | | Clase Textural |
|-----------|-----------|------|-------------------|-----------|------|------|--------|-----------------|-----|-----------------------|-------|------|------|------|------|--------------|---------------|---------------------|------|---------|----------------|
| | | | | | | | | P | K | C.I.C | Ca | Mg | K | Na | Al | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| A | 0 - 18 | 5,12 | 0,00 | 0,10 | 2,60 | 0,22 | 4,48 | 14,2 | 446 | 25,92 | 11,43 | 3,00 | 1,48 | 0,18 | 0,60 | 96,4 | 3,6 | 54 | 40 | 6 | Franco arenoso |
| AC | 18 - 35 | 4,87 | 0,00 | 0,06 | 1,80 | 0,16 | 3,11 | 8,8 | 551 | 28,80 | 12,56 | 3,35 | 1,67 | 0,25 | 1,20 | 93,7 | 6,3 | 74 | 18 | 8 | Franco arenoso |
| C | 35 - 90 | 5,09 | 0,00 | 0,03 | 0,63 | 0,05 | 1,09 | 6,7 | 256 | 17,28 | 11,93 | 3,27 | 1,03 | 0,24 | 0,80 | 95,4 | 4,6 | 64 | 30 | 6 | Franco arenoso |



* CUM: Capacidad de Uso Mayor
 ** Sistema PSAD 56



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA REPRESA DE ANGOSTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL A NIVEL DEFINITIVO

FICHA DE EVALUACIÓN DE CAMPO

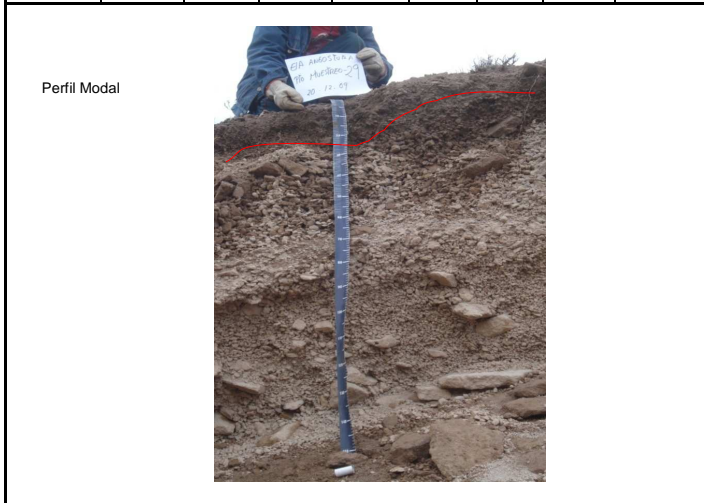
29

**CARACTERIZACIÓN MORFOPEDEOLÓGICA
 SUELO ALTARUMA (A1)**

| Morfología del Perfil Modal | | Caracterización Ecogeográfica | |
|-----------------------------|---|--|---|
| 0 cm | A | Arena franca. Color pardo (7.5YR 5/3) en húmedo, granular fino, medio; friable; raíces finas comunes. Reacción muy fuertemente ácida. Límite de horizonte difuso, plano al. | Departamento : Cuzco Provincia : Espinar Distrito : Tisco |
| 10 - | | | Suelo: Altaruma Calicata Nº: 29 |
| 15 - | C | Arena franca. Color gris rosáceo (7.5YR 7/2) en húmedo, granular medio, moderado; firme; raíces finas pocas. Reacción moderadamente ácida. Límite de horizonte claro, irregular al. | Clasificación: US SOIL TAXONOMY: Lithic Cryorthents |
| 20 - | | | Unidad Geomorfológica: Montaña volcánica CUM*: Xse |
| 35 - | | | Relieve: Quebrado Pendiente: > 75% Uso Actual: césped de puna - Afloramiento rocoso |
| 60 - | | | Clima: Frio perhumado Precipitación Mm. 900 T°C = 3 -6 |
| 80 - | | | Material Madre: coluvial Distribución de raíces: 15 cm |
| 120 - | | | Altitud m.s.n.m 4,165 Pedregosidad Superficial: Muy pedregoso (3) |
| | | | Vegetación: Pastos naturales altoandinos Régimen de Humedad : Ustico |
| | | | Drenaje: Bueno Régimen de Temperatura : Cryico |
| | | Permeabilidad: Rápida Epipedón : ócrico | |
| | | Proceso Morfogenético: Erosión hídrica severa Endopepedon : | |
| | | Prof. Napa Freática: No se observa Coordenadas UTM ** | |
| | | Fecha: 20/12/2009 Observaciones | |
| | | | 229 454 8 311 698 |

ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO Y MECÁNICO

| Horizonte | Prof. cm. | pH | CO ₃ % | C.E dS/cm | C % | N % | M.O. % | Asimilables ppm | | Cambiables m.e/100 gr | | | | | | Sat. Bases % | Sat de Alum % | Análisis Mecánico % | | | Clase Textural |
|-----------|-----------|------|-------------------|-----------|------|------|--------|-----------------|-----|-----------------------|------|------|------|------|------|--------------|---------------|---------------------|------|---------|----------------|
| | | | | | | | | P | K | C.I.C | Ca | Mg | K | Na | Al | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| A | 0 - 15 | 5,05 | 0,00 | 0,07 | 1,46 | 0,13 | 2,5 | 4,8 | 98 | 6,72 | 2,88 | 0,37 | 0,36 | 0,15 | 0,40 | 90,4 | 9,6 | 76 | 22 | 2 | Arena franca |
| C | 15 - 110 | 5,87 | 0,00 | 0,06 | 0,45 | 0,04 | 0,8 | 7,3 | 116 | 4,80 | 3,40 | 0,49 | 0,49 | 0,22 | 0,20 | 95,8 | 4,2 | 82 | 14 | 4 | Arena franca |



* CUM: Capacidad de Uso Mayor
 ** Sistema PSAD 56



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA REPRESA DE ANGOSTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL A NIVEL DEFINITIVO

FICHA DE EVALUACIÓN DE CAMPO 30

**CARACTERIZACIÓN MORFOPEDEOLÓGICA
SUELO TISCO (Ti)**

| Morfología del Perfil Modal | | Caracterización Ecogeográfica | |
|-----------------------------|-----|---|---|
| 0 cm | A | Franco arenoso. Color pardo (10YR 4/3) en húmedo, granular fino, medio; friable; raíces finas comunes. Reacción fuertemente ácida. Límite de horizonte difuso, plano al. | Departamento : Arequipa Provincia : Caylloma Distrito : Tisco |
| 12 - | | | Suelo: Tisco Calicata Nº: 30 |
| 20 - | C | Franco arenoso. Color pardo (10 YR 5/3) en húmedo, granular medio, moderado; firme; raíces finas pocas. Reacción ligeramente ácida. Límite de horizonte claro, irregular al. | Clasificación: US SOIL TAXONOMY: <i>Typic Cryorthents</i> |
| 55 - | | | Unidad Geomorfológica: Montaña volcánica CUM*: P2sc, P3se y Xse |
| 60 - | Cr2 | Franco arenoso. Color pardo muy pálido (10YR 7/3) en húmedo, sin estructura (grano simple), no adhesivo; Con 80 % de canto rodado de tamaño de gravas y guijarro en proporciones variable. Reacción moderadamente alcalino. | Relieve: Quebrado Pendiente: < 15% Uso Actual: césped de puna - Pajonal |
| 120 - | | | Clima: Frio - perhumado Precipitación Mm. 900 T°C = 3 - 6 |
| | | | Material Madre: Coluvial Distribución de raíces: 12 cm |
| | | | Altitud m.s.n.m 4,308 Pedregosidad Superficial: Pedregoso (2) |
| | | | Vegetación: Pastos naturales altoandinos Régimen de Humedad : Ustico |
| | | | Drenaje: Bueno Régimen de Temperatura : Cryico |
| | | | Permeabilidad: Moderada Epipedón : ócrico |
| | | | Proceso Morfogénico: Erosión hídrica ligera Endopepedón : |
| | | | Prof. Napa Freática: No se observa Coordenadas UTM ** Observaciones |
| | | | Fecha: 20/12/2009 237 626 8 303 071 |

ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO Y MECÁNICO

| Horizonte | Prof. cm. | pH | CO ₃ % | C.E dS/cm | C % | N % | M.O. % | Asimilables ppm | | Cambiables m.e/100 gr | | | | | | Sat. Bases % | Sat de Alum % | Análisis Mecánico % | | | Clase Textural |
|-----------|-----------|------|-------------------|-----------|------|------|--------|-----------------|-----|-----------------------|-------|------|------|------|------|--------------|---------------|---------------------|------|---------|----------------|
| | | | | | | | | P | K | C.I.C | Ca | Mg | K | Na | Al | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| A | 0 - 12 | 5,28 | 0,00 | 0,11 | 1,56 | 0,13 | 2,7 | 11,7 | 371 | 21,28 | 16,84 | 2,66 | 1,28 | 0,20 | 0,30 | 98,6 | 1,4 | 58 | 36 | 6 | Franco arenoso |
| C | 12 - 55 | 6,49 | 0,00 | 0,05 | 0,59 | 0,05 | 1,0 | 10,4 | 89 | 24,48 | 21,36 | 2,43 | 0,42 | 0,27 | 0,00 | 100,0 | 0,0 | 68 | 16 | 16 | Franco arenoso |
| Cr2 | 55 - 100 | 7,90 | 1,50 | 0,10 | 0,36 | 0,03 | 0,6 | 6,2 | 69 | 24,64 | 22,93 | 1,15 | 0,31 | 0,25 | 0,00 | 100,0 | 0,0 | 80 | 10 | 10 | Franco arenoso |

Perfil Modal



Paisaje representativo



* CUM: Capacidad de Uso Mayor
** Sistema PSAD 56



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA REPRESA DE ANGOSTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL A NIVEL DEFINITIVO

FICHA DE EVALUACIÓN DE CAMPO

31

**CARACTERIZACIÓN MORFOPEDEOLÓGICA
 SUELO FLUVIAL II (FIV)**

| Morfología del Perfil Modal | | Caracterización Ecogeográfica | |
|-----------------------------|---|--|--|
| 0 cm | A | Franco arenoso. Color pardo olivo claro (2.5YR 5/3) en húmedo, granular fino, medio; friable; raíces finas comunes. Reacción Moderadamente ácida. Límite de horizonte difuso, plano al. | Departamento : Arequipa Provincia : Caylloma Distrito : Callalli |
| 10 - | | | Suelo: Fluvial II Calicata Nº: 31 |
| 18 - | C | Arenoso. Color pardo grisáceo (2.5YR 5/2) en húmedo, granular medio, moderado; firme; raíces finas pocas. Reacción neutro. | Clasificación: US SOIL TAXONOMY: <i>Typic Cryofluvents</i> |
| 20 - | | | Unidad Geomorfológica: Planicie aluvial CUM*: P3s |
| 35 - | | | Relieve: Plano Pendiente: < 15% Uso Actual: Pastos naturales |
| 60 - | | | Clima: Frio perhumado Precipitación Mm. 900 T°C = 3 - 6 |
| 80 - | | | Material Madre: Aluvial Distribución de raíces: |
| 120 - | | | Altitud m.s.n.m 3.820 Pedregosidad Superficial: 18 cm |
| | | | Vegetación: Pastos naturales altoandinos Régimen de Humedad : Ustico |
| | | | Drenaje: Bueno Régimen de Temperatura : Cryico |
| | | | Permeabilidad: Rápida Epipedón : ócrico |
| | | | Proceso Morfogénico: Erosión hidrica ligera Endopepedon : |
| | | Prof. Napa Freática: No se observa Coordenadas UTM ** | |
| | | Fecha: 20/12/2009 Observaciones | |
| | | | 237 059 8 285 096 |

ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO Y MECÁNICO

| Horizonte | Prof. cm. | pH | CO ₃ % | C.E dS/cm | C % | N % | M.O. % | Asimilables ppm | | Cambiables m.e/100 gr | | | | | | Sat. Bases % | Sat de Alum % | Análisis Mecánico % | | | Clase Textural |
|-----------|-----------|------|-------------------|-----------|------|------|--------|-----------------|-----|-----------------------|------|------|------|------|------|--------------|---------------|---------------------|------|---------|----------------|
| | | | | | | | | P | K | C.I.C | Ca | Mg | K | Na | Al | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| A | 0 - 18 | 5,79 | 0,00 | 0,14 | 1,54 | 0,13 | 2,7 | 16,9 | 864 | 14,88 | 9,26 | 2,96 | 2,22 | 0,25 | 0,20 | 98,7 | 1,3 | 60 | 36 | 4 | Franco arenoso |
| C | 18 - 100 | 6,88 | 0,00 | 0,05 | 0,30 | 0,03 | 0,5 | 3,7 | 321 | 4,32 | 1,85 | 1,37 | 0,85 | 0,26 | 0,00 | 100,0 | 0,0 | 100 | 0 | 0 | Arenoso |

Perfil Modal



Paisaje representativo



* CUM: Capacidad de Uso Mayor
 ** Sistema PSAD 56

CARACTERÍSTICAS EDAFOLÓGICAS

1. Textura del Suelo

Cuadro N° 1: Clasificación de las Clases Texturales del Suelo por su Granulometría (*)

| Clase | Clase textural |
|----------------------|---|
| Gruesa | Arena, Arena Franca |
| Moderadamente Gruesa | Franco Arenosa |
| Media | Franco, Franco Limosa, Limo |
| Fina | Franco Arcilloso, Franco Arcillo Arenoso, Franco Arcillo Limoso, Arcillo Arenoso, Arcillo Limoso, Arcilla |
| Muy Fina | Mayor de 60% de arcilla |

Soil Survey Manual 1993.

Cuadro N° 2: Relación de las Clases Texturales del Suelo con la Densidad, Porosidad, Coeficientes Hídricos y Espacio Aéreo

| Parámetro | Clase textural | | | | |
|---|----------------|----------------|-----------|------------------|---------|
| | Arena | Franco Arenoso | Franco | Franco Arcilloso | Arcilla |
| Densidad aparente (g/cm ³) | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 |
| Porosidad Total (%) | 36 | 40 | 43 | 47 | 51 |
| Capacidad de Campo (% humedad Gravimétrica) | 8 - 10 | 14 - 17 | 17 - 20 | 22 - 26 | 30 - 36 |
| Punto de Marchites (% humedad Gravimétrica) | 3 - 4,5 | 6 - 7,5 | 7,5 - 9,5 | 9,5 - 11 | 11 - 19 |
| Espacio Aéreo (%) | 22,7 | 18 | 17,2 | 15,4 | 8,1 |

Soil Survey Manual 1993.

Cuadro N° 3: Fragmentos gruesos

| Clase | Diámetro (cm) |
|-----------|---------------|
| Gravillas | 0,2 - 2 |
| Gravas | 2 - 5 |
| Guijarros | 5 - 25 |
| Piedras | Mayor de 25 |

Soil Survey Manual 1993.

Cuadro N° 4: Porcentaje de saturación de bases

| Nivel | % |
|-------|---------|
| Bajo | < de 35 |
| Medio | 35 - 80 |
| Alto | > de 80 |

Soil Survey Manual 1993.

Cuadro Nº 5: Relación de la Clase Textural del Suelo con la Tasa de Infiltración (Entrada de Agua al Perfil del Suelo)

| Clase textural | Infiltración (cm/h) | Niveles de ponderación |
|------------------|---------------------|------------------------|
| Arena | 5,0 | Muy Rápida |
| Franco Arenoso | 2,5 | Rápida |
| Franco | 1,3 | Moderada |
| Franco Arcilloso | 0,8 | Lenta |
| Arcilla | 0,5 | Muy Lenta |

Soil Survey Manual 1993.

Cuadro Nº 6: Clases de profundidad efectiva

| Profundidad Efectiva | |
|------------------------|------------|
| Termino Descriptivo | Rango (cm) |
| Efímero | < 5 |
| Muy superficial | 5 - 25 |
| Superficial | 25 – 50 |
| Moderadamente profundo | 50 –100 |
| Profundo | 100 – 150 |
| Muy profundo | > de 150 |

Soil Survey Manual 1993.

2. Reacción del Suelo (pH)

Cuadro Nº 7: Clasificación de los Valores de pH en relación con el crecimiento de las Plantas (*)

| Niveles de ponderación | Rango |
|--------------------------|-----------|
| Extremadamente ácida | < 4,5 |
| Muy fuertemente ácida | 4,5 – 5,0 |
| Fuertemente ácida | 5,1 – 5,5 |
| Modernamente ácida | 5,6 – 6,0 |
| Ligeramente ácida | 6,1 – 6,5 |
| Neutro | 6,6 – 7,3 |
| Ligeramente alcalino | 7,4 – 7,8 |
| Moderadamente alcalino | 7,9 – 8,4 |
| Fuertemente alcalino | 8,5 – 9,0 |
| Muy Fuertemente alcalino | > 9,1 |

* Soil Survey Manual. 1993

3. Conductividad Eléctrica:

Cuadro Nº 8: Clasificación de los Niveles de Conductividad Eléctrica (*)

| Niveles de ponderación | Rango |
|--------------------------|-------------|
| No hay problema de sales | < 2 dS/m |
| Ligera salinidad | 2 – 4 dS/m |
| Moderada salinidad | 4 – 8 dS/m |
| Fuerte salinidad | 8 – 16 dS/m |
| Muy fuerte salinidad | > 16 dS/m |

* Soil Survey Manual. 1993.

4. Capacidad de Intercambio Catiónico

Cuadro Nº 9: Clasificación de la Capacidad de Intercambio Catiónico del Suelo (*)

| Niveles de ponderación | Rango |
|------------------------|------------------|
| Muy bajo | < 5 meq/100g |
| Bajo | 5 – 10 meq/100g |
| Medio | 10 – 15 meq/100g |
| Alto | 15 – 20 meq/100g |
| Muy alto | > 20 meq/100g |

* Soil Survey Manual. 1993.

5. Salinidad de Suelos

Cuadro Nº 10: Clasificación de Suelos Salinos (*)

| Parámetro | Clase de suelos | | | |
|-------------|-----------------|--------|--------|---------------|
| | Normal | Salino | Sódico | Salino Sódico |
| pH | < 8,5 | < 8,5 | > 8,5 | > 8,5 |
| C.E. (dS/m) | < 4 | > 4 | < 4 | > 4 |
| P.S.I. (%) | < 15 | < 15 | > 15 | > 15 |

* Soil Survey Manual. 1993

Cuadro N° 11: Clasificación de la Salinidad de Suelos de Acuerdo a la respuesta de los Cultivos (*)

| Tipo de Suelo | Salinidad | C.E. (ds/m) | Efectos |
|---------------|------------|-------------|---|
| Normales | Muy Ligera | 0 - 2 | Casi Nulos Normales |
| | Ligera | 2 - 4 | Puede Afectar a Cultivos Sensibles |
| Salinos | Media | 4 - 8 | La mayoría de cultivos son afectados |
| | Fuerte | 8 - 16 | Sólo pueden prosperar cultivos Tolerantes |
| | Muy Fuerte | > 16 | Solo desarrollan cultivos muy Tolerantes |

* Soil Survey Manual. 1993

6. Contenido de Carbonatos (%)

Cuadro N° 12: Clasificación del Contenido de Carbonatos en Suelos (*)

| Niveles de ponderación | Rango |
|------------------------|---------|
| Bajo | < 1% |
| Medio | 1 – 5% |
| Alto | 5 - 15% |
| Muy Alto | > 15% |

*Soil Survey Manual. 1993

7. Contenido de Materia Orgánica

Cuadro N° 13: Clasificación del Contenido de Materia Orgánica en los Suelos (*)

| Niveles de ponderación | Rango |
|------------------------|--------|
| Bajo | < 2% |
| Medio | 2 – 4% |
| Alto | >4% |

* Soil Survey Manual. 1993.

8. Contenido de Nutrientes

Cuadro N° 14: Clasificación del Contenido de Macronutrientes en el Suelo (*)

| Niveles de ponderación | % N | ppm P | ppm K |
|------------------------|-----------|--------|-----------|
| Bajo | < 0,1 | < 7 | < 100 |
| Medio | 0,1 – 0,2 | 7 - 14 | 100 - 240 |
| Alto | > 0,2 | > 14 | > 240 |

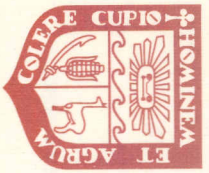
* Soil Survey Manual. 1993.

9. Relaciones Catiónicas Adecuadas

**Cuadro N° 15: Clasificación de las Relaciones
Catiónicas en Suelos**

| Niveles de ponderación | Relaciones catiónicas | | |
|-------------------------|-----------------------|-------|---------|
| | K/Mg | Ca/Mg | Ca/K |
| Normal | 0,2 – 0,3 | 5 - 9 | 14 - 16 |
| Deficiencia de Magnesio | > 0,5 | -- | -- |
| Deficiencia de Potasio | -- | -- | > 0,2 |
| Deficiencia de Magnesio | -- | > 10 | -- |

* Soil Survey Manual. 1993.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante :

CESEL S.A.

Departamento :

AREQUIPA/CUSCO

Distrito :

Referencia :

H.R. 25196-076C-10

Fact.: 16574

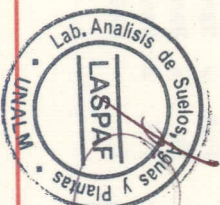
Provincia : CALLUMA/ESPINAR

Predio :

Fecha : 08-01-10

| Lab | Número de Muestra Campo | pH (1:1) | C.E. (1:1) ds/m | CaCO ₃ % | M.O. % | P ppm | K ppm | Análisis Mecánico | | | Clase Textural | CIC | Cationes Cambiables | | | | | Suma de Cationes | Suma de Bases | % Sat. De Bases |
|-------|----------------------------|-------------|-----------------------|------------------------|-----------|----------|----------|-------------------|-----------|--------------|-------------------|-------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | Arena % | Limo % | Arcilla % | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Al ³⁺ + H ⁺ | | | |
| 13103 | M-1-1 | 5.40 | 0.12 | 0.00 | 3.48 | 3.4 | 123 | 60 | 38 | 2 | Fr.A. | 17.60 | 13.75 | 2.56 | 0.70 | 0.39 | 0.20 | 17.60 | 17.40 | 99 |
| 13104 | M-1-2 | 5.51 | 0.04 | 0.00 | 1.76 | 4.0 | 291 | 37 | 51 | 12 | Fr.L. | 17.28 | 13.00 | 2.51 | 0.83 | 0.46 | 0.30 | 17.10 | 16.80 | 97 |
| 13105 | M-1-3 | 6.26 | 0.02 | 0.00 | 0.23 | 4.3 | 99 | 86 | 10 | 4 | A.Fr. | 8.80 | 6.10 | 1.90 | 0.44 | 0.36 | 0.00 | 8.80 | 8.80 | 100 |
| 13106 | M-2-1 | 4.82 | 0.20 | 0.00 | 5.82 | 3.4 | 171 | 68 | 28 | 4 | Fr.A. | 16.64 | 8.19 | 0.79 | 0.78 | 0.28 | 0.40 | 10.44 | 10.04 | 60 |
| 13107 | M-2-2 | 5.44 | 0.04 | 0.00 | 1.20 | 1.1 | 170 | 68 | 26 | 6 | Fr.A. | 8.64 | 3.89 | 0.62 | 0.65 | 0.35 | 0.40 | 5.90 | 5.50 | 64 |
| 13108 | M-2-3 | 5.75 | 0.06 | 0.00 | 0.56 | 9.5 | 195 | 46 | 32 | 22 | Fr. | 15.52 | 11.68 | 2.64 | 0.69 | 0.41 | 0.10 | 15.52 | 15.42 | 99 |
| 13109 | M-3-1 | 4.89 | 0.06 | 0.00 | 3.47 | 3.8 | 149 | 72 | 22 | 6 | Fr.A. | 8.96 | 2.27 | 0.31 | 0.42 | 0.26 | 0.90 | 4.17 | 3.27 | 36 |
| 13110 | M-3-2 | 5.52 | 0.02 | 0.00 | 0.85 | 1.2 | 101 | 76 | 16 | 8 | Fr.A. | 8.32 | 5.71 | 1.09 | 0.47 | 0.35 | 0.70 | 8.32 | 7.62 | 92 |
| 13111 | M-4-1 | 6.06 | 0.18 | 0.00 | 6.69 | 7.3 | 301 | 64 | 30 | 6 | Fr.A. | 21.44 | 14.44 | 5.08 | 0.88 | 0.58 | 0.00 | 20.98 | 20.98 | 98 |
| 13112 | M-4-2 | 5.05 | 0.05 | 0.00 | 2.22 | 8.7 | 305 | 56 | 36 | 8 | Fr.A. | 15.68 | 7.31 | 1.07 | 0.84 | 0.29 | 0.90 | 10.41 | 9.51 | 61 |
| 13113 | M-5-1 | 5.18 | 0.12 | 0.00 | 4.17 | 5.5 | 277 | 46 | 48 | 6 | Fr.A. | 16.00 | 3.52 | 0.61 | 0.84 | 0.21 | 0.70 | 5.87 | 5.17 | 32 |
| 13114 | M-5-2 | 5.38 | 0.05 | 0.00 | 2.11 | 4.0 | 531 | 60 | 36 | 4 | Fr.A. | 25.60 | 7.77 | 1.78 | 1.54 | 0.56 | 0.60 | 12.24 | 11.64 | 45 |

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.A.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso.
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CESEL S.A.

Departamento : AREQUIPA/CUSCO

Distrito :

Referencia : H.R. 25196-076C-10

Fact.: 16574

Provincia : CALLOMA/ESPINAR

Predio :

Fecha : 08-01-10

| Lab | Número de Muestra Campo | pH (1:1) | C.E. (1:1) ds/m | CaCO ₃ % | M.O. % | P ppm | K ppm | Análisis Mecánico | | | Clase Textural | CIC | Cationes Cambiables | | | | | Suma de Cationes | Suma de Bases | % Sat. De Bases |
|-------|----------------------------|-------------|-----------------------|------------------------|-----------|----------|----------|-------------------|-----------|--------------|-------------------|-------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | Arena % | Limo % | Arcilla % | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Al ³⁺ + H ⁺ | | | |
| 13115 | M-5-3 | 6.09 | 0.05 | 0.00 | 1.06 | 6.7 | 267 | 52 | 30 | 18 | Fr. | 27.20 | 11.39 | 2.62 | 1.04 | 1.08 | 0.00 | 16.12 | 16.12 | 59 |
| 13116 | M-6-1 | 4.72 | 0.12 | 0.00 | 2.27 | 28.3 | 382 | 62 | 32 | 6 | Fr.A. | 14.08 | 4.76 | 0.73 | 1.11 | 0.30 | 1.10 | 8.01 | 6.91 | 49 |
| 13117 | M-7-1 | 4.95 | 0.10 | 0.00 | 6.38 | 6.5 | 239 | 60 | 38 | 2 | Fr.A. | 16.00 | 4.29 | 0.99 | 0.72 | 0.27 | 0.80 | 7.07 | 6.27 | 39 |
| 13118 | M-7-2 | 4.88 | 0.05 | 0.00 | 5.88 | 5.5 | 151 | 68 | 30 | 2 | Fr.A. | 16.48 | 2.10 | 0.42 | 0.51 | 0.34 | 1.00 | 4.36 | 3.36 | 20 |
| 13119 | M-7-3 | 5.34 | 0.03 | 0.00 | 1.54 | 10.0 | 89 | 62 | 30 | 8 | Fr.A. | 7.20 | 4.81 | 0.75 | 0.36 | 0.30 | 0.30 | 6.53 | 6.23 | 86 |
| 13120 | M-8-1 | 6.08 | 0.33 | 0.00 | 33.10 | 44.2 | 773 | | | | Suelo Orgánico | 41.92 | 20.38 | 6.00 | 1.65 | 0.97 | 0.00 | 29.00 | 29.00 | 69 |
| 13121 | M-8-2 | 5.42 | 0.06 | 0.00 | 2.35 | 10.5 | 560 | 76 | 20 | 4 | A.Fr. | 20.48 | 11.94 | 5.83 | 1.26 | 0.48 | 0.10 | 19.61 | 19.51 | 95 |
| 13122 | M-8-3 | 4.72 | 0.05 | 0.00 | 0.70 | 17.7 | 432 | 92 | 6 | 2 | A. | 7.68 | 3.03 | 2.17 | 1.12 | 0.46 | 0.90 | 7.68 | 6.78 | 88 |
| 13123 | M-9-1 | 4.97 | 0.09 | 0.00 | 3.08 | 12.1 | 274 | 52 | 40 | 8 | Fr. | 21.44 | 10.69 | 3.26 | 0.83 | 0.18 | 0.60 | 15.56 | 14.96 | 70 |
| 13124 | M-9-2 | 5.56 | 0.07 | 0.00 | 1.49 | 5.5 | 396 | 36 | 32 | 32 | Fr.Ar. | 53.60 | 28.88 | 12.66 | 1.18 | 0.38 | 0.10 | 43.20 | 43.10 | 80 |
| 13125 | M-9-3 | 6.10 | 0.04 | 0.00 | 0.89 | 13.8 | 543 | 60 | 28 | 12 | Fr.A. | 65.60 | 34.52 | 15.16 | 1.53 | 0.44 | 0.00 | 51.66 | 51.66 | 79 |
| 13126 | M-9-4 | 6.42 | 0.04 | 0.00 | 0.65 | 10.9 | 512 | 50 | 34 | 16 | Fr. | 62.40 | 33.12 | 15.83 | 1.42 | 0.47 | 0.00 | 50.84 | 50.84 | 81 |

A = Arena ; A.Fr. = Franco Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CESEL S.A.

Departamento : AREQUIPA/CUSCO

Distrito : AREQUIPA/CUSCO

Referencia : H.R. 25196-076C-10

Fact.: 16574

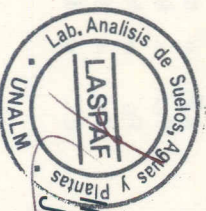
Provincia : CALLOMA/ESPINAR

Predio :

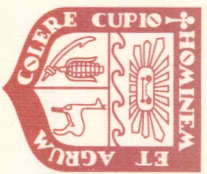
Fecha : 08-01-10

| Lab | Número de Muestra Campo | pH (1:1) | C.E. (1:1) ds/m | CaCO ₃ % | M.O. % | P ppm | K ppm | Análisis Mecánico | | | Clase Textural | CIC | Cationes Cambiables | | | | | Suma de Cationes | Suma de Bases | Sat. De Bases % |
|-------|----------------------------|-------------|-----------------------|------------------------|-----------|----------|----------|-------------------|-----------|--------------|-------------------|-------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | Arena % | Limo % | Arcilla % | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Al ³⁺ + H ⁺ | | | |
| 13127 | M-10-1 | 4.85 | 0.06 | 0.00 | 2.92 | 6.2 | 124 | 72 | 22 | 6 | Fr.A. | 7.68 | 1.77 | 0.33 | 0.42 | 0.34 | 0.60 | 3.46 | 2.86 | 37 |
| 13128 | M-11-1 | 6.34 | 0.50 | 0.00 | 8.09 | 9.2 | 156 | | | | Suelo Orgánico | 28.80 | 23.25 | 1.66 | 0.47 | 0.44 | 0.00 | 25.82 | 25.82 | 90 |
| 13129 | M-11-2 | 6.30 | 0.27 | 0.00 | 13.75 | 17.0 | 68 | | | | Suelo Orgánico | 30.40 | 25.08 | 1.64 | 0.26 | 0.39 | 0.00 | 27.36 | 27.36 | 90 |
| 13130 | M-12-1 | 4.58 | 0.11 | 0.00 | 8.49 | 4.8 | 181 | 44 | 54 | 2 | Fr.L. | 20.80 | 3.11 | 0.46 | 0.52 | 0.39 | 2.80 | 7.29 | 4.49 | 22 |
| 13131 | M-12-2 | 4.89 | 0.04 | 0.00 | 3.58 | 4.3 | 81 | 54 | 40 | 6 | Fr.A. | 14.08 | 2.92 | 0.50 | 0.33 | 0.32 | 1.40 | 5.48 | 4.08 | 29 |
| 13132 | M-13-1 | 5.48 | 0.07 | 0.00 | 3.96 | 7.0 | 101 | 64 | 34 | 2 | Fr.A. | 12.80 | 4.58 | 0.37 | 0.34 | 0.30 | 0.20 | 5.79 | 5.59 | 44 |
| 13133 | M-13-2 | 6.03 | 0.05 | 0.00 | 1.03 | 2.6 | 92 | 46 | 46 | 8 | Fr. | 7.68 | 4.24 | 0.50 | 0.34 | 0.28 | 0.00 | 5.36 | 5.36 | 70 |
| 13134 | M-14-1 | 4.93 | 0.15 | 0.00 | 15.80 | 4.7 | 522 | | | | Suelo Orgánico | 35.68 | 18.34 | 7.85 | 1.39 | 0.26 | 0.20 | 28.04 | 27.84 | 78 |
| 13135 | M-14-2 | 5.40 | 0.07 | 0.00 | 2.60 | 2.9 | 243 | 52 | 42 | 6 | Fr.A. | 19.20 | 10.10 | 3.61 | 0.96 | 0.30 | 0.30 | 15.26 | 14.96 | 78 |
| 13136 | M-14-3 | 5.91 | 0.04 | 0.00 | 1.82 | 2.0 | 248 | 50 | 28 | 22 | Fr. | 15.04 | 10.16 | 3.32 | 1.05 | 0.30 | 0.20 | 15.04 | 14.84 | 99 |
| 13137 | M-15-1 | 5.09 | 0.08 | 0.00 | 8.05 | 35.3 | 163 | 72 | 18 | 10 | Fr.A. | 17.28 | 5.51 | 0.54 | 0.55 | 0.27 | 0.40 | 7.26 | 6.86 | 40 |
| 13138 | M-15-2 | 5.52 | 0.04 | 0.00 | 2.50 | 39.3 | 92 | 72 | 22 | 6 | Fr.A. | 15.68 | 3.96 | 0.27 | 0.34 | 0.44 | 0.20 | 5.21 | 5.01 | 32 |

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CESEL S.A.

Departamento : AREQUIPACUSCO

Distrito :

Referencia : H.R. 25196-076C-10

Provincia : CALLONMAESPINAR

Predio :

Fecha : 08-01-10

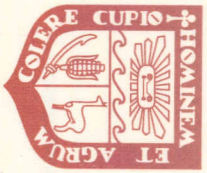
Fact.: 16574

| Lab | Número de Muestra Campo | C.E. (1:1) pH ds/m | CaCO ₃ % | M.O. % | P ppm | K ppm | Análisis Mecánico | | | Clase Textural | CIC | Cationes Cambiables | | | | | Suma de Cationes | Suma de Bases | Sat. De Bases % | |
|-------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------|----------|----------|-------------------|-----------|--------------|-------------------|----------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|-----|
| | | | | | | | Arena % | Limo % | Arcilla % | | | Ca ⁺² | Mg ⁺² | K ⁺ | Na ⁺ | Al ⁺³ + H ⁺ | | | | |
| 13139 | M-15-3 | 5.63 | 0.04 | 0.00 | 0.65 | 11.4 | 118 | 72 | 22 | 6 | Fr.A. | 11.20 | 7.80 | 0.96 | 0.48 | 0.42 | 0.20 | 9.86 | 9.66 | 86 |
| 13140 | M-16-1 | 5.61 | 0.07 | 0.00 | 3.65 | 3.8 | 314 | 56 | 40 | 4 | Fr.A. | 15.52 | 6.79 | 1.36 | 1.00 | 0.29 | 0.80 | 10.24 | 9.44 | 61 |
| 13141 | M-16-2 | 5.32 | 0.05 | 0.00 | 1.18 | 7.1 | 63 | 86 | 10 | 4 | A.Fr. | 14.08 | 9.88 | 2.02 | 0.28 | 0.30 | 0.50 | 12.98 | 12.48 | 89 |
| 13142 | M-17-1 | 4.54 | 0.09 | 0.00 | 4.17 | 15.2 | 234 | 62 | 34 | 4 | Fr.A. | 17.60 | 6.94 | 1.95 | 0.79 | 0.28 | 0.70 | 10.66 | 9.96 | 57 |
| 13143 | M-17-2 | 5.20 | 0.09 | 0.00 | 2.10 | 8.0 | 424 | 52 | 18 | 30 | Fr.Ar.A. | 20.16 | 12.36 | 4.31 | 1.32 | 0.37 | 0.20 | 18.56 | 18.36 | 91 |
| 13144 | M-17-3 | 6.42 | 0.19 | 0.00 | 1.27 | 3.4 | 582 | 40 | 10 | 50 | Ar. | 28.48 | 18.38 | 7.83 | 1.85 | 0.42 | 0.00 | 28.48 | 28.48 | 100 |
| 13145 | M-18-1 | 4.27 | 0.09 | 0.00 | 3.96 | 9.1 | 238 | 56 | 40 | 4 | Fr.A. | 17.60 | 3.47 | 0.65 | 0.81 | 0.32 | 4.00 | 9.25 | 5.25 | 30 |
| 13146 | M-18-2 | 4.30 | 0.04 | 0.00 | 2.11 | 17.8 | 178 | 58 | 36 | 6 | Fr.A. | 14.40 | 1.93 | 0.36 | 0.64 | 0.34 | 4.40 | 7.66 | 3.26 | 23 |
| 13147 | M-19-1 | 5.56 | 0.07 | 0.00 | 2.30 | 4.8 | 138 | 68 | 26 | 6 | Fr.A. | 17.28 | 11.22 | 4.94 | 0.54 | 0.38 | 0.20 | 17.28 | 17.08 | 99 |
| 13148 | M-19-2 | 5.32 | 0.04 | 0.00 | 1.63 | 2.8 | 104 | 64 | 20 | 16 | Fr.A. | 16.32 | 10.66 | 4.43 | 0.45 | 0.58 | 0.20 | 16.32 | 16.12 | 99 |
| 13149 | M-19-3 | 6.82 | 0.16 | 0.00 | 1.18 | 3.1 | 95 | 44 | 32 | 24 | Fr. | 56.00 | 34.31 | 16.16 | 0.33 | 0.85 | 0.00 | 51.65 | 51.65 | 92 |
| 13150 | M-20-1 | 5.92 | 0.09 | 0.00 | 1.87 | 3.8 | 388 | 70 | 24 | 6 | Fr.A. | 8.00 | 4.40 | 1.91 | 1.23 | 0.36 | 0.10 | 8.00 | 7.90 | 99 |

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso.
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Mig. Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CESEL S.A.

Departamento : AREQUIPACUSCO

Distrito :

Referencia : H.R. 25196-076C-10

Provincia : CALLLOMA/ESPINAR

Predio :

Fecha : 08-01-10

Fact.: 16574

| Lab | Número de Muestra Campo | pH (1:1) | C.E. (1:1) dS/m | CaCO ₃ % | M.O. % | P ppm | K ppm | Análisis Mecánico | | | Clase Textural | CIC | Cationes Cambiables | | | | | Suma de Cationes | Suma de Bases | Sat. De Bases % |
|-------|----------------------------|-------------|-----------------------|------------------------|-----------|----------|----------|-------------------|-----------|--------------|-------------------|-------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | Arena % | Limo % | Arcilla % | | | Ca ⁺² | Mg ⁺² | K ⁺ | Na ⁺ | Al ⁺³ + H ⁺ | | | |
| 13151 | M-20-2 | 6.26 | 0.08 | 0.00 | 1.97 | 4.0 | 347 | 70 | 24 | 6 | Fr.A. | 6.56 | 3.77 | 1.27 | 1.22 | 0.30 | 0.00 | 6.56 | 6.56 | 100 |
| 13152 | M-20-3 | 6.82 | 0.33 | 0.00 | 0.65 | 3.7 | 545 | 28 | 64 | 8 | Fr.L. | 8.32 | 4.94 | 1.27 | 1.31 | 0.53 | 0.00 | 8.05 | 8.05 | 97 |
| 13153 | M-21-1 | 5.44 | 0.10 | 0.00 | 1.59 | 16.1 | 231 | 90 | 8 | 2 | A. | 10.40 | 7.17 | 1.94 | 0.90 | 0.29 | 0.10 | 10.40 | 10.30 | 99 |
| 13154 | M-21-2 | 5.98 | 0.21 | 0.00 | 3.95 | 45.7 | 824 | 74 | 20 | 6 | Fr.A. | 14.72 | 8.94 | 3.10 | 2.29 | 0.19 | 0.20 | 14.72 | 14.52 | 99 |
| 13155 | M-22-1 | 4.89 | 0.10 | 0.00 | 4.96 | 16.6 | 503 | 42 | 48 | 10 | Fr. | 22.40 | 11.37 | 2.72 | 1.58 | 0.27 | 0.90 | 16.84 | 15.94 | 71 |
| 13156 | M-22-2 | 5.28 | 0.09 | 0.00 | 3.44 | 26.7 | 188 | 40 | 38 | 22 | Fr. | 23.20 | 15.75 | 3.30 | 0.87 | 0.45 | 0.20 | 20.57 | 20.37 | 88 |
| 13157 | M-23-1 | 5.04 | 0.15 | 0.00 | 2.99 | 8.1 | 186 | 60 | 30 | 10 | Fr.A. | 30.40 | 22.58 | 6.66 | 0.71 | 0.25 | 0.20 | 30.40 | 30.20 | 99 |
| 13158 | M-23-2 | 5.83 | 0.04 | 0.00 | 1.27 | 9.7 | 71 | 58 | 24 | 18 | Fr.A. | 47.20 | 34.73 | 9.00 | 0.34 | 0.57 | 0.20 | 44.84 | 44.64 | 95 |
| 13159 | M-23-3 | 7.12 | 0.12 | 0.00 | 1.12 | 1.7 | 31 | 72 | 18 | 10 | Fr.A. | 48.32 | 37.21 | 10.16 | 0.16 | 0.79 | 0.00 | 48.32 | 48.32 | 100 |
| 13160 | M-24-1 | 5.05 | 0.10 | 0.00 | 4.73 | 5.4 | 216 | 62 | 34 | 4 | Fr.A. | 28.00 | 16.23 | 5.03 | 0.82 | 0.21 | 0.50 | 22.78 | 22.28 | 80 |
| 13161 | M-24-2 | 5.52 | 0.09 | 0.00 | 2.08 | 3.3 | 220 | 48 | 32 | 20 | Fr. | 23.52 | 16.89 | 5.16 | 0.86 | 0.41 | 0.20 | 23.52 | 23.32 | 99 |
| 13162 | M-24-3 | 6.37 | 0.06 | 0.00 | 1.35 | 4.8 | 132 | 56 | 22 | 22 | Fr.Ar.A. | 24.80 | 17.38 | 6.50 | 0.59 | 0.34 | 0.00 | 24.80 | 24.80 | 100 |

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso.
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CESEL S.A.

Departamento : AREQUIPA/CUSCO

Distrito :

Referencia : H.R. 25196-076C-10

Provincia : CALLOMA/ESPINAR

Predio :

Fecha : 08-01-10

Fact.: 16574

| Lab | Número de Muestra Campo | pH (1:1) | C.E. (1:1) dS/m | CaCO ₃ % | M.O. % | P ppm | K ppm | Análisis Mecánico | | | Clase Textural | CIC | Cationes Cambiables | | | | | Suma de Cationes | Suma de Bases | Sat. De Bases % |
|-------|----------------------------|-------------|-----------------------|------------------------|-----------|----------|----------|-------------------|-----------|--------------|-------------------|-------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | Arena % | Limo % | Arcilla % | | | Ca ⁺² | Mg ⁺² | K ⁺ | Na ⁺ | Al ⁺³ + H ⁺ | | | |
| 13163 | M-25-1 | 5.18 | 0.09 | 0.00 | 7.49 | 4.0 | 273 | 46 | 52 | 2 | Fr.L. | 21.28 | 3.54 | 0.55 | 0.90 | 0.14 | 1.00 | 6.13 | 5.13 | 24 |
| 13164 | M-25-2 | 5.69 | 0.03 | 0.00 | 1.48 | 7.4 | 67 | 45 | 49 | 6 | Fr.A. | 13.76 | 3.58 | 0.54 | 0.33 | 0.21 | 0.30 | 4.95 | 4.65 | 34 |
| 13165 | M-25-3 | 6.38 | 0.03 | 0.00 | 0.25 | 10.7 | 101 | 52 | 42 | 6 | Fr.A. | 16.80 | 13.48 | 2.46 | 0.52 | 0.35 | 0.00 | 16.80 | 16.80 | 100 |
| 13166 | M-26-1 | 5.01 | 0.08 | 0.00 | 3.19 | 8.3 | 211 | 66 | 32 | 2 | Fr.A. | 16.96 | 8.79 | 2.15 | 0.80 | 0.19 | 0.50 | 12.43 | 11.93 | 70 |
| 13167 | M-27-1 | 5.32 | 0.14 | 0.00 | 4.74 | 6.6 | 149 | 28 | 62 | 10 | Fr.L. | 32.00 | 20.46 | 6.16 | 0.60 | 0.25 | 0.20 | 27.67 | 27.47 | 86 |
| 13168 | M-27-2 | 6.20 | 0.10 | 0.00 | 2.57 | 11.3 | 122 | 25 | 49 | 26 | Fr. | 30.40 | 21.08 | 8.50 | 0.53 | 0.29 | 0.00 | 30.40 | 30.40 | 100 |
| 13169 | M-27-3 | 6.37 | 0.09 | 0.00 | 0.92 | 4.5 | 101 | 29 | 29 | 42 | Ar. | 42.08 | 27.10 | 12.16 | 0.43 | 0.44 | 0.00 | 40.13 | 40.13 | 95 |
| 13170 | M-28-1 | 5.12 | 0.10 | 0.00 | 4.48 | 14.2 | 446 | 54 | 40 | 6 | Fr.A. | 25.92 | 11.43 | 3.00 | 1.48 | 0.18 | 0.60 | 16.69 | 16.09 | 62 |
| 13171 | M-28-2 | 4.87 | 0.06 | 0.00 | 3.11 | 8.8 | 551 | 74 | 18 | 8 | Fr.A. | 28.80 | 12.56 | 3.35 | 1.67 | 0.25 | 1.20 | 19.03 | 17.83 | 62 |
| 13172 | M-28-3 | 5.09 | 0.03 | 0.00 | 1.09 | 6.7 | 256 | 64 | 30 | 6 | Fr.A. | 17.28 | 11.93 | 3.27 | 1.03 | 0.24 | 0.80 | 17.28 | 16.48 | 95 |
| 13173 | M-29-1 | 5.05 | 0.07 | 0.00 | 2.52 | 4.8 | 98 | 76 | 22 | 2 | A.Fr. | 6.72 | 2.88 | 0.37 | 0.36 | 0.15 | 0.40 | 4.16 | 3.76 | 56 |
| 13174 | M-29-2 | 5.87 | 0.06 | 0.00 | 0.78 | 7.3 | 116 | 82 | 14 | 4 | A.Fr. | 4.80 | 3.40 | 0.49 | 0.49 | 0.22 | 0.20 | 4.80 | 4.60 | 96 |

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Ingeniero Braulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CESEL S.A.

Departamento : AREQUIPACUSCO

Distrito :

Referencia : H.R. 25196-076C-10

Fact.: 16574

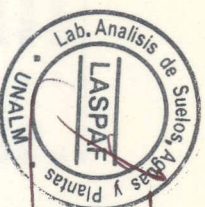
Provincia : CALLOMAESPINAR

Predio :

Fecha : 08-01-10

| Lab | Número de Muestra Campo | pH (1:1) | C.E. (1:1) ds/m | CaCO ₃ % | M.O. % | P ppm | K ppm | Análisis Mecánico | | | Clase Textural | CIC | Cationes Cambiables | | | | | Suma de Cationes | Suma de Bases | % Sat. De Bases |
|-------|----------------------------|-------------|-----------------------|------------------------|-----------|----------|----------|-------------------|-----------|--------------|-------------------|-------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | Arena % | Limo % | Arcilla % | | | Ca ⁺² | Mg ⁺² | K ⁺ | Na ⁺ | Al ⁺³ + H ⁺ | | | |
| 13175 | M-30-1 | 5.28 | 0.11 | 0.00 | 2.69 | 11.7 | 371 | 58 | 36 | 6 | Fr.A. | 21.28 | 16.84 | 2.66 | 1.28 | 0.20 | 0.30 | 21.28 | 20.98 | 99 |
| 13176 | M-30-2 | 6.49 | 0.05 | 0.00 | 1.01 | 10.4 | 89 | 68 | 16 | 16 | Fr.A. | 24.48 | 21.36 | 2.43 | 0.42 | 0.27 | 0.00 | 24.48 | 24.48 | 100 |
| 13177 | M-30-3 | 7.90 | 0.10 | 1.50 | 0.62 | 6.2 | 69 | 80 | 10 | 10 | Fr.A. | 24.64 | 22.93 | 1.15 | 0.31 | 0.25 | 0.00 | 24.64 | 24.64 | 100 |
| 13178 | M-31-1 | 5.79 | 0.14 | 0.00 | 2.66 | 16.9 | 864 | 60 | 36 | 4 | Fr.A. | 14.88 | 9.26 | 2.96 | 2.22 | 0.25 | 0.20 | 14.88 | 14.68 | 99 |
| 13179 | M-31-2 | 6.88 | 0.05 | 0.00 | 0.51 | 3.7 | 321 | 100 | 0 | 0 | A. | 4.32 | 1.85 | 1.37 | 0.85 | 0.26 | 0.00 | 4.32 | 4.32 | 100 |

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Ing. Brigitia La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio

4.2.4 Hidrología

A. Introducción

Alcances:

El alcance del estudio Hidrológico se encuentra enmarcado en los términos de referencia del presente Estudio, asimismo el área de estudio, que comprende la línea base ambiental hidrológica se encuentra delimitada por el área de influencia ambiental, áreas donde se manifestarán los impactos ambientales potenciales, señalada en la sección 4.1 del presente capítulo.

Para la elaboración de la presente línea base ambiental hidrológica se han desarrollado trabajos de campo y gabinete, los mismos, que han permitido determinar las características físicas e hidrológicas de la cuenca, y a su vez desarrollar la cuantificación de la misma de acuerdo a criterios técnicos. Cabe señalar que la información recolectada durante los trabajos de campo permitió ajustar los cálculos hidrológicos inicialmente considerados.

Asimismo, consideramos conveniente indicar que el estudio hidrológico está basado en información existente proveniente de estudios desarrollados en la zona, investigaciones y data proporcionada a CESEL por la Autoridad Nacional del Agua, Gobiernos Regionales de Arequipa y Cusco así como otras instituciones. Por su parte, CESEL durante sus trabajos de campo ha tomado información in situ, de manera que permita contrastar la información proporcionada por los organismos mencionados, centrado sus actividades de aforo al río Apurímac – principal afectado- así como principales tributarios¹ Esta evaluación, entre otras cosas ha permitido evaluar a lo largo del tramo comprendido entre la zona de embalse y la confluencia del río Apurímac con el río Salado, la capacidad de recarga del Río Apurímac.

Objetivo:

El objetivo es evaluar la capacidad de regulación de la cuenca alta del río Apurímac, cuyas aguas se propone transvasar, para afianzar la disponibilidad de agua en el sistema del río Colca hasta la toma de Tuti, con la finalidad de satisfacer los volúmenes de agua que requerirá la demanda de la irrigación Majes II (Siguan). El conocimiento de las condiciones hidrológicas en un escenario sin y con proyecto, permitirá determinar y evaluar los impactos ambientales potenciales relacionados con los recursos hídricos que se generarán en las diferentes fases del proyecto.

¹ Aquellos tributarios que se encontraban activos durante los trabajos de campo desarrollados entre el 07 al 16 de Diciembre 2009. Entre ellos se encuentran los ríos Sañu, Huañamayo y Salado. Cabe indicar que los ríos Chalcamayo y Alpacomayo son tributarios del río Salado, por lo que no se aforaron en dichos ríos.

Antecedentes:

La Represa Angostura es un componente de la Segunda Etapa del Proyecto Majes-Siguas; que fue concebido como un proyecto de desarrollo regional de propósitos múltiples basado en la regulación y derivación de recursos hídricos de las cuencas altas de los ríos Colca y Apurímac para su uso en irrigación de las Pampas de Majes y Siguan y para generación de energía eléctrica.

En el desarrollo de las diferentes etapas del Proyecto se han realizado varios estudios hidrológicos, los mismos que en su conjunto reúnen información necesaria y suficiente para describir detalladamente la hidrología superficial del área de influencia de la Represa Angostura. Tales informes contienen información sobre meteorología, climatología, e hidrología superficial de las cuencas y subcuencas del sistema hidrológico que comprenden el Área de Influencia del Proyecto. Por tal motivo, se considera que tal información puede ser utilizada como base fundamental para determinar la Línea Base Ambiental Hidrológica.

Los informes que contienen información relevante para la descripción hidrológica son:

- Hidrología y Sedimentación Tomo II, Informe Final, 1999, Asociación Harza Misti – AUTODEMA.
- Hidrología y Despacho Hídrico, Informe N°4, Junio 2007, LAHMEYER (Servicio de Ingeniería para proceso de concesión de Obras mayores de Afianzamiento Hídrico y de Infraestructura para irrigación de Siguan).
- Estudio de Factibilidad del Proyecto Majes Siguan II Etapa. Gobierno Regional de Arequipa. Versión Final Aprobada. Diciembre 2007.
- Estudio de Balance Hídrico. Estudio de Confrontación de Oferta y Demanda de la Cuenca del río Apurímac al río Salado. Segundo Informe de Avance, 2009. Agua y Agro Asesores Asociados S.A.C.

Área de Estudio

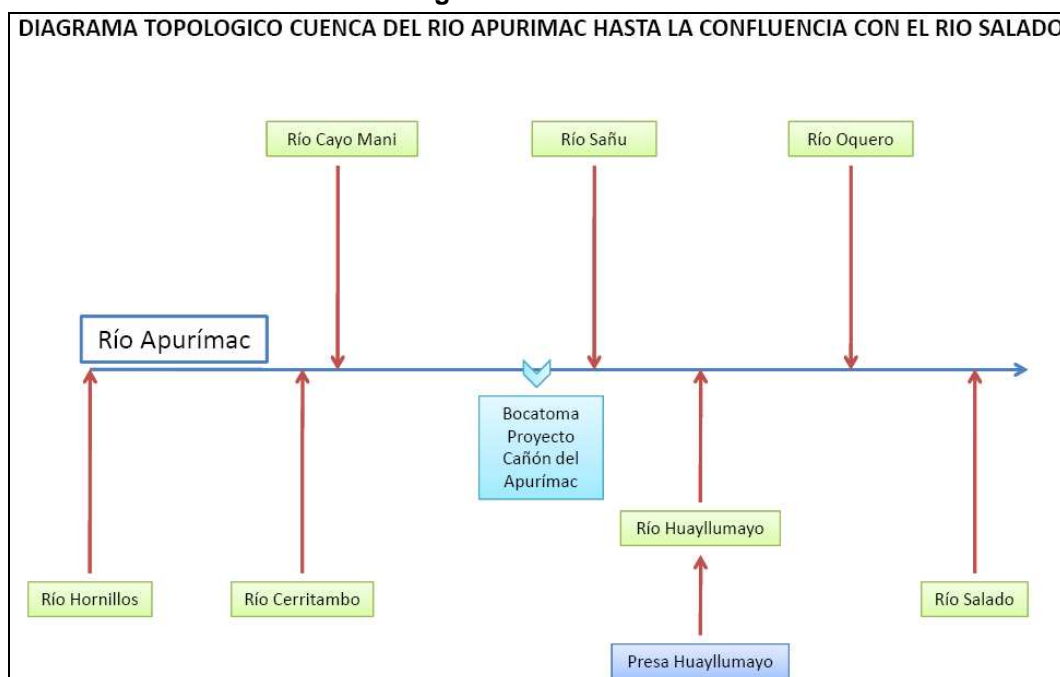
El área de estudio hidrológico comprende:

- La cuenca alta del río Apurímac, desde la naciente del río Apurímac, hasta la confluencia con el río Salado.
- La cuenca del río Colca en el tramo comprendido entre la entrega del túnel de derivación Angostura – Colca en la quebrada Chalhuanca y la bocatoma Tuti ubicada en el río Colca.

B. Cuencas Hidrográficas

Luego de la delimitación de las áreas de influencia directa e indirecta, se tiene que las cuencas hidrográficas comprometidas son las cuencas del río Apurímac y del río Colca. En la Figura N°4.2.4-1 se muestra un diagrama topo lógico de la cuenca del río Apurímac en el tramo en estudio con sus afluentes importantes.

Figura N° 4.2.4-1.



Río Apurímac

El río Apurímac forma parte de los cursos superiores del río Ucayali, que en la región de Iquitos se une con el río Marañón para formar el río Amazonas.

El río Apurímac nace a 5000 msnm en la Región Arequipa en el lugar que el río Acushanta se convierte en el río Calchumayo ingresando a la laguna Huarhuaco del mismo modo que los ríos Challpo, Huancari, Talla y otras quebradas menores. Después de recorrer 2,5 kilómetros el río Calchumayo se une con el río Santiago tomando el nombre de Apurímac. Después de la confluencia, el río se dirige hacia el Oeste y después al Noreste, hasta llegar al sitio propuesto para la construcción de la presa Angostura, donde se junta con el río Hornillos. El río Hornillos nace a una altitud de 5100 msnm, en el nevado Mismi, recorriendo una distancia de aproximadamente 26 kilómetros en dirección Norte, desviándose después hacia el Este; para recorrer seguidamente 12 kilómetros antes de unirse con el río Apurímac.

En la confluencia de ambos ríos el área drenada es de 1290 km², y aproximadamente a 600 metros aguas abajo de ese punto se proyecta construir la presa Angostura en una zona encañonada de aproximadamente 200 metros de altura y a 4150 msnm. A continuación se muestra un cuadro N° 4.2.4-2 comparativo de las cuencas de los ríos Apurímac y Hornillos hasta el punto de la confluencia de ambos.

Cuadro N° 4.2.4-2
Parámetros Geomorfológicos ríos Apurímac y Hornillos.

| Descripción | Río Hornillos | Río Apurímac |
|--|----------------------|---------------------|
| Superficie de Drenaje, km ² | 623,0 | 667,0 |
| Longitud del Cauce, km | 65,6 | 53,5 |
| Total de Vertientes, m/km | 8,7 | 15,3 |
| Diferencia de elevaciones aguas arriba y aguas abajo (m) | 570,0 | 820,0 |

Fuente: Estudio y Proyecto Definitivo de la Presa de Angostura y Derivación Angostura – Colca – Tomo II B Hidrología y Sedimentación. HARZA – MISTI. 1999



Foto N° 4.2.4-1: Confluencia de los ríos Hornillos y Apurímac. Sobre la izquierda se observa parte de la pampa Pusa Pusa, perteneciente a la cuenca del río Hornillos.

Por su cercanía a la pendiente Este de los Andes, la cuenca del río Apurímac, recibe considerables precipitaciones que están en el orden de 800 mm anuales en promedio para la cuenca definida en el eje del dique propuesto. La distribución de las precipitaciones; que en gran porcentaje se presentan en forma de lluvia; tiene cierta distribución uniforme; es decir; aunque conserva su clara predominancia en los meses húmedos, éstos tienen por lo general mayor duración. Es por éste motivo que se ha observado que el caudal promedio histórico; obtenido de registros de hasta 55 años; y que tiene un valor del orden de los 11 m³/s tiene relativamente baja desviación con los valores promedios en temporadas húmedas y secas que están en el orden de 25 m³/s y 4 m³/s respectivamente.

El valor de caudal promedio de 11 m³/s para un área de 1290 km² nos muestra un rendimiento de cuenca promedio de 8,5 L/s/km², un valor relativamente bajo comparado con cuencas similares. Esto probablemente se explica por el hecho que se presentan condiciones favorables para la evapotranspiración, como es el relieve suave de la cuenca.

El coeficiente de escorrentía, obtenido del caudal anual promedio y la escorrentía directa anual promedio, para la cuenca del río Apurímac hasta el eje del dique Angostura es de 0,35.

La cuenca del río Apurímac entre el eje de la presa Angostura y el río Salado tiene un área de 2548,51 km², 94 microcuencas y en total, un área de 3897,07 km² (Estudio de Balance Hídrico de Agua y Agro Asesores Asociados S.A.C.). El Cuadro N° 4.2.4-3 muestra un resumen de las áreas de microcuencas que conforman la cuenca del río Apurímac hasta la zona denominada Pongo Pichigua. Cabe resaltar que esta zona incluye la cuenca hasta el río Salado más la cuenca del río Taca que llega al río Apurímac aguas abajo del río Salado.

Se ha determinado que los tributarios del río Apurímac en el tramo estudiado y que presentan un régimen permanente son 7 ríos. Adicionalmente 15 quebradas, presentaron caudales; los cuales se muestran en el Cuadro N° 4.2.4-11.

Cuadro N° 4.2.4-3
Resumen de áreas cuenca del río Apurímac

| MICROCUENCAS | | AREA POR UBICACIÓN (km ²) | | AREA |
|----------------------|----|---------------------------------------|---------|--------------------------|
| | | AREQUIPA | CUSCO | TOTAL (Km ²) |
| TOTAL | 96 | 1891,33 | 2190,69 | 4082,02 |
| APURÍMAC - HORNILLOS | 1 | 1348,56 | - | 1348,56 |
| SUBTOTAL | 95 | 542,77 | 2190,69 | 2733,46 |
| M, DERECHA | 41 | 176,39 | 376,43 | 552,82 |
| M, IZQUIERDA | 54 | 366,38 | 1814,26 | 2180,64 |

Fuente: Estudio de Confrontación de Oferta y Demanda de la Cuenca del río Apurímac al río Salado, Agua y Agro Asociados S.A.C.



Foto N° 4.2.4-2: Río Apurímac. Altitud 4000 msnm. Se puede observar que en esta zona el río tiene pendiente baja y el suelo poco potencial de ser erosionado.

Río Colca

La cuenca del río Colca pertenece a la cuenca hidrográfica del Pacífico y ocupa un área de 17,220 km², con 364 km de longitud del curso principal con una pendiente media de 1,3%.

El río Colca nace sobre los 4800 msnm aproximadamente a 100 km al Este del Lago Titicaca, en un altiplano cubierto por bofedales y lagunas. La parte superior de la cuenca está formada en su mayoría por lomas bajas y amplios valles con numerosos bofedales y lagunas. En los primeros 150 km de su curso su dirección principal es hacia el Noroeste y la pendiente alcanza solamente 0,5% en promedio. Esta parte de la cuenca llega hasta el pueblo de Tuti, donde se encuentra la bocatoma del mismo nombre para el Proyecto Majes. La cuenca abarca hasta allí aproximadamente 4100 km² con una descarga media de 38 m³/s, lo que determina un rendimiento de 9,3 L/s/km² en promedio.

La vegetación de la zona alta del río Colca está constituida principalmente por pastos naturales y carece de bosques; es utilizada en forma extensiva como pasto natural para llamas y alpacas. Se ha determinado que la zona está cubierta en su gran mayoría por estos pastos, la erosión del suelo es baja, lo que se refleja en la baja concentración del material transportado en suspensión.



Foto N° 4.2.4-3: Río Colca. Se observa sobre la der echa la confluencia con el río Chalhuanca, donde descarga el proyectado túnel trasandino Apurímac-Colca.

C. Análisis de Precipitación

En los informes previamente citados se cuenta con información de precipitación de 15 estaciones pluviométricas que se resumen en el siguiente cuadro N° 4.2.4-4. Ver Plano 096200-AM-01-09.

Cuadro N° 4.2.4-4
Estaciones pluviométricas en el área de influencia

| N° | ESTACION | COORDENADAS | | | LONGITUD DE REGISTRO |
|----|-----------------------|-------------|----------|---------|----------------------|
| | | LATITUD | LONGITUD | ALTITUD | |
| 1 | La Angostura | 15°11' S | 71°40' O | 4220 | 1962-1998 |
| 2 | Condorama Reservoirio | 15°23' S | 71°16' O | 4250 | 1974-1998 |
| 3 | Sibayo | 15°29' S | 71°28' O | 3847 | 1952-1990 |
| 4 | Llapayanahuara | 15°35' S | 71°20' O | 4300 | 1974-1981 |
| 5 | Morocaqui | 15°37' S | 71°04' O | 4000 | 1965-1988 |
| 6 | Pulpera | 15°37' S | 71°26' O | 4021 | 1964-1988 |
| 7 | Cabanoconde | 15°36' S | 71°58' O | 3230 | 1970-1998 |
| 8 | Yanque | 15°39' S | 71°35' O | 3417 | 1964-1989 |
| 9 | Porpera | 15°19' S | 71°19' O | 4000 | 1966-1987 |
| 10 | Pañe | 15°25' S | 71°04' O | 4524 | 1952-1973,1975-1992 |
| 11 | Madrigal | 15°37' S | 71°49' O | 3256 | 1964-1989 |
| 12 | Imata | 16°05' S | 71°30' O | 4405 | 1970-1998 |
| 13 | Caylloma | 15°12' S | 71°47' O | 4320 | 1970-1998 |
| 14 | Huambo | 15°44' S | 71°07' O | 3352 | 1964-1998 |
| 15 | Chivay | 15°38' S | 71°38' O | 3651 | 1965-1988 |

Fuente: Estudio y Proyecto Definitivo de la Presa de Angostura y Derivación Angostura – Colca – Tomo II B Hidrología y Sedimentación. HARZA – MISTI. 1999

El detalle de la información de las estaciones listadas se encuentra en el “Estudio y Proyecto Definitivo de la Presa de Angostura y Derivación Angostura – Colca – Tomo II B Hidrología y Sedimentación”. HARZA – MISTI. 1999 y en el estudio “Hidrología y Despacho Hídrico”, Informe N°4, Junio 2007, LAHMEYER (Servicio de Ingeniería para proceso de concesión de Obras mayores de Afianzamiento Hídrico y de Infraestructura para irrigación de Siguan).

En el Cuadro N° 4.2.4-5 se muestra la información de las precipitaciones mensuales promedio de las estaciones citadas.

Dada la ubicación de la zona en estudio, se esperaría un patrón de abundantes precipitaciones, sin embargo, la zona de alta presión del Pacífico Sur y la triple cadena de los Andes hace variar los patrones de precipitaciones.

La información de precipitaciones encontrada en los informes anteriores muestra que la data fue recolectada de pluviómetros, es decir, se tiene información de precipitación total mensual y precipitación máxima de 24 horas; no se encontró información de intensidades de precipitación durante tormentas.

Para completar y extender la información pluviométrica se utilizó el algoritmo de correlación lineal múltiple que utiliza el software HEC-4, desarrollado por el US Army Corp of Engineers y luego un análisis de consistencia de la información para descartar las estaciones y periodos de registros dudosos.

En base a un análisis regional de las estaciones se determinó que la precipitación total anual promedio en la zona de estudio tiene una relación lineal con la altitud, llegándose a manifestar ésta relación por medio de la ecuación:

$$P = 0.28 * H - 330.59$$

Donde:

P : Precipitación anual promedio (mm).

H : Altitud (msnm)

Fuente: Estudio de Balance Hídrico. Estudio de Confrontación de Oferta y Demanda de la Cuenca del río Apurímac al río Salado. Segundo Informe de Avance, 2009. Agua y Agro Asesores Asociados S.A.C.

Así mismo, se ha determinado por medio de una correlación lineal múltiple de las precipitaciones máximas en 24 horas y la altitud de las estaciones de registro, que se puede determinar éste parámetro por medio de la ecuación:

$$P_{max} = 0.0271 * P + 0.00288 * H$$

Donde:

P_{max}: Precipitación máxima en 24 horas (mm).

P : Precipitación anual promedio (mm).

H : Altitud (msnm).

La mayor parte de la información encontrada proviene del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía (SENHAMI).

“Estudio de Impacto Ambiental de la Represa de Angostura y Gestión Ambiental a Nivel Definitivo”
Autoridad Nacional del Agua “ANA”

Cuadro N° 4.2.4 -5
Precipitaciones Medias Mensuales en Estaciones Pluviométricas del Área de Influencia del Estudio. (mm)

| Estación | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Anual |
|----------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|-------|
| La Angostura | 185,7 | 170,9 | 145,5 | 46,5 | 8,4 | 4,0 | 2,1 | 8,6 | 19,2 | 36,1 | 54,2 | 113,7 | 795,0 |
| Huambo | 65,3 | 69,7 | 63,4 | 11,1 | 1,7 | 2,3 | 0,1 | 4,5 | 4,0 | 5,6 | 8,7 | 28,5 | 261,8 |
| Imata | 139,5 | 114,9 | 97,8 | 28,3 | 4,1 | 3,4 | 1,6 | 6,7 | 9,7 | 14,5 | 31,8 | 68,8 | 520,6 |
| Cabanaconde | 91,5 | 99,5 | 85,4 | 14,1 | 2,1 | 0,9 | 0,5 | 7,6 | 6,8 | 5,6 | 13,5 | 37,8 | 364,9 |
| Caylloma | 191,6 | 173,3 | 156,2 | 49,5 | 8,1 | 6,4 | 2,5 | 11,2 | 19,7 | 33,1 | 60,8 | 116,0 | 817,8 |
| Condorama | 142,0 | 123,1 | 108,5 | 41,0 | 8,1 | 5,2 | 3,2 | 11,6 | 15,5 | 22,4 | 47,3 | 86,3 | 567,3 |
| Llapayanahuara | 264,6 | 127,1 | 129,1 | 46,9 | 4,0 | 2,6 | 3,8 | 35,8 | 6,6 | 24,6 | 36,9 | 101,0 | 692,6 |
| Morocaqui | 144,0 | 124,5 | 112,3 | 37,8 | 6,6 | 2,7 | 3,8 | 6,0 | 14,4 | 19,3 | 42,4 | 69,1 | 576,8 |
| Pulpera | 98,4 | 88,5 | 100,6 | 31,4 | 10,9 | 3,5 | 5,0 | 13,0 | 14,5 | 19,5 | 27,7 | 55,1 | 462,9 |
| Yanque | 93,3 | 88,7 | 74,3 | 26,5 | 6,0 | 2,0 | 2,9 | 9,7 | 10,0 | 15,1 | 16,8 | 48,4 | 393,6 |
| Portera | 126,2 | 99,3 | 94,1 | 32,7 | 7,5 | 3,4 | 3,0 | 12,1 | 18,0 | 20,1 | 41,1 | 72,4 | 529,5 |
| Pañe | 161,5 | 149,7 | 138,3 | 44,9 | 10,9 | 5,4 | 2,6 | 7,3 | 20,2 | 25,7 | 51,8 | 101,4 | 719,6 |
| Madrigal | 84,4 | 85,0 | 81,4 | 18,3 | 3,5 | 1,1 | 0,8 | 3,9 | 6,5 | 9,6 | 14,7 | 42,6 | 348,5 |
| Sibayo | 141,3 | 123,1 | 106,7 | 29,3 | 8,1 | 3,6 | 1,8 | 5,5 | 15,0 | 23,2 | 33,0 | 77,4 | 560,0 |
| Chivay | 92,6 | 86,8 | 84,3 | 19,4 | 5,1 | 1,3 | 1,8 | 5,6 | 10,7 | 17,2 | 17,2 | 45,7 | 376,3 |

Fuente: Estudio y Proyecto Definitivo de la Presa de Angostura y Derivación Angostura – Colca – Tomo II B Hidrología y Sedimentación.
 HARZA – MISTI. 1999.

La estación pluviométrica más representativa es la estación La Angostura pues se encuentra localizada muy cerca del proyectado dique, presentando una precipitación promedio anual de 800 mm. En el siguiente cuadro se muestra los registros históricos en el periodo 1962-2006 que fue presentado en el estudio “Hidrología y Despacho Hídrico”, Informe N°4, Junio 2007 de LAHMEYER. Para realizar el relleno y extensión de dicha información LAHMEYER efectuó un análisis de regresión múltiple con el modelo HEC-4 entre las estaciones Angostura y Caylloma.

Cuadro N°4.2.4-6
Registro histórico de precipitaciones Estación La Angostura.

| ANGOSTURA AREQUIPA | | CODIGO : ANGO CUENCA : APURIMAC | | ELEVACION 4220 M | LATITUD 15-11-00S | LONGITUD 71-40-00W | | | | | | | |
|-----------------------|-------|------------------------------------|-------|------------------|-------------------|--------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-----------------|
| PRECIPITACION | (mm) | DATOS HISTORICOS | | | | | | | | | | | |
| ANO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTALES ANUALES |
| 1962 | 233.0 | 177.0 | 177.0 | 34.0 | 3.0 | .0 | .0 | .0 | 29.0 | 32.0 | 9.0 | 113.0 | 807.0 |
| 1963 | 258.0 | 219.0 | 129.0 | 94.0 | 3.0 | .0 | .0 | 1.0 | 15.0 | 32.0 | 57.0 | 143.0 | 951.0 |
| 1964 | 79.0 | 127.0 | 101.0 | 61.0 | 14.0 | .0 | .0 | 9.0 | .0 | 27.0 | 65.0 | 107.0 | 590.0 |
| 1965 | 77.0 | 185.0 | 75.0 | 35.0 | .0 | .0 | 4.0 | .0 | 14.0 | 24.0 | 28.0 | 180.0 | 622.0 |
| 1966 | 96.0 | 99.0 | 83.0 | 15.0 | 33.0 | .0 | .0 | 3.0 | 1.0 | 46.0 | 143.0 | 102.0 | 621.0 |
| 1967 | 103.0 | 149.0 | 276.0 | 38.0 | 14.0 | 1.0 | 11.0 | 3.0 | 56.0 | 26.0 | 13.0 | 80.0 | 770.0 |
| 1968 | 259.0 | 137.0 | 135.0 | 11.0 | 15.0 | 8.0 | 8.0 | 9.0 | 15.0 | 73.0 | 118.0 | 56.0 | 844.0 |
| 1969 | 126.0 | 161.0 | 90.0 | 42.0 | .0 | 2.0 | 2.0 | 4.0 | 3.0 | 32.0 | 78.0 | 132.0 | 672.0 |
| 1970 | 207.0 | 214.0 | 169.0 | 27.0 | 13.0 | .0 | 2.0 | .0 | 36.0 | 36.0 | 20.0 | 209.0 | 933.0 |
| 1971 | 157.0 | 294.0 | 105.0 | 24.0 | 8.0 | .0 | .0 | .0 | .0 | 10.0 | 15.0 | 137.0 | 750.0 |
| 1972 | 252.0 | 129.0 | 201.0 | 59.0 | 3.0 | .0 | 1.0 | .0 | 38.0 | 38.0 | 27.0 | 72.0 | 820.0 |
| 1973 | 263.0 | 192.0 | 170.0 | 105.0 | 7.0 | 2.0 | 4.0 | 4.0 | 27.0 | 7.0 | 66.0 | 124.0 | 971.0 |
| 1974 | 216.0 | 243.0 | 80.0 | 41.0 | 5.0 | 7.0 | .0 | 60.0 | 5.0 | 3.0 | 24.0 | 45.0 | 729.0 |
| 1975 | 190.0 | 226.0 | 152.0 | 30.0 | 28.0 | 4.0 | .0 | 1.0 | 16.0 | 59.0 | 13.0 | 195.0 | 914.0 |
| 1976 | 186.0 | 193.0 | 158.0 | 24.0 | 8.0 | 7.0 | 3.0 | 8.0 | 57.0 | 4.0 | 1.0 | 58.0 | 707.0 |
| 1977 | 57.0 | 278.0 | 155.0 | 4.0 | 4.0 | .0 | 2.0 | .0 | 26.0 | 34.0 | 110.0 | 85.0 | 755.0 |
| 1978 | 331.0 | 58.0 | 70.0 | 42.0 | 1.0 | 2.0 | .0 | .0 | 8.0 | 39.0 | 103.0 | 103.0 | 757.0 |
| 1979 | 130.0 | 71.0 | 140.0 | 25.0 | 1.0 | .0 | 3.0 | 3.0 | .0 | 49.0 | 73.0 | 119.0 | 614.0 |
| 1980 | 106.0 | 51.0 | 214.0 | 26.0 | 2.0 | .0 | 1.0 | 3.0 | 34.0 | 124.0 | 28.0 | 88.0 | 677.0 |
| 1981 | 251.0 | 256.0 | 67.0 | 56.0 | 6.0 | .0 | .0 | 47.0 | 33.0 | 48.0 | 53.0 | 114.0 | 931.0 |
| 1982 | 192.0 | 100.0 | 199.0 | 58.0 | .0 | .0 | .0 | 3.0 | 65.0 | 107.0 | 147.0 | 50.0 | 921.0 |
| 1983 | 72.0 | 117.0 | 81.0 | 39.0 | 8.0 | 1.0 | 1.0 | .0 | 24.0 | 36.0 | 2.0 | 55.0 | 436.0 |
| 1984 | 280.0 | 267.0 | 329.0 | 55.0 | 4.0 | 8.0 | 1.0 | 8.0 | .0 | 116.0 | 145.0 | 190.0 | 1403.0 |
| 1985 | 49.0 | 206.0 | 127.0 | 105.0 | 12.0 | 16.0 | .0 | 10.0 | 21.0 | 11.0 | 75.0 | 177.0 | 809.0 |
| 1986 | 210.0 | 200.0 | 222.0 | 122.0 | 11.0 | .0 | 2.0 | 27.0 | 18.0 | 11.0 | 27.0 | 207.0 | 1057.0 |
| 1987 | 253.0 | 65.0 | 36.0 | 22.0 | 1.0 | 3.0 | 23.0 | 13.0 | 1.0 | 37.0 | 20.0 | 40.0 | 514.0 |
| 1988 | 271.0 | 144.0 | 215.0 | 103.0 | 3.0 | .0 | 2.0 | .0 | 2.0 | 18.0 | 7.0 | 84.0 | 849.0 |
| 1989 | 188.0 | 155.0 | 158.0 | 43.0 | 28.0 | 11.0 | .0 | 12.0 | 1.0 | 10.0 | 16.0 | 30.0 | 652.0 |
| 1990 | 174.0 | 56.0 | 76.0 | 39.0 | 18.0 | 35.0 | .0 | 7.0 | 9.0 | 70.0 | 111.0 | 182.0 | 777.0 |
| 1991 | 153.0 | 194.0 | 168.0 | 32.0 | 14.0 | 24.0 | 1.0 | .0 | 6.0 | 25.0 | 83.0 | 76.0 | 776.0 |
| 1992 | 96.0 | 103.0 | 41.0 | 4.0 | .0 | 7.0 | 2.0 | 61.0 | 5.0 | 34.0 | 23.0 | - | - |
| 1993 | - | 82.0 | 141.0 | 99.0 | 6.0 | 7.0 | .0 | 16.0 | 14.0 | - | - | - | - |
| 1994 | 297.0 | 226.0 | 106.0 | 44.0 | 8.0 | .0 | .0 | 3.0 | 9.0 | 9.0 | 40.0 | 130.0 | 872.0 |
| 1995 | 131.0 | 149.0 | 249.0 | 39.0 | 4.0 | .0 | .0 | 2.0 | 17.0 | 16.0 | 43.0 | 131.0 | 781.0 |
| 1996 | 222.0 | 258.0 | 85.0 | 68.0 | .0 | 4.0 | 1.0 | 9.0 | 11.0 | 9.0 | 34.0 | 124.0 | 825.0 |
| 1997 | 245.0 | 216.0 | 148.0 | 20.0 | 8.0 | .0 | .0 | 43.0 | 56.0 | 9.0 | 50.0 | 127.0 | 922.0 |
| 1998 | 236.0 | 135.0 | 101.0 | 15.0 | .0 | 2.0 | - | .0 | .0 | 10.0 | 44.0 | - | - |
| 1999 | 159.6 | 247.9 | 170.2 | 46.5 | 8.8 | .0 | .0 | .0 | 32.1 | 36.9 | 19.4 | 142.3 | 863.7 |
| 2000 | 242.5 | 233.7 | 203.1 | 13.1 | 19.3 | 4.1 | .5 | 17.4 | 2.8 | 83.8 | 25.0 | 116.4 | 961.7 |
| 2001 | 311.0 | 307.6 | 211.4 | 91.9 | 17.6 | .1 | 18.0 | 7.7 | 9.7 | 10.2 | 9.2 | 81.9 | 1076.3 |
| 2002 | 143.8 | 251.1 | 177.3 | 90.6 | 10.1 | 5.6 | 16.7 | .0 | 18.2 | 52.1 | 100.8 | 111.0 | 977.3 |
| 2003 | 133.7 | 174.0 | 221.6 | 42.2 | 9.1 | 4.5 | .0 | 2.3 | 17.4 | 18.6 | 39.3 | 133.6 | 796.3 |
| 2004 | - | 143.3 | 104.6 | 56.8 | 1.8 | 3.5 | 23.9 | 18.0 | 10.9 | 8.9 | 14.3 | 54.3 | - |
| 2005 | 129.2 | 197.6 | 163.7 | 74.4 | .2 | .0 | .0 | .4 | 7.6 | 14.7 | 22.5 | 194.5 | 804.8 |
| 2006 | 271.1 | 159.3 | 206.5 | 58.1 | 1.3 | 4.9 | .0 | .8 | 18.6 | 63.1 | 93.1 | 85.3 | 962.1 |
| PROMEDIO | 186.9 | 174.4 | 148.6 | 48.3 | 8.0 | 3.9 | 3.0 | 9.2 | 17.5 | 35.4 | 50.8 | 113.9 | 800.0 |
| MAX | 331.0 | 307.6 | 329.0 | 122.0 | 33.0 | 35.0 | 23.9 | 61.0 | 65.0 | 124.0 | 147.0 | 209.0 | 1403.0 |
| MIN | 49.0 | 51.0 | 36.0 | 4.0 | .0 | .0 | .0 | .0 | .0 | 3.0 | 1.0 | 30.0 | 436.0 |
| DEV. TIP. | 75.3 | 68.0 | 63.6 | 29.9 | 8.0 | 6.7 | 6.0 | 15.2 | 16.9 | 29.6 | 41.5 | 48.7 | 170.0 |
| % MEAN | 23.4 | 21.8 | 18.6 | 6.0 | 1.0 | .5 | .4 | 1.2 | 2.2 | 4.4 | 6.3 | 14.2 | - |

Fuente: “Hidrología y Despacho Hídrico”, Informe N°4, Junio 2007 de LAHMEYER.

D. Análisis de Escorrentía Superficial

Las investigaciones hidrológicas realizadas sobre las cuencas de los ríos Apurímac y Colca, se resumen en la determinación de los caudales medios mensuales en el eje de la proyectada presa La Angostura en el río Apurímac, en la cuenca del río Colca en el punto de entrada al embalse Condoroma y en el punto de la bocatoma Tuti.

Si bien es cierto que, la estación Condoroma no se encuentra dentro del área de influencia de la presa Angostura, se presenta dicha información ya que ella permite naturalizar los caudales que transcurren por el río Colca que luego se van a unir con el caudal de la quebrada Chalhuanca que a su vez recibe los flujos del túnel trasandino Angostura.

“Estudio de Impacto Ambiental de la Represa de Angostura y Gestión Ambiental a Nivel Definitivo”
Autoridad Nacional del Agua “ANA”

A continuación se presenta la información completada y extendida de caudales medio mensuales en dichas estaciones y que han sido utilizados como base para determinar la oferta hídrica para la Etapa II del Proyecto Majes-Siguas. Debe señalarse que el estudio de LAHMEYER utilizó el registro de 1965-2006, mientras que en el Estudio de Factibilidad definitivo AUTODEMA usa una serie con un registro de 1964-1998.

En el caso de Condorama, se debería señalar que el aporte definido por la serie generada representa actualmente el caudal natural que proviene de la cuenca del Alto Colca - menos el caudal derivado por el sistema Pañe-Sumbay, durante el periodo de operación desde 1965.

Cuadro N° 4.2.4-7
Caudales medios mensuales Estación Angostura.

| LAHMEYER AGUA Y ENERGIA AFIANZAMIENTO HIDRICO SISTEMA MAJES-SIGUAS AUTODEMA | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|------------------|-------|------------------|-------|-------------------|------|--------------------|------|---------------------------|-------|-------|----------------|
| ANGOSTURA (SITIO) APURIMAC | | CODIGO : ANGO.1i | | ELEVACION 4150 M | | LATITUD 15-10-00S | | LONGITUD 71-38-00W | | AREA DE DRENAJE: 1290 KM2 | | | |
| CAUDAL | (m3/s) DATOS EXTENDIDOS | | | | | | | | | | | | |
| ANO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | PROMEDIO ANUAL |
| 1952 | 21.00 | 38.60 | 28.30 | 9.90 | 5.70 | 4.60 | 4.00 | 3.60 | 3.60 | 3.10 | 2.90 | 4.80 | 10.69 |
| 1953 | 24.10 | 43.60 | 51.20 | 15.20 | 7.20 | 5.70 | 4.40 | 3.60 | 3.00 | 2.80 | 4.50 | 6.20 | 14.15 |
| 1954 | 13.70 | 84.90 | 66.30 | 16.50 | 6.40 | 5.10 | 4.10 | 3.40 | 3.10 | 2.60 | 3.10 | 5.30 | 17.49 |
| 1955 | 18.30 | 38.00 | 57.40 | 14.40 | 5.60 | 4.40 | 3.90 | 3.20 | 3.00 | 2.80 | 3.10 | 5.40 | 13.18 |
| 1956 | 13.70 | 23.80 | 13.60 | 6.70 | 4.40 | 3.50 | 3.30 | 3.10 | 2.80 | 2.80 | 2.90 | 4.80 | 7.03 |
| 1957 | 19.40 | 36.60 | 44.80 | 13.10 | 6.20 | 5.00 | 4.00 | 3.40 | 3.30 | 3.00 | 2.50 | 4.40 | 12.03 |
| 1958 | 17.30 | 30.60 | 33.00 | 10.70 | 5.20 | 4.10 | 3.70 | 3.40 | 3.30 | 3.10 | 3.70 | 5.80 | 10.23 |
| 1959 | 14.50 | 26.50 | 25.20 | 9.70 | 5.10 | 4.20 | 3.60 | 3.10 | 3.00 | 2.70 | 2.80 | 4.80 | 8.68 |
| 1960 | 29.70 | 37.90 | 24.50 | 10.40 | 6.50 | 5.50 | 4.20 | 3.80 | 3.80 | 3.20 | 5.10 | 7.00 | 11.66 |
| 1961 | 13.50 | 30.30 | 30.20 | 11.00 | 5.50 | 4.60 | 3.80 | 3.70 | 3.60 | 3.20 | 5.30 | 7.80 | 10.10 |
| 1962 | 60.90 | 33.10 | 20.60 | 21.50 | 6.40 | 3.50 | 2.90 | 3.30 | 3.70 | 2.70 | 3.60 | 3.70 | 13.74 |
| 1963 | 47.90 | 61.30 | 34.10 | 24.00 | 7.80 | 5.60 | 4.20 | 4.30 | 3.30 | 3.50 | 6.30 | 6.80 | 17.18 |
| 1964 | 8.30 | 17.90 | 17.40 | 9.20 | 6.20 | 5.20 | 4.70 | 4.40 | 3.50 | 2.20 | 3.20 | 4.70 | 7.18 |
| 1965 | 4.70 | 14.10 | 14.80 | 6.80 | 4.50 | 4.20 | 3.70 | 3.60 | 3.30 | 3.00 | 2.10 | 4.30 | 5.71 |
| 1966 | 4.00 | 9.20 | 12.10 | 3.80 | 3.60 | 3.00 | 2.70 | 2.60 | 2.30 | 2.50 | 4.70 | 5.60 | 4.65 |
| 1967 | 6.30 | 24.70 | 55.00 | 18.40 | 5.80 | 4.40 | 4.10 | 3.50 | 4.10 | 4.00 | 3.30 | 4.10 | 11.42 |
| 1968 | 21.70 | 26.10 | 31.20 | 10.10 | 5.30 | 4.30 | 4.20 | 3.10 | 3.60 | 4.00 | 8.10 | 7.70 | 10.71 |
| 1969 | 8.60 | 23.40 | 19.40 | 7.80 | 4.30 | 3.80 | 3.80 | 3.90 | 3.70 | 3.50 | 4.80 | 6.20 | 7.68 |
| 1970 | 26.30 | 38.40 | 30.40 | 14.30 | 6.10 | 4.60 | 4.20 | 4.00 | 4.10 | 3.30 | 3.30 | 5.90 | 11.94 |
| 1971 | 15.30 | 45.90 | 30.80 | 8.20 | 4.80 | 4.30 | 4.00 | 3.60 | 3.40 | 3.10 | 2.70 | 3.40 | 10.59 |
| 1972 | 29.40 | 27.50 | 48.80 | 17.40 | 6.00 | 4.50 | 3.90 | 3.90 | 3.40 | 4.20 | 3.90 | 6.70 | 13.26 |
| 1973 | 30.00 | 49.90 | 57.60 | 17.30 | 6.70 | 5.40 | 4.70 | 4.10 | 4.00 | 3.70 | 4.30 | 6.50 | 16.02 |
| 1974 | 38.20 | 76.70 | 24.90 | 11.50 | 5.70 | 5.10 | 4.40 | 4.90 | 4.70 | 3.90 | 3.80 | 4.60 | 15.34 |
| 1975 | 15.60 | 40.90 | 49.10 | 15.40 | 7.60 | 4.90 | 3.20 | 3.60 | 3.20 | 3.10 | 3.30 | 9.20 | 13.12 |
| 1976 | 40.40 | 46.80 | 67.20 | 14.20 | 6.20 | 5.10 | 4.80 | 4.20 | 5.90 | 3.90 | 3.50 | 4.70 | 17.13 |
| 1977 | 6.20 | 34.20 | 39.70 | 11.60 | 5.30 | 4.90 | 4.20 | 3.70 | 3.80 | 3.30 | 3.90 | 4.70 | 10.33 |
| 1978 | 30.00 | 28.10 | 8.00 | 7.80 | 4.70 | 4.10 | 3.60 | 3.30 | 3.50 | 3.20 | 4.70 | 5.80 | 8.80 |
| 1979 | 10.90 | 7.80 | 26.10 | 7.40 | 5.00 | 3.70 | 3.70 | 3.10 | 2.40 | 2.30 | 2.70 | 1.80 | 6.42 |
| 1980 | 11.40 | 6.20 | 22.70 | 8.90 | 4.40 | 3.90 | 3.20 | 1.70 | 1.90 | 2.40 | 2.40 | 2.90 | 6.02 |
| 1981 | 64.80 | 52.90 | 28.40 | 13.10 | 6.40 | 5.30 | 4.20 | 4.30 | 3.00 | 2.60 | 2.30 | 4.20 | 15.79 |
| 1982 | 16.80 | 10.90 | 26.80 | 4.60 | 4.60 | 4.10 | 3.70 | 3.50 | 2.70 | 5.70 | 10.00 | 15.90 | 9.14 |
| 1983 | 5.20 | 4.80 | 4.80 | 3.90 | 2.40 | 1.70 | 1.70 | 1.60 | 1.50 | 1.90 | 1.40 | 1.90 | 2.72 |
| 1984 | 18.70 | 42.50 | 87.50 | 21.60 | 7.20 | 5.70 | 4.50 | 4.30 | 3.50 | 4.00 | 7.70 | 6.40 | 17.70 |
| 1985 | 5.00 | 30.20 | 35.10 | 16.70 | 7.90 | 6.70 | 4.80 | 4.50 | 4.40 | 4.00 | 5.50 | 7.30 | 10.89 |
| 1986 | 19.90 | 36.20 | 66.40 | 25.00 | 7.90 | 5.60 | 4.20 | 4.30 | 4.00 | 3.30 | 3.40 | 5.40 | 15.38 |
| 1987 | 24.60 | 15.90 | 5.40 | 5.20 | 3.60 | 2.90 | 3.10 | 3.80 | 3.20 | 4.70 | 4.80 | 9.90 | 7.23 |
| 1988 | 22.70 | 27.70 | 50.90 | 17.30 | 7.00 | 6.30 | 4.80 | 3.70 | 3.20 | 5.60 | 5.00 | 5.40 | 13.25 |
| 1989 | 20.00 | 34.10 | 20.90 | 9.40 | 5.30 | 5.40 | 4.10 | 4.00 | 3.60 | 4.50 | 4.60 | 15.00 | 10.79 |
| 1990 | 13.80 | 9.50 | 8.00 | 4.30 | 2.80 | 2.10 | 2.80 | 3.10 | 2.90 | 3.20 | 6.00 | 8.00 | 5.53 |
| 1991 | 14.30 | 27.40 | 38.80 | 11.40 | 4.90 | 4.70 | 4.00 | 3.50 | 3.20 | 3.10 | 4.50 | 5.60 | 10.37 |
| 1992 | 10.80 | 9.50 | 3.60 | 3.10 | 3.70 | 1.90 | 2.20 | 3.00 | 2.80 | 2.30 | 2.50 | 3.80 | 4.08 |
| 1993 | 21.20 | 17.80 | 28.90 | 8.40 | 4.80 | 3.70 | 3.20 | 3.50 | 3.20 | 3.60 | 6.00 | 7.60 | 9.30 |
| 1994 | 24.50 | 44.60 | 22.50 | 9.30 | 6.30 | 5.00 | 4.20 | 3.70 | 3.30 | 2.60 | 2.80 | 3.60 | 10.85 |
| 1995 | 8.60 | 11.30 | 46.60 | 8.50 | 2.40 | 1.40 | 2.30 | 2.50 | 2.40 | 2.30 | 3.10 | 5.40 | 8.09 |
| 1996 | 13.40 | 32.70 | 16.30 | 9.20 | 2.60 | 1.40 | 1.70 | 2.60 | 2.70 | 2.40 | 2.40 | 3.30 | 7.41 |
| 1997 | 12.00 | 34.00 | 23.70 | 3.80 | 3.20 | 1.70 | 2.20 | 3.10 | 3.40 | 2.50 | 3.20 | 4.20 | 7.94 |
| 1998 | 27.40 | 48.70 | 25.10 | 21.20 | 11.80 | 5.90 | 4.60 | 3.30 | 2.70 | 1.90 | 5.50 | 10.00 | 13.80 |
| 1999 | 19.10 | 44.50 | 77.00 | 31.40 | 11.30 | 5.80 | 4.50 | 2.80 | 2.80 | 5.60 | 2.40 | 7.00 | 17.73 |
| 2000 | 23.50 | 44.90 | 42.00 | 9.50 | 5.60 | 5.00 | 3.90 | 3.30 | 2.80 | 3.30 | 2.70 | 3.40 | 12.33 |
| 2001 | 25.00 | 56.30 | 62.60 | 19.20 | 7.30 | 6.20 | 4.70 | 3.90 | 3.50 | 2.60 | 2.60 | 7.50 | 16.58 |
| 2002 | 15.90 | 43.90 | 42.70 | 12.30 | 7.00 | 6.00 | 4.60 | 3.80 | 3.60 | 2.90 | 4.20 | 5.20 | 12.51 |
| 2003 | 39.90 | 47.00 | 71.40 | 14.20 | 6.00 | 4.70 | 3.90 | 3.20 | 3.00 | 2.30 | 1.70 | 2.70 | 16.56 |
| 2004 | 26.00 | 42.00 | 39.30 | 11.70 | 5.80 | 4.50 | 3.80 | 3.60 | 3.40 | 2.50 | 1.80 | 6.80 | 12.46 |
| 2005 | 12.10 | 38.40 | 29.80 | 18.90 | 3.20 | 1.60 | 1.80 | 1.80 | 2.30 | 1.80 | 1.40 | 4.30 | 9.61 |
| 2006 | 21.40 | 37.60 | 52.70 | 13.90 | 7.40 | 5.90 | 4.50 | 3.50 | 3.30 | 2.50 | 3.30 | 5.40 | 13.34 |
| PROMEDIO | 20.51 | 33.61 | 35.30 | 12.37 | 5.68 | 4.41 | 3.77 | 3.48 | 3.29 | 3.18 | 3.84 | 5.83 | 11.16 |
| MAX | 64.80 | 84.90 | 87.50 | 31.40 | 11.80 | 6.70 | 4.80 | 4.90 | 5.90 | 5.70 | 10.00 | 15.90 | 17.73 |
| MIN | 4.00 | 4.80 | 3.60 | 3.10 | 2.40 | 1.40 | 1.70 | 1.60 | 1.50 | 1.80 | 1.40 | 1.80 | 2.72 |
| DEV. TIP. | 12.65 | 16.57 | 19.62 | 5.97 | 1.84 | 1.33 | .81 | .65 | .68 | .89 | 1.67 | 2.60 | 3.80 |

SOURCE OF DATA: AUTODEMA

"-" MISSING DATA

Fuente: “Hidrología y Despacho Hídrico”, Informe N°4, Junio 2007 de LAHMEYER.

Cuadro N° 4.2.4-8
Caudales medios mensuales Estación Condorama Reservoirio.

| LAHMEYER AGUA Y ENERGIA AFIANZAMIENTO HIDRICO SISTEMA MAJES-SIGUAS AUTODEMA | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|-----------------------|--------|------------------|-------|---------------------------|------|--------------------|------|------|-------|-------|----------------|
| CONDOROMA RESERVIORIO COLCA | | CODIGO : COND | | ELEVACION 4075 M | | LATITUD 15-23-00S | | LONGITUD 71-16-00W | | | | | |
| | | CUENCA : MAJES-CAMANA | | | | AREA DE DRENAJE: 1219 KM2 | | | | | | | |
| CAUDAL | (m3/s) | | | DATOS EXTENDIDOS | | | | | | | | | PROMEDIO ANUAL |
| | ANO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | |
| 1952 | 22.80 | 52.30 | 40.80 | 9.30 | 3.40 | 2.30 | 2.20 | 1.70 | 1.90 | 1.70 | 1.20 | 2.20 | 11.60 |
| 1953 | 11.90 | 66.40 | 34.00 | 17.10 | 4.80 | 2.80 | 2.40 | 1.60 | 1.70 | 1.70 | 2.90 | 4.90 | 12.35 |
| 1954 | 16.10 | 103.70 | 39.60 | 10.60 | 3.60 | 2.20 | 2.10 | 1.60 | 1.70 | 1.50 | 1.40 | 1.90 | 14.96 |
| 1955 | 16.00 | 57.90 | 13.80 | 7.50 | 3.10 | 2.00 | 1.90 | 1.40 | 1.40 | 1.50 | 1.20 | 2.60 | 8.89 |
| 1956 | 22.70 | 28.30 | 27.20 | 6.60 | 2.80 | 1.90 | 1.70 | 1.70 | 1.80 | 1.90 | 1.40 | 2.00 | 8.24 |
| 1957 | 9.60 | 63.50 | 25.10 | 11.10 | 3.90 | 2.20 | 1.80 | 1.60 | 1.60 | 1.70 | 1.10 | 1.90 | 10.10 |
| 1958 | 6.80 | 49.10 | 18.40 | 8.20 | 3.30 | 1.90 | 1.80 | 1.60 | 1.70 | 1.80 | 1.50 | 2.00 | 7.92 |
| 1959 | 6.90 | 40.70 | 14.30 | 9.70 | 3.50 | 2.10 | 1.70 | 1.40 | 1.50 | 1.40 | 1.20 | 3.20 | 7.09 |
| 1960 | 18.70 | 54.90 | 51.20 | 18.50 | 5.00 | 3.10 | 2.10 | 1.60 | 1.70 | 1.70 | 3.20 | 3.90 | 13.57 |
| 1961 | 22.70 | 41.90 | 21.80 | 12.50 | 4.00 | 2.70 | 2.00 | 1.60 | 1.70 | 1.80 | 3.40 | 6.60 | 10.04 |
| 1962 | 51.00 | 45.80 | 31.30 | 10.90 | 3.70 | 2.20 | 1.80 | 1.60 | 1.70 | 1.90 | 1.20 | 3.30 | 12.89 |
| 1963 | 22.30 | 85.30 | 52.60 | 20.30 | 5.30 | 3.10 | 2.30 | 2.10 | 2.20 | 2.50 | 2.20 | 5.60 | 16.75 |
| 1964 | 19.10 | 17.50 | 9.40 | 8.10 | 3.30 | 2.00 | 1.70 | 1.50 | 1.40 | 1.60 | 1.40 | 2.20 | 5.71 |
| 1965 | 32.90 | 8.00 | 13.70 | 11.70 | 3.50 | 2.00 | 1.70 | 1.40 | 1.40 | 1.60 | 1.20 | 3.10 | 6.87 |
| 1966 | 19.10 | 25.60 | 33.60 | 7.70 | 4.20 | 1.90 | 1.50 | 1.40 | 1.30 | 1.60 | 2.20 | 3.80 | 8.59 |
| 1967 | 14.60 | 12.20 | 28.50 | 8.50 | 3.40 | 2.00 | 2.20 | 2.00 | 2.10 | 2.10 | 1.30 | 2.60 | 6.79 |
| 1968 | 53.60 | 4.50 | 14.40 | 8.90 | 3.50 | 1.80 | 1.90 | 2.20 | 2.20 | 2.60 | 5.70 | 4.90 | 8.93 |
| 1969 | 21.20 | 16.00 | 5.40 | 4.40 | 2.30 | 1.70 | 1.60 | 1.80 | 1.70 | 1.80 | 1.30 | 3.40 | 5.17 |
| 1970 | 15.40 | 38.90 | 15.70 | 8.70 | 3.60 | 2.00 | 1.60 | 1.70 | 1.60 | 1.60 | 1.30 | 2.60 | 7.71 |
| 1971 | 13.60 | 62.30 | 16.60 | 8.20 | 3.70 | 2.40 | 2.00 | 2.00 | 1.80 | 1.70 | 1.40 | 3.20 | 9.58 |
| 1972 | 24.90 | 16.10 | 21.40 | 13.60 | 4.60 | 3.20 | 2.90 | 2.20 | 2.30 | 2.70 | 3.00 | 3.10 | 8.31 |
| 1973 | 16.00 | 103.30 | 77.20 | 16.30 | 4.80 | 3.10 | 3.60 | 2.30 | 2.40 | 2.50 | 2.60 | 3.60 | 19.33 |
| 1974 | 18.30 | 146.00 | 25.50 | 15.90 | 13.90 | 2.60 | 3.10 | 2.40 | 2.30 | 3.40 | 2.50 | 3.10 | 19.12 |
| 1975 | 11.80 | 151.90 | 72.60 | 40.00 | 6.10 | 3.50 | 2.90 | 1.90 | 1.30 | 1.20 | 1.80 | 2.20 | 23.95 |
| 1976 | 3.00 | 50.30 | 62.00 | 11.70 | 2.90 | 1.80 | 1.80 | 2.30 | 2.90 | 3.60 | 1.60 | 2.60 | 12.01 |
| 1977 | 24.60 | 86.50 | 52.00 | 16.90 | 4.90 | 2.90 | 2.00 | 1.80 | 2.30 | 2.30 | 4.10 | 7.20 | 16.89 |
| 1978 | 41.10 | 33.30 | 6.70 | 7.20 | 5.30 | 1.60 | 1.20 | 1.40 | 1.60 | 1.30 | 2.20 | 1.80 | 8.60 |
| 1979 | 30.40 | 58.40 | 29.10 | 10.70 | 2.20 | 2.20 | 2.20 | 1.60 | 1.50 | 1.90 | 1.70 | 2.80 | 11.80 |
| 1980 | 16.60 | 38.20 | 25.40 | 10.70 | 10.50 | 3.50 | 2.00 | 1.80 | 1.50 | 1.10 | 2.00 | 2.80 | 9.52 |
| 1981 | 18.70 | 69.80 | 29.50 | 13.00 | 3.00 | 3.40 | 3.30 | 3.90 | 3.00 | 3.00 | 3.20 | 4.40 | 12.84 |
| 1982 | 34.70 | 8.10 | 18.10 | 15.40 | 3.50 | 3.20 | 2.60 | 2.70 | 3.90 | 5.20 | 10.50 | 9.30 | 9.80 |
| 1983 | 4.80 | 4.40 | 4.30 | 4.30 | 2.50 | 1.70 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.50 | 1.00 | 2.00 | 2.55 |
| 1984 | 27.70 | 98.00 | 79.20 | 24.10 | 6.20 | 3.90 | 3.10 | 3.00 | 2.50 | 2.90 | 24.40 | 44.50 | 26.23 |
| 1985 | 25.10 | 65.20 | 48.60 | 42.50 | 11.40 | 8.50 | 5.90 | 3.30 | 2.60 | 2.40 | 2.70 | 3.40 | 18.16 |
| 1986 | 36.80 | 79.20 | 102.60 | 47.20 | 8.10 | 6.00 | 3.50 | 3.10 | 3.20 | 1.70 | 1.20 | 6.10 | 24.60 |
| 1987 | 59.10 | 16.10 | 5.40 | 4.80 | 2.90 | 2.40 | 3.50 | 2.80 | 3.80 | 4.60 | 3.00 | 2.20 | 9.23 |
| 1988 | 28.60 | 29.90 | 35.00 | 23.30 | 4.80 | 2.10 | 1.70 | 2.10 | 2.00 | 2.80 | 3.60 | 2.70 | 11.45 |
| 1989 | 12.10 | 25.10 | 3.00 | 14.90 | 4.20 | 3.50 | 3.40 | 2.10 | 2.50 | 2.00 | 1.90 | 1.60 | 6.22 |
| 1990 | 8.10 | 4.90 | 5.20 | 2.80 | 1.80 | 2.70 | 5.40 | 1.60 | 1.40 | 1.90 | 5.90 | 9.70 | 4.29 |
| 1991 | 22.80 | 25.00 | 43.20 | 6.80 | 3.20 | 3.50 | 2.70 | 2.30 | 2.10 | 2.00 | 2.70 | 2.80 | 9.88 |
| 1992 | 5.20 | 4.80 | 3.40 | 1.30 | .82 | 1.00 | .97 | 1.30 | .99 | .86 | 1.30 | 2.80 | 2.05 |
| 1993 | 31.40 | 9.70 | 35.30 | 1.40 | 2.60 | 1.60 | 1.40 | 1.80 | 1.70 | 3.50 | 5.40 | 15.10 | 9.31 |
| 1994 | 66.00 | 107.50 | 12.10 | 10.40 | 6.10 | 2.90 | 2.50 | 2.00 | 1.90 | 1.70 | 2.20 | 4.10 | 17.76 |
| 1995 | 6.80 | 15.20 | 45.70 | 8.60 | 2.80 | 2.00 | 1.80 | 1.70 | 1.70 | 1.70 | 1.30 | 2.50 | 7.64 |
| 1996 | 20.30 | 35.50 | 13.90 | 11.80 | 3.50 | 1.90 | 1.50 | 1.40 | .97 | 1.10 | 1.20 | 7.00 | 8.18 |
| 1997 | 28.80 | 71.70 | 22.60 | 4.00 | 3.00 | 1.50 | 1.40 | 1.70 | 1.80 | 1.20 | 2.30 | 5.60 | 11.79 |
| 1998 | 30.20 | 34.30 | 10.40 | 5.10 | 1.50 | 1.00 | .95 | .98 | .85 | .61 | 1.20 | 3.00 | 7.37 |
| 1999 | 9.00 | 88.10 | 88.40 | 26.60 | 4.20 | 1.90 | 1.30 | 1.00 | 1.10 | 2.30 | 1.10 | 1.60 | 18.48 |
| 2000 | 28.10 | 64.30 | 35.20 | 3.30 | 2.50 | 1.70 | 1.10 | 1.10 | .96 | 1.90 | .91 | 3.60 | 11.78 |
| 2001 | 36.60 | 88.00 | 65.00 | 32.20 | 4.80 | 2.30 | 1.90 | 1.50 | 1.30 | 1.20 | 1.20 | 1.50 | 19.39 |
| 2002 | 4.10 | 49.90 | 50.70 | 14.10 | 5.50 | 2.30 | 2.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 2.60 | 6.80 | 11.71 |
| 2003 | 13.20 | 39.50 | 39.40 | 7.00 | 2.70 | 1.80 | 1.30 | 1.20 | 1.20 | .96 | .83 | 3.70 | 9.25 |
| 2004 | 27.50 | 55.90 | 14.70 | 12.00 | 2.90 | 2.00 | 2.00 | 1.70 | 1.80 | 1.20 | .84 | 1.30 | 10.04 |
| 2005 | 5.40 | 41.40 | 11.10 | 8.80 | 1.70 | 1.20 | 1.10 | .76 | .83 | .47 | .72 | 2.80 | 6.13 |
| 2006 | 47.50 | 46.80 | 53.20 | 13.70 | 2.30 | 1.70 | 1.30 | 1.10 | 1.10 | .96 | 1.50 | 2.70 | 14.35 |
| PROMEDIO | 22.59 | 49.77 | 31.90 | 12.93 | 4.14 | 2.48 | 2.17 | 1.82 | 1.82 | 1.94 | 2.62 | 4.51 | 11.34 |
| MAX | 66.00 | 151.90 | 102.60 | 47.20 | 13.90 | 8.50 | 5.90 | 3.90 | 3.90 | 5.20 | 24.40 | 44.50 | 26.23 |
| MIN | 3.00 | 4.40 | 3.00 | 1.30 | .82 | 1.00 | .95 | .76 | .83 | .47 | .72 | 1.30 | 2.05 |
| DEV.TIP. | 14.13 | 34.41 | 23.24 | 9.58 | 2.33 | 1.18 | .96 | .60 | .66 | .89 | 3.41 | 6.00 | 5.29 |

SOURCE OF DATA: AUTODEMA " " MISSING DATA

Fuente: “Hidrología y Despacho Hídrico”, Informe N°4, Junio 2007 de LAHMEYER.

Cuadro N° 4.2.4-9
Caudales medios mensuales Estación Tuti Bocatoma.

| LAHMEYER AGUA Y ENERGIA AFIANZAMIENTO HIDRICO SISTEMA MAJES-SIGUAS AUTODEMA | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|--------|---|-------|-------|-------------------|------|------|---|------|-------|-------|----------------|
| TUTI BOCATOMA (c-intermedia) COLCA | | | CODIGO : TUTI.int ELEVACION 3650 M CUENCA : MAJES-CAMANA | | | LATITUD 15-32-00S | | | LONGITUD 71-31-00W AREA DE DRENAJE: 2127 KM2 | | | | |
| APORTE | (m3/s) DATOS EXTENDIDOS | | | | | | | | | | | | |
| ANO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | PROMEDIO ANUAL |
| 1952 | 51.20 | 98.00 | 59.70 | 17.80 | 7.00 | 3.80 | 2.90 | 2.60 | 2.50 | 3.20 | 2.50 | 3.70 | 20.82 |
| 1953 | 40.80 | 106.00 | 64.70 | 37.10 | 11.10 | 4.50 | 3.60 | 3.10 | 2.50 | 2.20 | 4.70 | 7.90 | 23.53 |
| 1954 | 18.10 | 117.50 | 62.70 | 25.90 | 7.70 | 3.90 | 3.00 | 2.70 | 2.30 | 2.40 | 2.80 | 3.30 | 20.43 |
| 1955 | 28.80 | 88.30 | 62.30 | 17.80 | 5.80 | 3.50 | 2.70 | 2.40 | 2.20 | 2.30 | 2.30 | 6.90 | 18.39 |
| 1956 | 26.50 | 54.80 | 37.10 | 10.50 | 5.20 | 3.30 | 2.40 | 2.30 | 2.00 | 2.60 | 2.50 | 3.20 | 12.47 |
| 1957 | 17.40 | 82.10 | 49.50 | 22.90 | 7.70 | 3.90 | 3.10 | 2.70 | 2.40 | 2.50 | 1.90 | 3.10 | 16.20 |
| 1958 | 12.90 | 63.50 | 41.10 | 16.70 | 6.00 | 3.50 | 2.60 | 2.40 | 2.20 | 2.50 | 2.60 | 3.30 | 12.97 |
| 1959 | 11.00 | 53.30 | 36.80 | 24.60 | 6.60 | 3.70 | 2.80 | 2.60 | 2.30 | 2.50 | 2.40 | 8.30 | 12.82 |
| 1960 | 71.90 | 112.10 | 66.40 | 37.40 | 12.10 | 4.70 | 3.60 | 3.20 | 3.00 | 2.80 | 5.40 | 7.20 | 27.01 |
| 1961 | 20.50 | 64.90 | 42.90 | 34.70 | 8.20 | 4.00 | 3.10 | 2.80 | 2.60 | 2.70 | 5.60 | 17.70 | 17.18 |
| 1962 | 45.20 | 87.20 | 56.10 | 29.20 | 7.70 | 3.90 | 2.90 | 2.70 | 2.50 | 2.50 | 1.90 | 4.00 | 20.10 |
| 1963 | 65.60 | 140.30 | 81.00 | 51.30 | 13.30 | 4.90 | 3.70 | 3.30 | 2.90 | 2.70 | 3.20 | 7.50 | 31.00 |
| 1964 | 7.50 | 26.50 | 22.80 | 24.30 | 5.60 | 3.40 | 2.50 | 2.40 | 2.20 | 2.60 | 2.70 | 4.70 | 8.81 |
| 1965 | 2.30 | 13.10 | 29.90 | 26.70 | 7.50 | 3.90 | 2.80 | 2.60 | 2.40 | 2.50 | 2.10 | 4.50 | 8.32 |
| 1966 | 7.90 | 48.40 | 53.70 | 16.10 | 6.00 | 3.40 | 2.70 | 2.40 | 2.00 | 1.50 | 3.20 | 5.80 | 12.56 |
| 1967 | 1.40 | 15.10 | 60.40 | 27.90 | 6.50 | 3.60 | 2.80 | 2.50 | 2.40 | 2.60 | 2.00 | 3.90 | 10.91 |
| 1968 | 20.50 | 12.90 | 28.50 | 18.60 | 6.10 | 3.50 | 2.80 | 2.50 | 2.20 | 2.60 | 5.60 | 7.60 | 9.45 |
| 1969 | 9.10 | 20.70 | 12.80 | 13.60 | 3.50 | 2.70 | 2.10 | 2.10 | 1.90 | 3.20 | 2.30 | 4.90 | 6.48 |
| 1970 | 19.70 | 59.20 | 31.60 | 19.70 | 6.10 | 3.50 | 2.70 | 2.50 | 2.30 | 2.60 | 2.30 | 4.20 | 12.75 |
| 1971 | 7.30 | 89.30 | 32.50 | 23.70 | 5.90 | 3.50 | 2.70 | 2.50 | 2.00 | 2.00 | 2.30 | 5.00 | 14.41 |
| 1972 | 43.20 | 23.30 | 50.60 | 33.80 | 8.90 | 4.00 | 3.40 | 2.90 | 2.70 | 3.00 | 3.50 | 5.60 | 15.40 |
| 1973 | 69.40 | 173.90 | 115.90 | 43.90 | 12.80 | 4.70 | 3.30 | 2.70 | 2.50 | 2.70 | 3.10 | 6.20 | 35.98 |
| 1974 | 160.30 | 185.00 | 54.20 | 32.40 | 7.30 | 3.90 | 2.80 | 2.20 | 1.70 | 1.80 | 2.40 | 5.10 | 37.46 |
| 1975 | 155.10 | 189.30 | 96.20 | 44.10 | 20.80 | 5.80 | 3.70 | 2.30 | 1.70 | 1.70 | 2.20 | 6.60 | 43.37 |
| 1976 | 28.80 | 104.50 | 80.00 | 25.60 | 11.40 | 4.70 | 4.70 | 3.60 | 2.90 | 3.20 | 2.40 | 4.10 | 22.53 |
| 1977 | 4.80 | 126.00 | 91.30 | 25.10 | 5.90 | 3.50 | 2.50 | 2.20 | 2.10 | 2.20 | 7.40 | 15.20 | 23.41 |
| 1978 | 88.60 | 51.30 | 14.90 | 20.60 | 6.40 | 3.30 | 2.50 | 2.20 | 2.00 | 1.90 | 3.90 | 2.50 | 16.52 |
| 1979 | 25.70 | 22.80 | 57.10 | 22.60 | 5.00 | 3.30 | 2.50 | 2.40 | 2.00 | 2.20 | 3.60 | 4.60 | 12.80 |
| 1980 | 7.10 | 14.10 | 39.00 | 29.20 | 3.80 | 2.70 | 2.00 | 2.40 | 2.30 | 2.30 | 2.30 | 5.30 | 9.34 |
| 1981 | 33.00 | 172.30 | 59.10 | 38.40 | 9.80 | 4.40 | 3.50 | 3.70 | 3.10 | 3.20 | 3.30 | 5.80 | 27.39 |
| 1982 | 30.90 | 31.50 | 44.70 | 42.60 | 6.20 | 3.50 | 2.70 | 2.70 | 2.60 | 3.20 | 10.90 | 9.20 | 15.79 |
| 1983 | 2.60 | 4.90 | 6.60 | 9.10 | 3.40 | 2.70 | 2.10 | 2.70 | 2.60 | 2.60 | 1.80 | 2.90 | 3.65 |
| 1984 | 30.90 | 197.00 | 119.00 | 52.90 | 11.10 | 4.50 | 3.30 | 3.20 | 2.60 | 2.90 | 2.90 | 7.90 | 35.54 |
| 1985 | 18.00 | 127.60 | 82.00 | 70.00 | 28.30 | 6.90 | 6.20 | 6.00 | 4.20 | 3.80 | 4.60 | 6.00 | 29.66 |
| 1986 | 66.60 | 96.00 | 116.10 | 64.10 | 15.40 | 3.60 | 6.90 | 6.40 | 4.40 | 3.40 | 3.40 | 13.40 | 32.99 |
| 1987 | 95.90 | 22.50 | 6.80 | 4.00 | 3.60 | 3.50 | 3.30 | 5.60 | 5.60 | 3.80 | 3.10 | 15.00 | 14.44 |
| 1988 | 41.70 | 45.20 | 54.30 | 53.60 | 11.00 | 6.40 | 3.80 | 3.40 | 3.80 | 5.10 | 4.20 | 2.30 | 19.40 |
| 1989 | 25.00 | 56.80 | 53.00 | 37.00 | 9.30 | 5.80 | 5.90 | 5.00 | 4.20 | 4.20 | 5.10 | 4.60 | 17.75 |
| 1990 | 13.70 | 8.40 | 9.20 | 33.80 | 2.20 | 3.40 | 1.90 | 1.70 | 1.60 | 2.70 | 9.70 | 19.80 | 8.98 |
| 1991 | 45.30 | 40.90 | 67.10 | 15.00 | 5.20 | 4.80 | 3.30 | 2.60 | 2.40 | 2.40 | 3.20 | 3.20 | 16.21 |
| 1992 | 5.70 | 5.00 | 6.60 | 2.90 | 2.40 | 2.00 | 2.30 | 2.10 | 2.00 | 1.90 | 2.30 | 4.20 | 3.28 |
| 1993 | 37.90 | 16.30 | 53.40 | 8.50 | 5.10 | 3.30 | 2.90 | 2.70 | 1.60 | 1.40 | 6.90 | 20.70 | 13.46 |
| 1994 | 82.90 | 140.90 | 41.70 | 31.70 | 16.80 | 3.90 | 2.40 | 1.90 | 1.40 | 1.10 | 1.40 | 3.60 | 26.82 |
| 1995 | 10.80 | 14.40 | 88.10 | 15.90 | 3.10 | 2.00 | 1.50 | 1.30 | .96 | .57 | 7.20 | 5.80 | 12.69 |
| 1996 | 40.30 | 83.50 | 31.40 | 23.90 | 5.60 | 3.50 | 2.50 | 2.70 | 2.20 | 2.50 | 1.70 | 6.60 | 16.80 |
| 1997 | 50.70 | 114.00 | 57.50 | 13.90 | 3.90 | 2.20 | 1.80 | 2.00 | 2.30 | 1.80 | 2.30 | 5.70 | 20.99 |
| 1998 | 51.00 | 57.30 | 20.10 | 11.00 | 3.30 | 2.30 | 2.20 | 1.60 | 1.30 | 1.40 | 1.80 | 3.30 | 12.81 |
| 1999 | 13.80 | 125.80 | 143.00 | 42.10 | 9.90 | 3.90 | 2.80 | 2.10 | 2.20 | 3.10 | 2.10 | 5.10 | 29.12 |
| 2000 | 59.10 | 124.80 | 115.10 | 15.60 | 6.90 | 4.50 | 3.50 | 2.90 | 2.20 | 3.50 | 1.80 | 3.30 | 28.12 |
| 2001 | 91.20 | 168.30 | 106.00 | 60.80 | 12.10 | 5.90 | 4.50 | 3.20 | 2.60 | 2.20 | 1.80 | 1.90 | 37.62 |
| 2002 | 6.20 | 101.60 | 119.90 | 61.60 | 17.30 | 5.50 | 4.60 | 3.10 | 2.40 | 2.30 | 2.90 | 6.70 | 27.39 |
| 2003 | 16.20 | 54.40 | 76.90 | 32.70 | 5.90 | 3.60 | 2.70 | 2.00 | 2.00 | 1.70 | 1.20 | 5.00 | 16.82 |
| 2004 | 59.10 | 88.40 | 39.60 | 34.50 | 5.90 | 3.50 | 3.20 | 2.20 | 2.20 | 1.90 | 1.60 | 2.20 | 19.95 |
| 2005 | 11.70 | 71.20 | 24.50 | 19.60 | 4.30 | 2.90 | 2.30 | 2.10 | 2.20 | 2.10 | 2.00 | 4.40 | 12.06 |
| 2006 | 52.70 | 83.30 | 106.30 | 46.50 | 9.40 | 4.80 | 3.50 | 2.60 | 1.90 | 2.20 | 3.10 | 5.60 | 26.54 |
| PROMEDIO | 37.48 | 78.10 | 57.81 | 29.37 | 8.10 | 3.90 | 3.10 | 2.78 | 2.42 | 2.52 | 3.33 | 6.29 | 19.27 |
| MAX | 160.30 | 197.00 | 143.00 | 70.00 | 28.30 | 6.90 | 6.90 | 6.40 | 5.60 | 5.10 | 10.90 | 20.70 | 43.37 |
| MIN | 1.40 | 4.90 | 6.60 | 2.90 | 2.20 | 2.00 | 1.50 | 1.30 | .96 | .57 | 1.20 | 1.90 | 3.28 |
| DEV.TIP. | 34.39 | 53.24 | 33.20 | 15.60 | 4.80 | 1.03 | 1.03 | .97 | .78 | .77 | 1.99 | 4.21 | 9.20 |

SOURCE OF DATA: AUTODEMA

"-" MISSING DATA

Fuente: “Hidrología y Despacho Hídrico”, Informe N°4, Junio 2007 de LAHMEYER.

De los cuadros 4.2.4-7, 4.2.4-8 y 4.2.4-9 se observa que el caudal promedio anual en la cuenca de la estación angostura es de 11,16 m³/s , en la estación Condorama el caudal medio anual es de 11,34 m³/s y en estación Bocatoma Tutti el caudal medio anual es de 19,27 m³/s; lo que nos conlleva a decir que la cuenca del rio Apurímac tiene menos escorrentía que la cuenca del Rio Colca y que la cuenca intermedia hasta la estación Tutti tiene un aporte importante.

De los datos recolectados en la visita de campo, se tiene que el caudal en el río Apurímac se incrementó solamente en $1 \text{ m}^3/\text{s}$ entre Angostura y aguas arriba de la confluencia con el río Salado. Los caudales aforados fueron de $4 \text{ m}^3/\text{s}$ y $5 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente. Dado que los caudales aforados en todos los tributarios que presentaron caudal en el tramo dieron un total aproximado de $2.0 \text{ m}^3/\text{s}$ y considerando una recarga sub-superficial sobre el cauce del río Apurímac de entre $0,5$ y $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$, se tiene que el aprovechamiento hídrico sobre el río Apurímac está en el rango de entre $1,5$ a $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$, para el tramo en estudio al momento de la visita de campo.

El Niño / Oscilación del Sur (ENSO)

La ocurrencia de este fenómeno climático causa desastres de diferentes magnitudes y tipos, sobre gran parte del hemisferio Sur y los países cercanos a la línea Ecuatorial. Dentro del período de registro de lluvia, es conocido que ocurrieron eventos fuertes del ENSO en los años: 1957-58, 1972-73, 1982-83, 1986, 1997-98

Según la documentación del evento 1982-83, el efecto sobre un área extensa en la zona ecuatorial de América causó una sequía sostenida en Centro América, particularmente en México, mientras que las zonas del Caribe, Baja California y la costa del Ecuador y Perú sufrieron tormentas y crecidas. Los eventos de año 1982-83 y 1997-98, es conocido como el más fuerte todavía registrado en el Perú, causando lluvias sostenidas, crecidas máximas absolutas y que generaron desbordamientos e inundaciones en varias cuencas de la vertiente del Pacífico.

Sin embargo, en la región de la sierra del Perú y sobre el área del proyecto, el fenómeno del Niño generalmente lo que causa es sequía, desviando el régimen hidroclimatológico común de la región.

Trabajos de Campo

Los trabajos de campo se efectuaron los días 07 al 16 de diciembre del 2009. Las actividades realizadas se resumen principalmente en:

- Medición de caudales en las partes más altas de los ríos Hornillos y Apurímac.
- Medición de caudales en el río Apurímac desde la confluencia con el río Hornillos hasta el río Salado.
- Medición de caudales sobre los principales tributarios del río Apurímac en dicho tramo.
- Reconocimiento de principales corrientes permanentes tributarios del río Apurímac y cuerpos de agua ubicados dentro de la zona de estudio.
- Características de tipo cauce y parámetros hidro-geomorfológicos de la red hidrográfica.
- Reconocimiento de zonas de afloramientos subsuperficiales.

Se realizaron aforos en los 14 puntos inventariados preliminarmente, así como en otros 21 puntos adicionales. En el Cuadro 4.2.4-10, se muestra los caudales en el río Apurímac aforados en los trabajos de campo realizados en diciembre del 2009.

Cuadro N° 4.2.4-10
Aforos sobre el río Apurímac. Del 09-16 de Diciembre de 2009.

| N° | CODIGO | DESCRIPCION | COORDENADAS | | CAUDAL (m ³ /s) |
|----|--------|--|-------------|-----------|----------------------------|
| | | | E | N | |
| 1 | HI-01A | Río Apurímac, zona Jayune. | 220 092 | 8 321 517 | 4,31 |
| 2 | HI-01B | Río Apurímac. | 219 308 | 8 322 137 | 3,72 |
| 3 | HI-01C | Río Apurímac, Estación Hidrométrica La Angostura. | 217 079 | 8 320 933 | 4,63 |
| 4 | HI-01C | Río Apurímac, Estación Hidrométrica La Angostura. | 217 079 | 8 320 933 | 4,08 |
| 5 | HI-01E | Río Apurímac, antes de la confluencia con el río Hornillos. | 216 756 | 8 320 855 | 3,63 |
| 6 | HI-01F | Río Apurímac. | 217 067 | 8 322 116 | 4,16 |
| 7 | HI-01H | Río Apurímac. Puente Caylloma | 204 551 | 8 319 291 | 2,20 |
| 8 | HI-04A | Río Apurímac, aguas arriba de la confluencia con Cayo Mani y Cernitambo. Tres cañones. | 219 454 | 8 342 721 | 4,09 |
| 9 | HI-06A | Río Apurímac. | 220 115 | 8 343 561 | 3,48 |
| 10 | HI-08C | Río Apurímac | 221 189 | 8 346 494 | 4,39 |
| 11 | HI-10A | Río Apurímac, aguas abajo de Río Sañu. | 226 241 | 8 350 489 | 4,27 |
| 12 | HI-12A | Río Apurímac, Puente Coporaque | 232 362 | 8 361 821 | 4,63 |
| 13 | HI-13A | Río Apurímac, aguas arriba de la confluencia con el río Oquero. | 233 186 | 8 367 755 | 3,87 |

UTM PSAD56 Zona 19

Los aforos realizados en los tributarios que tienen un régimen de tipo permanente y otros en el tramo de estudio se muestran en el Cuadro 4.2.4-11.

Cuadro N° 4.2.4-11
Aforos sobre tributarios del río Apurímac que presentaron caudales. Del 09-16 de Diciembre de 2009.

| N° | CODIGO | DESCRIPCION | COORDENADAS | | CAUDAL (m ³ /s) | AREA Km ² |
|----|--------|--|-------------|-----------|----------------------------|----------------------|
| | | | E | N | | |
| 14 | HI-01 | Quebrada Andamayo, unión de quebradas Huanllamayo y Palcapampa. | 222 131 | 8 321 121 | 0,04 | 53,0 |
| 15 | HI-01D | Río Hornillos, cuenca alta. | 218 500 | 8 316 123 | 0,75 | 405,9 |
| 16 | HI-01G | Río Hornillos, antes de la confluencia con el río Apurímac. | 216 960 | 8 320 521 | 0,64 | 623,0 |
| 17 | HI-02 | Quebrada unión de Huayurune y Leccesire. | 221 936 | 8 326 145 | 0,04 | 41,2 |
| 18 | HI-03 | Quebrada, unión de quebradas Tayalaca y Ocopujro. | 220 314 | 8 328 038 | 0,01 | 13,6 |
| 19 | HI-04 | Quebrada Racaipampa. | 219 493 | 8 332 408 | 0,02 | 24,4 |
| 20 | HI-05 | Río Cernitambo aguas arriba de la confluencia con el río Apurímac. | 219 514 | 8 342 791 | 0,11 | 76,0 |
| 21 | HI-06 | Río Cayo Mani. | 219 321 | 8 342 996 | 0,24 | 203,7 |
| 22 | HI-07 | Quebrada Totorani. | 220 095 | 8 344 209 | 0,05 | 32,6 |
| 23 | HI-08 | Quebrada Pujruta. | 220 525 | 8 345 005 | 0,04 | 14,8 |
| 24 | HI-08A | Quebrada Chaquimayo | 220 817 | 8 345 820 | 0,04 | 13,4 |
| 25 | HI-08B | Quebrada Maccapa | 221 030 | 8 346 407 | 0,02 | 9,1 |
| 26 | HI-08D | Quebrada Huertapampa | 222 009 | 8 346 775 | 0,04 | 2,6 |
| 27 | HI-09 | Quebrada Mormontoni. | 223 080 | 8 347 666 | 0,03 | 15,1 |
| 28 | HI-09A | Quebrada Maucayaccta | 224 288 | 8 349 005 | 0,03 | 9,2 |
| 29 | HI-10 | Río Sañu. | 225 949 | 8 350 603 | 0,66 | 614,2 |
| 30 | HI-10B | Quebrada Toccruyo Mayo | 230 529 | 8 355 159 | 0,01 | 17,8 |
| 31 | HI-10C | Quebrada Machacollo | 229 046 | 8 354 319 | 0,01 | 12,1 |
| 32 | HI-11 | Quebrada Humahuala. | 232 657 | 8 357 966 | 0,01 | 16,4 |
| 33 | HI-12 | Río Huayllumayo. | 232 695 | 8 360 107 | 0,02 | 142,0 |
| 34 | HI-13 | Río Oquero. | 233 139 | 8 367 868 | 1,17 | 934,1 |
| 35 | HI-14 | Río Salado. | 236 689 | 8 372 941 | 3,41 | 2700 |

UTM PSAD56 Zona 19

Las ubicaciones de los puntos de medición de caudales de la visita de campo se muestran en el Plano CSL-096200-1-HI-02. El plano de subcuencas de los tributarios que presentaron caudales se muestran en CSL-096200-1-HI-03

Los tributarios del río Apurímac que se han aforado y que tienen régimen permanente son; ríos Hornillos, Cayo Mani, Cernitambo, Sañu, Huayllumayo, Oquero y Salado. El resto de quebradas aforadas presentan flujo estacional. Otros aportes superficiales menores provienen de pequeños afloramientos de aguas subsuperficiales ubicados principalmente desde la zona de la confluencia de los ríos Cayo Mani y Apurímac hacia aguas abajo hasta el río Salado. El agua de éstos tributarios y los pequeños aportes de manantiales es toda el agua superficial que discurre por el río Apurímac durante la época de estiaje en el tramo hasta el río Salado, es decir, luego de que toda el agua superficial proveniente de precipitaciones ha escurrido completamente y todo el aporte al cauce del río Apurímac proviene de los almacenamiento subterráneos, ya sea directamente sobre su cauce o sobre el cauce de sus tributarios permanentes.

Cabe señalar que los caudales aforados han sido calculados mediante el método de las dovelas y las velocidades medidas con el equipo Flow Probe 201, fabricado por Global Water Instruments Inc. El error estimado en la determinación de caudales es de aproximadamente $\pm 5\%$.

Los caudales que se presentan en los tributarios principales aforados y que se muestran en Cuadro 4.2.4-10, no son caudales naturales, debido a que existen usos consuntivos de agua principalmente en las partes medias de dichas subcuencas y que son destinadas principalmente a agricultura, consumo pecuario, uso minero y de consumo humano. Cabe señalar que el río Huayllumayo está regulado para proveer de agua para consumo humano a la población de Yauri y anexos cercanos.

A continuación se muestran fotos de los trabajos de campo realizados.



Foto N° 4.2.4-4: Ubicación de la sección de aforo HI-01E. Río Apurímac, aguas arriba de la confluencia con el río Hornillos. $Q=3,63 \text{ m}^3/\text{s}$.



Foto N° 4.2.4-5: Aforo HI-01G Río Hornillos, antes de confluencia con Apurímac $Q=0,64$ m^3/s .



Foto N° 4.2.4-6: Ubicación de la sección de aforo HI-01C (estación Angostura). Río Apurímac. Se realizaron dos mediciones, el 10 y 13 de diciembre, $Q=4,63$ m^3/s y $Q=4,08$ m^3/s respectivamente.



Foto N°4.2.4-7: Aforo HI-01F Río Apurímac, $Q=4,16 \text{ m}^3/\text{s}$.



Foto N°4.2.4-8: Aforo HI-01A Río Apurímac, $Q=4,31 \text{ m}^3/\text{s}$.



Foto N° 4.2.4-9: Río Cayo Mani, aforo HI-06, confluencia con río Apurímac. $Q=0,24 \text{ m}^3/\text{s}$.



Foto N° 4.2.4-10: Río Apurímac, aforo HI-04A, aguas arriba de confluencia con ríos Cernitambo y Cayo Mani. Zona Tres Cañones. $Q=4,09 \text{ m}^3/\text{s}$.



Foto N°4.2.4-11: Río Cernitambo, aforo HI-05, agua s arriba confluencia con río Apurímac.
 $Q=0,11 \text{ m}^3/\text{s}$.



Foto N°4.2.4-12: Río Apurímac, aforo HI-08C. Aguas arriba de proyectada bocatoma cañón del Apurímac. $Q=4,39 \text{ m}^3/\text{s}$.



Foto N°4.2.4-13: Río Sañu, aforo HI-10, antes de confluencia con río Apurímac. $Q=0,66$ m^3/s .



Foto N°4.2.4-14: Río Apurímac, aforo HI-10A, aguas abajo de la confluencia con río Sañu y aguas abajo de la proyectada bocatoma cañón del Apurímac. $Q=4,27$ m^3/s .



Foto N° 4.2.4-15: Río Apurímac, aforo HI-12A, Puente Coporaque. $Q=4,63 \text{ m}^3/\text{s}$.



Foto N° 4.2.4-16: Río Oquero, aforo HI-13, aguas arriba de confluencia con el río Apurímac. $Q=1,17 \text{ m}^3/\text{s}$.



Foto N° 4.2.4-17: Río Apurímac, aforo HI-13A, aguas arriba de confluencia con el río Oquero. $Q=3,87 \text{ m}^3/\text{s}$.



Foto 4.2.4-18: Río Salado, aforo HI-14, aguas arriba de confluencia con el río Apurímac. $Q=3,41 \text{ m}^3/\text{s}$

Adicionalmente, durante la visita de campo se obtuvo información sobre las características técnicas de medición de la estación hidrométrica La Angostura.

Por otro lado, y junto con el experto en biología, se reconocieron condiciones y características principales de zonas de hábitat en el tramo considerado del río Apurímac, principalmente hábitats de truchas.

E. Caudales

Los caudales medios en la cuenca alta del río Apurímac en el periodo 1962 hasta 2006 considerando la información histórica de los caudales medios mensuales con respecto a las estaciones La Angostura (1962- 2006), Pte Colgante (1965-1992) y Pte Carretera (1951-1964) se pueden observar en el cuadro N° 4.2.4-12

Cuadro N° 4.2.4-12

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | PROM |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| PROM | 23.08 | 31.45 | 33.88 | 11.53 | 5.53 | 4.02 | 3.61 | 3.56 | 3.41 | 3.28 | 3.85 | 5.50 | 11.06 |
| DESVST | 16.22 | 17.17 | 20.71 | 6.07 | 2.25 | 1.35 | 0.91 | 0.83 | 0.89 | 0.95 | 1.72 | 2.43 | 4.10 |
| MAX | 64.79 | 76.65 | 95.34 | 31.39 | 11.81 | 6.35 | 5.09 | 4.86 | 5.92 | 5.65 | 9.97 | 15.92 | 19.38 |
| MIN | 3.96 | 3.09 | 4.81 | 1.52 | 2.36 | 1.30 | 1.66 | 1.64 | 1.45 | 1.77 | 1.35 | 1.77 | 2.73 |

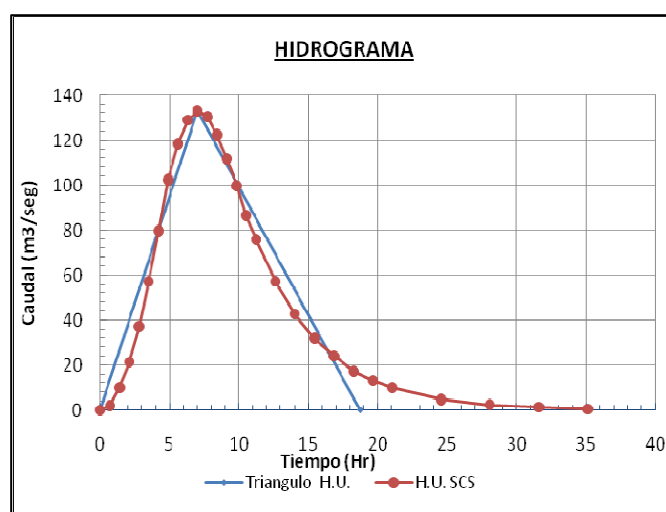
Fuente Agua y Agro

El caudal mínimo medio mensual ocurre en el mes de octubre con $3,28 \text{ m}^3/\text{s}$ y el caudal medio máximo en período de lluvias es de $33,38 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes de marzo, como promedio máximo anual se tiene $11,06 \text{ m}^3/\text{s}$ y el promedio mínimo anual es de $2,73 \text{ m}^3/\text{s}$.

Caudales Máximos

Para determinar los caudales máximos se emplearon los métodos indirectos como el MAC MATH, HUS y SCS, para luego utilizar los métodos de distribución de extremos como el método GUMBEL y LOG PEARSON TIPO III. Como resultado el hidrograma en la cuenca del río Angostura se puede observar en el grafico N° 4.2.4-1.

Grafico N° 4.2.4-1



Fuente: Plan Meriss

F. Usos de Agua

Los usos de agua que son satisfechos tomados directamente del curso principal del río Apurímac dentro del área de estudio que han sido observados en las visitas de campo son menores. Estos se refieren principalmente a pequeños sistemas de riego, consumo pecuario, y en menor proporción, consumo humano. Se ha estimado, luego de la visita de campo y de los aforos realizados, en diciembre del 2009, el consumo sobre del río Apurímac era del orden de entre 20 a 25 L/s/km en promedio, dentro de los aproximadamente 78 km entre el eje del dique Angostura y la confluencia con el río Salado, es decir de aproximadamente 1,5 a 2,0 m³/s entre éstos dos puntos.

Definición de las demandas de agua

La demanda actual de agua en la cuenca corresponde a la demanda de la Etapa I del Proyecto Majes –Sigüas, el cual tiene que irrigar 22 000 ha y que tiene como demanda hídrica un volumen de 4112 MMC, según se detalla en el Cuadro N° 4.2.4-13.

La demanda Futura en la cuenca corresponde a la demanda de la Etapa II del Proyecto Majes – Sigüas, el cual tiene que irrigar 38 000 Ha y que tiene como demanda hídrica un volumen de 542,2 MMC, según se detalla en el Cuadro N° 4.2.4-13.

Las dos etapas irrigan un total de 60 000 Ha (área total).

La demanda de riego se calculo mediante las cédulas de cultivo y rotaciones en un ciclo anual definido y proyectadas en la etapa I y etapa II del Proyecto Majes-Sigüas.

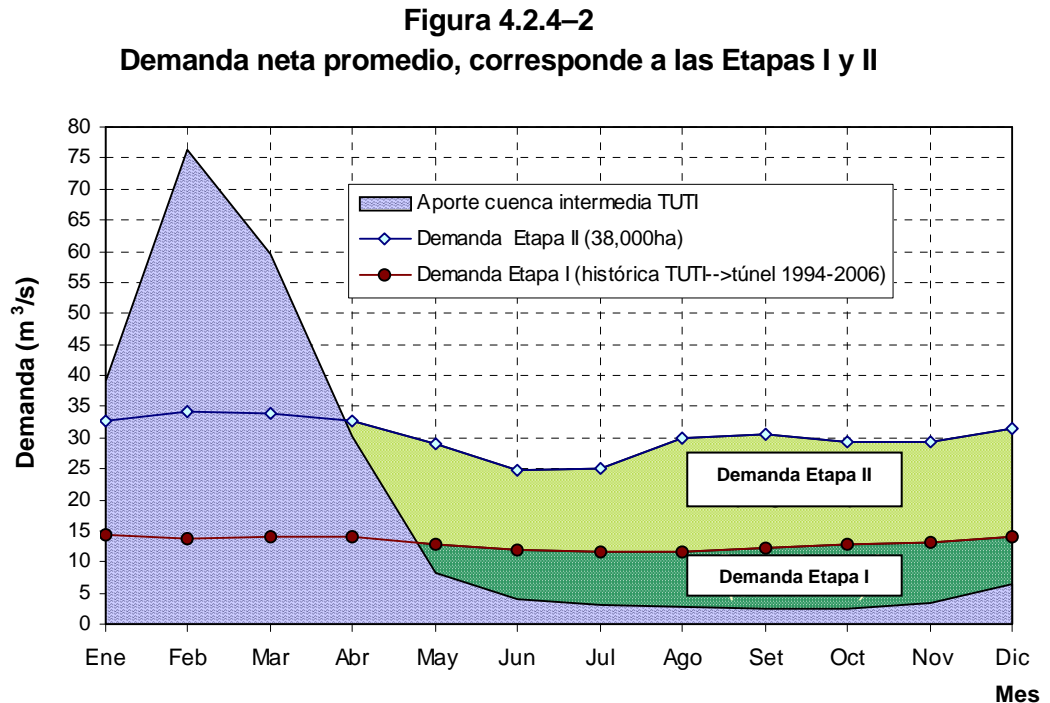
Cuadro 4.2.4-13
Demanda de Riego Pampa Majes-Sigüas, promedio mensual Etapas I y II

| Mes | Etapa I (22,000 ha)* | | Etapa II (38,000 ha) | | Total I+II (60,000 ha) | |
|-------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| | (m ³ /s) | (Mm ³) | (m ³ /s) | (Mm ³) | (m ³ /s) | (Mm ³) |
| Enero | 14.36 | 38.5 | 17.99 | 48.2 | 32.35 | 86.7 |
| Febrero | 13.75 | 33.6 | 20.47 | 50.0 | 34.22 | 83.5 |
| Marzo | 14.18 | 38.0 | 19.64 | 52.6 | 33.81 | 90.6 |
| Abril | 13.96 | 36.2 | 18.85 | 48.9 | 32.81 | 85.1 |
| Mayo | 12.77 | 34.2 | 16.32 | 43.7 | 29.08 | 77.9 |
| Junio | 12.04 | 31.2 | 12.76 | 33.1 | 24.80 | 64.3 |
| Julio | 11.60 | 31.1 | 13.52 | 36.2 | 25.12 | 67.3 |
| Agosto | 11.59 | 31.0 | 18.47 | 49.5 | 30.06 | 80.5 |
| Setiembre | 12.12 | 31.4 | 18.27 | 47.4 | 30.39 | 78.8 |
| Octubre | 12.96 | 34.7 | 16.35 | 43.8 | 29.32 | 78.5 |
| Noviembre | 12.98 | 33.7 | 16.28 | 42.2 | 29.27 | 75.9 |
| Diciembre | 14.07 | 37.7 | 17.45 | 46.7 | 31.52 | 84.4 |
| Prom./total | 13.03 | 411.2 | 17.18 | 542.2 | 30.21 | 953.3 |

* Descarga promedio mensual por el túnel Tuti-Pitay 1994-2006

Fuente: Contratación de Servicios de Ingeniería para el proceso de Concesión de Obras Mayores de Afianzamiento Hídrico y de Infraestructura para Irrigación de las Pampas de Sigüas PROINVERSION.

Como se observa en la figura 4.2.4-2 la demanda Neta promedio de la Etapa I y Etapa II del Proyecto Majes-Siguas y el aporte de la cuenca Intermedia no regulada distribuida mensualmente.



Fuente: Contratación de Servicios de Ingeniería para el proceso de Concesión de Obras Mayores de Afianzamiento Hídrico y de Infraestructura para Irrigación de las Pampas de Sigwas PROINVERSION

En relación a las demandas directas actuales del río Apurímac, son:

- a) La demanda Agrícola, que corresponde a tres proyectos principales, los cuales son:
 - Irrigación Belén
 - Irrigación Cepillata
 - Irrigación Chalqui

- b) La demanda minera, referida a operaciones y proyectos mineros, pero que no toman directamente agua del río Apurímac, sino más bien de las partes altas de las subcuencas de los ríos aportantes al río Apurímac, aguas debajo de Angostura.

- c) La demanda poblacional, para la que el consumo actual, es mínimo y atendida de tomas de quebradas y tributarios menores, por lo que se considera demanda cero.

En resumen se puede observar en el siguiente cuadro:

Cuadro Nº 4.2.4-14

| USO ACTUAL (m ³ /s) | ITEM | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|--------------------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | DEMANDA AGRICOLA | | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,56 | 0,63 |
| IRRIGACION BELEN | | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,26 | 0,06 |
| IRRIGACION CEPILLATA | | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,22 | 0,05 |
| IRRIGACION CHALQUI | | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,15 | 0,04 |
| DEMANDA MINERA | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| DEMANDA POBLACIONAL | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| DEMANDA SUB TOTAL | | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,56 | 0,63 | 0,15 |

Fuente: Elaboración Propia

Del Cuadro Nº 4.2.4-14, se puede observar que la máxima demanda se realiza en el mes de noviembre con un consumo de 0,63 m³/s.

En relación a la demanda futura se tiene lo siguiente:

- a) La demanda agrícola aumentara debido a un proyecto del Plan Meriss “Proyecto Irrigación Cañón del Apurímac” el cual ampliara la frontera agrícola en 3 000 ha, que establece una demanda de mensual como se observa en el cuadro siguiente:

Cuadro Nº 4.2.4-15
Caudales en m³/s

| Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,11 | 0,11 | 0,12 | 1,30 | 2,10 | 1,91 | 1,95 | 2,17 | 2,53 | 2,31 | 2,56 | 0,51 |

Fuente Plan Meriss

- b) La demanda por consumo animal se considera en total 10,25 L/s el cual será en forma constante, en resumen se puede observar en el siguiente cuadro:

Cuadro Nº 4.2.4-16
Demanda Pecuaria

| Ganado | Cantidad (Cabezas) | Dotación (l/día por animal) | Requerimiento (l/s) |
|--------------|--------------------|-----------------------------|---------------------|
| Vacuno | 5250 | 120 | 7,29 |
| Ovino | 17500 | 10 | 2,03 |
| Sub Total | | | 9,32 |
| Otros (10%) | | | 0,93 |
| Total | | | 10,25 |

Fuente Plan Meriss

- c) La demanda del Caudal Ecológico como mínimo a lo largo del rio Apurímac es 2,4 m³/s

En resumen se puede observar en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.2.4-17
Demandas Futuras

| USO FUTURO (m ³ /s) | ITEM | ENE | FEB | MAR | ABR | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----|
| | D1 | 0,0 | 0,0 | 0,01 | 1,19 | 1,80 | 1,80 | 2,06 | 2,42 | 2,20 | 2,45 | 0,4 |
| D2 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | |
| D3 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | |
| D4 | 2,40 | 2,40 | 2,40 | 2,40 | 2,40 | 2,40 | 2,40 | 2,40 | 2,40 | 2,40 | 2,40 | |
| SUB TOTAL | 3,51 | 3,51 | 3,52 | 4,70 | 5,50 | 5,35 | 5,57 | 5,93 | 5,71 | 5,96 | 3,91 | |

Fuente Elaboración propia

- D1: Demanda Agrícola
- D2: Demanda Poblacional
- D3: Demanda Consumo Animal
- D4: Demanda del Hábitat

Como se puede observar en el cuadro N° 4.2.4-17, la demanda futura no se encuentra repartida equitativamente durante todo el año, la demanda máxima se realiza en el mes de Noviembre con un caudal de 5,96 m³/s. La mínima demanda se realiza en los meses de avenida con un caudal de 3.51 m³/s.

Conclusiones

- La precipitación media anual en la cuenca del río Apurímac hasta la sección Angostura es de aproximadamente 800 mm obtenido con datos de la estación Angostura.
- Los caudales que se presentan en los tributarios principales aforados en diciembre 2009 sobre el río Apurímac que se muestran en los Cuadros 4.2.4-10 y 4.2.4-11, no son caudales naturales, debido a que existen usos consuntivos de agua principalmente en las partes medias de dichas subcuencas y que son destinadas principalmente a agricultura, consumo pecuario, uso minero y de consumo humano.
- Para la cuenca del río Apurímac el valor de caudal promedio en la estación Angostura es de 11,16 m³/s para un área de 1290 km², lo que nos muestra un rendimiento de cuenca promedio de 8,5 L/s/km², un valor relativamente bajo comparado con cuencas similares.
- Para la cuenca del río Colca se estima que el rendimiento promedio es de 9,3 L/s/km². Este valor fue obtenido de las estimaciones de caudales medios en la estación Condoroma que presenta un caudal anual medio de 11,34 m³/s para un área de drenaje de 1219 km².
- La precipitación máxima de 24 horas para la cuenca del río Apurímac en la estación Angostura para un Periodo de Retorno de 1 000 años es de 97,4 mm.
- La avenida de 1 000 años de Periodo de Retorno en la estación Angostura tiene un Hidrograma con un caudal pico de 606 m³/s.
- La Avenida Máxima Probable es la avenida máxima que podría ocurrir y no presenta periodo de retorno. Presenta un caudal pico de 2870 m³/s.
- La Avenida Máxima Probable y la Avenida de 1 000 años de Periodo de Retorno son considerablemente amortiguadas en el embalse Angostura. En el primer caso el Hidrograma de salida por el aliviadero muestra un caudal pico de 578 m³/s y en el segundo caso el caudal pico es de 78 m³/s.

4.2.5 Geología

A. INTRODUCCIÓN

El presente estudio, contiene información de la geología superficial, realizado en el área de la cuenca de recepción hídrica para el Proyecto Embalse Angostura II Etapa MAJES, y de la cabecera del río Apurímac hasta su confluencia con el río Salado. En el documento se describen los resultados obtenidos de la evaluación geológica a nivel regional y local, así mismo se describe los riesgos naturales a que estaría expuesto el proyecto.

La revisión y la evaluación de la información disponible del proyecto Represa Angostura, indica que sería necesario complementar los estudios básicos relacionados con Sismicidad Regional y Geotécnicos, a fin tener datos y parámetros geólogo-geotécnicos que garanticen el mejor diseño de las estructuras y seguridad de las obras de represamiento del recurso hídrico.

A1. Antecedentes

Para el estudio se ha tomado en cuenta información geológica disponible (regional y local) del área del proyecto, las mismas que se encuentran en los siguientes documentos:

- INGEMMET (1 988), Boletín N°40, Cuadrángulo de Caylloma.
- INGEMMET (1 983), Boletín N° 42, Cuadrángulos de Chivay, Callalli y Condorama, entre otros.
- INGEMMET (1 995), Boletín N°58, Cuadrángulos de Velille y Yauri, entre otros.
- AUTODEMA (1 994), Estudio de Aprovechamiento del Río Apurímac, Embalse de Angostura, Volumen N°02.
- AUTODEMA (2 007), Estudio de factibilidad del Proyecto Majes Siguan II Etapa, Volumen II Estudios Básicos, Tomo I, Anexo 3 Geología y Geotecnia.
- Apuntes de la fase de campo (Diciembre 2 009)

A2. Objetivos

Los objetivos que se persigue son:

- Identificación y descripción de las principales unidades geomorfológicas.
- Verificación y descripción de las unidades estratigráficas
- Evaluación de las estructuras de deformación.
- Identificación y descripción de los Riesgos Naturales.

A3. Metodología

Para cumplir con los objetivos propuestos se ha seguido las siguientes fases:

Fase Preliminar.

- Revisión de informaciones técnicas disponibles.

Fase de Campo.

- Constitución al área del proyecto durante el mes de diciembre del 2009.

Fase de Gabinete.

- Evaluación de informaciones obtenidas en la fase campo, con los cuales se ha elaborado los mapas geomorfológicos, geológicos, y riesgos naturales, así como la elaboración del informe respectivo durante el mes de Enero 2 010.

A4. Dificultades Encontradas.

Durante la evaluación geológica de la franja del Túnel de Derivación (fase de campo) se observó la ausencia de señales topográficas del eje túnel desde la entrada hasta la salida (monumentos, BMs, kilometraje, y accesos vehiculares y/o peatonales), específicamente en los dos últimos tramos a partir de la ventana 1, río Palcamayo, lo que no ha permitido hacer la evaluación del riesgo natural superficial en los tramos referidos.

B. GEOLOGIA REGIONAL

Los aspectos de geomorfología, estratigrafía y estructuras de deformación están basados en informaciones existentes y la observación realizada durante la fase de campo, agregándose el aspecto del Riesgo Natural.

B1. GEOMORFOLOGÍA

En la extensa área de sub-cuenca de recepción hídrica están identificadas varias unidades morfogenéticas, como: Altiplanicie, Zonas Volcánicas, Valle Fluvial, Depresión de Caylloma y Altas cumbres; a continuación se describen las características morfológicas de cada unidad. Ver Plano N° CSL-096200-1-GE-07 Geomorfolo gía Regional.

1) Altiplanicie Andina.

Esta unidad corresponde a los sectores como: hacienda San Antonio, León Ojana y Puca Puca, Pampa Puca Apana y cabecera del río Yanaso.

Estas geoformas alcanzan altitudes desde 4 200 hasta 5 000 msnm, con declives concéntricos y pendientes suaves a llanas (2°), desarrollados en las formaciones Ichoccollo y Sencca, en algunos parajes presentan estructuras de disyunción columnar y en otras formas cónicas. Obsérvese las Fotos N° 4.2 .5-1.



Fotos N°4.2.5-1 Altiplanicies Andinas

2) Depresión de Caylloma

Ubicada en la parte central de la sub-cuenca (Pampa Calera), alcanzan altitudes de 4,200 msnm, con pendientes suaves orientados de Oeste a Este, relieves concéntricas y onduladas, modeladas por los depósitos glaciares y aluviales pleistocénicos, disectada por el río Santiago – Calera hasta el estrecho de Angostura.

Al Este del apéndice se localiza parte de la Depresión Caylloma denominada Pampa Pusa Pusa, de forma rectangular, disectada por los ríos Hornillos (margen derecha) y Pusa Pusa (margen izquierda), con pendiente suave orientada de Sur a Norte hasta la confluencia con el río Angostura y pie del cañón Angostura (Zona de presa).

Existen otras depresiones con mayores altitudes localizados al Oeste y Sur de las pampas mencionadas, conformados por volcánicos pleistocénicos, sobre los cuales están desarrollados los ríos principales y secundarios hacia las pampas mencionadas.



**Depresión: Pampa Calera (parcial)
Fotos N°N°4.2.5-2**

**Depresión: Pampa Pusa Pusa (parcial).
Depresión Caylloma**

3) Altas Cumbres

Emplazada en los límites superiores de la sub-cuenca, tienen formas circulares y laterales, en los lados Sur, Oeste y Noroeste coinciden con el alineamiento de la Cordillera Chila

(unidad fisiográfica), alcanzan altitudes hasta 5 556 msnm, en el lado Norte corresponde a las cumbres de Sucuytambo - Cuchillada con 4 500 msnm de altitud, en el lado Sur y Este respecto a la Pampa Pusa Pusa, corresponde a las cumbres altas alineados desde el volcán Chungara hasta Ichoccollo- Huaypune y Chillatira.

Se caracterizan por presentar relieves agrestes, pendientes subverticales a empinados, modeladas en diferentes etapas de erosiones, integrados al 90 % con rocas volcánicas del grupo Tacaza (formaciones Orcopampa e Ichoccollo), formación Sencca y grupo Barroso, el 10 % restantes conforman rocas sedimentarias del grupo Yura y formación Arcurquina. Obsérvese la Fotos N°4.2.5-3.



Fotos N°s: 4.2.5-3 Cumbres Altas

4) Valles Fluviales.

Dentro de la sub-cuenca Caylloma existen dos cursos fluviales principales: ríos Hornillos y Santiago-Calera, desarrollados en el sistema subparalelo, orientados de Oeste a Este, con aportes secundarios de ambas márgenes, ambos ríos principales confluyen antes de ingresar al cañón Angostura (Zona de presa), a partir del cual el drenaje se orienta hacia el NE bajo la denominación río Angostura y/o Apurimac.

Por el lado Sur y Este (fuera del área de presa) se desarrolla la Vertiente Pacífico representado por el río Colca, proveniente del Embalse Condoroma, orientado de Sur a Norte hasta la confluencia con el río Chalhuanka proveniente del lado Norte sector Tarucamarca (salida del túnel de conducción), luego hace una flexión hacia el Oeste en

curso encañonado hasta la localidad de Sibayo, aquí recibe el aporte del río Pulpera (margen izquierda) sólo en épocas húmedas y río Calera (margen derecha) antes de la Toma Tuti.

Los drenajes fluviales mencionados se desarrollan en la Altiplanicie Andina, fluyen con gradientes moderados a suaves, los de la vertiente Atlántico son poco profundos, cauces estrechos y con encajonamientos por tramos, hasta antes de la localidad de Sibayo continúa en amplia; mientras la del Pacífico tienen mayores profundidades y cauces de estrecho y amplio en algunos tramos hasta la Captación Tuti. Obsérvese la Fotos N°4.2.5-4.



Valle río Santiago



Valle río Hornillos



Fotos N°4.2.5-4 Valles fluviales: Valle río Chalhu anca y Valle río Colca.

5) Zonas Volcánicas.

Geoformas modeladas en la parte central del área, tienen formas irregulares, altitudes elevadas, relieves accidentados y constituyen los aparatos volcánicos.

Las geoformas están controlados por la naturaleza litológica, por ejemplo el volcán Ccosana localizada en el área central es de forma cónica con pendientes de 30° y mesetas en sus alrededores, el volcán Pucara ubicado más hacia el Oeste tiene como

estructura de domo-lava con relieve ondulada y pendiente suave, y el volcán Chungara de forma en domo circular con su flanco Norte colapsada. Observe las Fotos N°4.2.5-5.



Fotos N°4.2.5-5 Volcanes colapsados. Volcán Ccosa na (flanco Oeste) y Volcán Pucara

B2. ESTRATIGRAFÍA

En la sub-cuenca Caylloma las unidades estratigráficas expuestas tienen edades desde el Mesozoico hasta el Cenozoico, no se exponen las rocas intrusivas e hipabisales, las unidades representativas están esquematizadas en el Plano N° CSL-096200-1-GE-01 Geología Regional, las mismas se resume en el siguiente Cuadro.

**Cuadro N° 4.2.5-1
Columna estratigráfica-Área de recepción Hídrica y derivación al río Colca.**

| ERAS | SISTEMA | SERIE | UNIDADES SEDIMENTARIAS | |
|---|-------------|-------------|------------------------|----------|
| | Periodo | Época | Unidad | Símbolos |
| C E N O Z O I C O | Cuaternario | Holoceno | Depósito Coluvial | Qh-co |
| | | | Depósito Aluvial | Qh-al |
| | | | Grupo Andagua | Qh-an |
| | | Pleistoceno | Depósito Fluvioglacial | Qpl-fg |
| | | | Grupo Barroso | Qpl-ba |
| | | | Formación Pusa | TQ-pu |
| | Terciario | Plioceno | Formación Sencca | Ts-se |
| | | | Formación Sillapaca | Nm-si |
| | | Mioceno | Formación Ichocollo | Tm-ich |
| | | | Formación | Tm-or |

| | | | | |
|---|----------|----------|-------------------------|--------|
| | | | Orcopampa | |
| M E S O Z O I C O | Cretáceo | Superior | Formación Arcurquina | Kms-ar |
| | | Medio | | |
| | | Inferior | Formación Hualhuani | Ki-hu |
| | | | Formación Gramadal | Ki-gr |
| | Jurásico | Superior | Formación Cachíos | Js-ca |
| | | | Formación Puentes | Jms-pu |
| | | Medio | | |

A continuación se describe las características litológicas de las unidades mencionadas siguiendo el orden del más antiguo al moderno.

Rocas Sedimentarias

GRUPO YURA

Descrito por J. Wilson (1 962) como grupo a la formación Yura de W. Jenks (1 948), a una secuencia sedimentaria de ambiente marino, localizada en la Región Arequipa. En el área el grupo Yura esta representado por las formaciones: Puente, Labra, Gramadal y Hualhuani.

- ✓ Formación Puente (Jms-pu).

Descrito por V. Benavides (1 962) inicialmente como miembro a las areniscas expuestas en el paraje Puente, frente a la localidad de Socosani, de la Región Arequipa.

Los afloramientos ocurren en ambas márgenes de la quebrada Ichohuayco, afluente del río Hornillos, infrayace a la formación Cachios en contacto concordante, y en discordancia angular a las formaciones Sencca (extremo SE) y Pusa (extremo NO), y parcialmente cubierto con depósito Fluvioglacial en la margen izquierda y extremo Sur.

Consiste en capas de areniscas y areniscas cuarzosas, gris oscuras a pardas, grano medio a fino, dispuestos en estratos con espesores de 10 a 20 cm, e intercalados con limolitas gris oscuras a claras.

La secuencia litológica contiene fósiles de las especies Cladophlebis sp, y Equisetites sp, los mismos corresponden al Sistema Jurásico.

En base a los fósiles mencionados se deduce la formación Puente fue depositado durante los pisos Caluviano – Oxfordiano, del Jurásico superior.

Esta unidad se correlaciona con la formación Velille (fuera del área).

- ✓ Formación Cachios (Ki-ca)

Los afloramientos en la margen derecha quebrada Ichohuayco y flanco Este del Anticlinal, suprayacen en contacto concordante a la formación Puente e infrayacen en contacto concordante a la formación Labra, a las formaciones de Sencca (dos sectores del extremo SE), y Pusa (extremo Norte) en discordancia angular, cubierto parcialmente con el depósito Fluvioglacial.

Conformado de limolitas gris oscuras a negras, friables con espesores de 5 a 10 cm, intercalado por capas de areniscas negras, grano fino, con espesor de 10 a 20 cm.

El afloramiento del paraje Pallca (fuera del área) contienen especies fosilizadas como: Nucula sp, Vaugonia sp, Quisetites sp y Eocallista sp, los cuales fueron depositados en los pisos Oxfordiano al Kimmeridgiano, del Jurásico superior al Cretáceo inferior.

La unidad se correlaciona con su homónima de la Región Arequipa.

- ✓ Formación Labra (JKi-la)

En los afloramientos de ambos márgenes del río Colca aguas debajo de la confluencia con el río Challhuanca no es visible la base, pero infrayace a la formación Gramadal en contacto concordante, a las formaciones Orcopampa y Sencca en discordancia angular, cubierto parcialmente con depósito Aluvial.

Consiste en una intercalación sucesiva de areniscas negras (10 a 20 cm), lutitas negras (5 a 10 cm), areniscas gris claras (de 5 a 10 cm) denominados localmente lajas, areniscas cuarzosas negras con pelitas negras, areniscas fosilíferas grises (10 a 20 cm), areniscas grises y blancas con estratificación cruzada y ripple marks, varios niveles de pelitas negras, areniscas intercaladas con lutitas negras y areniscas gris oscura y blanca, grano medio a fino (20 a 50 cm), pelitas grises a negras y tres niveles de areniscas marrón rojizas, ferruginosas y calcáreas.

El afloramiento en el campamento mina Bateas (Huayllacho) ambas márgenes del río Santiago infrayace a la formación Orcopampa en discordancia angular, y cubierto parcialmente con depósito Fluvioglacial.

Consiste en intercalaciones sucesivas de areniscas gris a gris oscura, grano medio a fino (10 a 20 cm), limolitas gris oscura (5 a 15 cm).

El afloramiento del paraje Pallca (fuera del área) contiene restos de las especies Trigonodai ind, Orthotrigonia Cox, Kimmeridgiano, Antirrigonia ef, entre otros; de acuerdo a estas evidencias paleontológicas se ha atribuido la depositación fue durante los pisos Titoniano – Berriasiano, correspondiente a los sistemas Jurásico superior al Cretáceo inferior.

Esta unidad se correlaciona con la homónima de la Región Arequipa.

✓ Formación Gramadal (Ki-gr)

Los afloramientos en el río Colca, aguas arriba de la localidad de Sibayo, suprayace a la formación Labra en contacto concordante, infrayace a la formación Arcurquina en discordancia angular, cubierto parcialmente con depósito Aluvial (cauce). Consiste de caliza gris, intercalado con niveles pelíticos negros, y areniscas gris blanquecinas hacia el techo, dispuestas en capas con espesores de 10 a 20 cm, en toda la secuencia hay tendencia del color rojizo debido al intemperismo y contenido de hierro; el espesor a nivel regional alcanza a 200 m.

La unidad se correlaciona con su homónima de la Región Arequipa.

✓ Formación Hualhuani (KI-hu)

Existe un afloramiento reducido (considerado como ventana) ubicado al NO y próximo al límite de la divisoria de aguas continental, no se conoce la base por encontrarse cubierto masivamente con la formación Orcopampa en discordancia angular.

Constituida por areniscas cuarcíferas blancas, de grado medio a fino, dispuestos en capas con espesores de 2 a 3 cm y estratificación cruzada, coloraciones rojo amarillentos a tonos claros, debido al contenido de hierro y efectos del intemperismo.

El espesor a nivel regional alcanza a 250 m (cerro Llayculle), en la cual también se ha encontrado restos de la especie Equisetites sp, permitiendo atribuirle a los sistemas Jurásico y Cretácico, para el presente caso se considera al Cretáceo inferior.

Se correlaciona con la unidad homónima de la Región Arequipa.

✓ Formación Arcurquina (Kms-ar)

Descrito por Jenks (1 948) a una secuencia de calizas y areniscas gris verdosas, expuesta en la Región Arequipa.

Los afloramientos de ambas márgenes del río Colca y aguas arriba de la localidad de Sibayo, suprayacen a la formación Gramadal en discordancia angular e infrayacen a las formaciones Orcopampa y Sencca también en discordancia angular, y cubierto parcialmente con depósito Aluvial.

Integrada de calizas arenosas, marrón claro y gris o negro; otros afloramientos están ubicados en la confluencia de los ríos Molloco y Ccellane (lado Oeste y fuera del área); en la cual se ha estimado el espesor en 100 m y podría considerarse sea de nivel regional.

En los afloramientos de la mina Sucuytambo se ha identificado restos fosilizados de las especies: Parahoplites sp, Oxytropidoceras carbonation GABB; en base a los cuales la edad fue atribuido al Cretáceo medio superior (Albiano y Conaciano).

Se correlaciona con la unidad homónima en la Región Arequipa, a las formaciones Ayabaca (Región Puno), Chúlec y Jumasha (Región Junín).

GRUPO TACAZA (PN-ta / Tm-ta)

Descrito inicialmente por Newell N.D. como Volcánico Tacaza cerca de la localidad Santa Lucia (Región Puno), actualmente elevada al rango de grupo.

Los afloramientos en la sub-cuenca esta conformada por las formaciones Orcopampa, y Ichoccollo, consistentes en depósitos de ambientes lagunares y volcánicos lávicos, piroclásticos y aglomeradicos.

✓ Formación Orcopampa (Tm-or / PN-or)

Descrito por Caldas J. (1 944), como afloramientos amplios, es la unidad más importante del grupo.

El primer afloramiento expuesta al Norte y Oeste de la sub-cuenca (divisoria de aguas continentales), ambos márgenes del río Chonta, quebrada Azul, río Cuchilladas – Santiago, quebrada Peña Blanca – Talta – río Huancuri y cabecera de los quebradas secundarias de éste último, en las cuales suprayacen al grupo Yura en discordancia angular e infrayace a la formación Ichoccollo en contacto concordante, al grupo Barroso en discordancia angular, y parcialmente cubierto con depósito Fluvioglacial.

La litología del miembro A, es de origen sedimentario y composición andesítica, estratificación somera, conformado de areniscas, brechas y lavas, colores grises, verdosos y violáceos.

Petrográficamente, predomina textura porfirítica, fluidal, fenos de plagioclasas (An 28), euhedral a subhedral con maclas polisintéticas y zoneadas, fragmentos líticos de cuarzo, toba, pórfido andesítico, arenisca y lava, con alto porcentaje de feldespato potásico. El espesor del miembro A alcanza 1 000 m, considerado nivel regional.

El afloramiento del miembro B ocurre al SE entre las quebradas Sota Palca, Pisac Pichullo, Huila Huila y cabecera de la quebrada Huano Soro, se extiende hacia el río Colca hasta alcanzar al cerro Chuaña localizada en la margen derecha (aguas abajo de la localidad de Sibayo), suprayace a las formaciones Labra, Cachios y Gramadal en discordancia angular, e infrayace a la formación Ichoccollo en contacto concordante.

La litología del miembro B consiste en bancos de tobas y conglomerados tobáceos compactos, colores cremas o amarillentas, con escasos niveles de areniscas tobáceas verdosas.

Estudios al microscopio demuestra textura vitroclástica, brechosa, conformada de vidrio al 90 %, observándose plagioclasas (An-21) euhedrales a subhedrales con maclas y biotita subhedral.

Localmente el espesor es 20 a 30 m, a nivel regional alcanza 300 m.

✓ Formación Ichoccollo (Tm-ich / NP - cay/tlk)

Aflora en la Zona de presa, franja del túnel de derivación tramos 1 y 2, y margen derecha de la pampa Pusa Pusa (altas cumbres); suprayace a la formación Orcopampa en contacto concordante e infrayace a la formación Sencca en discordancia angular, y parcialmente cubierto con depósito Fluvioglaciario.

Al Sur y divisoria de aguas continentales (Cordillera Chila), aflora en la cabecera de la quebrada Alcacota (flanco Este), ambas márgenes de la quebrada Patoccollo (flanco Sur); en los cuales no se observa la base, pero infrayace en discordancia angular a la formación Sencca y grupo Barroso (domo y domo lava), y cubierto parcialmente con depósitos Fluvioglaciario y Coluvial.

El tercer afloramiento en menor extensión se expone al SE y Este de la mina Sucuytambo; suprayace en contacto concordante a la formación Orcopampa, y está cubierto parcialmente con depósito Fluvioglaciario.

El cuarto afloramiento en pequeñas extensiones ocurre al Oeste de la quebrada Chonta, suprayace en contacto concordante a la formación Orcopampa, y está cubierto parcialmente con depósito Fluvioglaciario.

Los afloramientos del sector Tarumarca y río Chalhuanca se extiende hasta la margen derecha del río Colca (Cuadrángulos Condoroma – Callalli - Chivay), en los cuales se denomina Complejo Volcánico Caylloma (NP - cay/tlk).

Constituida por lavas y domos dacíticos en la base y lavas andesíticas-basálticas en la parte superior; color gris a gris oscura, textura afanítica y porfirítica, intercalado con niveles de areniscas y brechas andesíticas. El espesor a nivel regional varía entre 30 a 200 m. A falta de evidencias paleontológicas, tentativamente (L. Vargas V. 1 970) se asigna una edad Pliocena media a superior; y se correlaciona con la formación homónima de la Región Arequipa.

✓ Formación Sillapaca (Nm-si)

Término asignado por Jenks y Newell (1 949) y derivada de la Cordillera Sillapaca (NO Cuadrángulo de Lagunillas), consistentes en rocas volcánicas.

Los afloramientos están localizados entre las localidades de Tisco y Sibayo (margen izquierda del río Colca); suprayace a la formación Orcopampa en discordancia angular e infrayace al grupo Barroso en contacto concordante (Cuadrángulo Condoroma).

La litología está integrada por lavas de composición andesíticas, texturas afaníticas y porfiríticas, intercalados con tobas y brechas de composición riolítica.

El espesor de la unidad a nivel regional se estima en 600 m aproximadamente.

✓ Formación Sencca (Ts-se).

En la sub-cuenca Caylloma existen varios afloramientos irregulares, ubicados en los sectores periféricos, particularmente al NE, suprayace a la formación Ichoccollo en

contacto concordante e infrayace al grupo Barroso en discordancia angular. Consiste en una serie de tobas homotaxiales, composiciones dacítica a riolítica, tipos efusivo y explosivo, intercalados con niveles clásticos, colores crema a rosado, yacen en posiciones sub-horizontales.

El afloramiento en el cerro San Antonio consisten de tobas explosivas y cenizas estratificadas, hacia el techo predominan tobas compactas y fluidales; en el sector Culcuyo (lado Este de la divisoria de aguas) ocurren dos niveles tobáceos fluidales y brechosos separado por toba-lava, compactas, gris negruzca, conformado principalmente de obsidiana, presentan estructuras en disyunción columnar.

En el sector río Yanaso ocurren dos niveles de tobas cremas del tipo explosivo; en el sector Llocceta el nivel inferior consisten de tobas colores cremas a rosadas, en el nivel superior predominan areniscas tobáceas y cenizas estratificadas.

De manera general, las tobas explosivas y/o efusivas constituyen mesetas disectadas por erosiones durante el Pleistoceno superior, son relacionadas a estructuras de colapso, tipo caldera.

El espesor de la unidad a nivel regional varía entre 30 y 200 metros.

Se correlaciona con la formación homónima reportado en Arequipa, Maure y Antajave.

✓ Formación Pusa (TQ-pu).

Descrito por Dávila D. (1 988), a los afloramientos existentes en las localidades de Pusa Pusa y Pillones.

Particularmente, el afloramiento del sector Pusa Pusa suprayace a la formación Ichoccollo en discordancia angular e infrayace al grupo Barroso (estrato volcán) en discordancia erosional, por lo cual se encuentra bastante erosionada.

Son intercalaciones delgadas de areniscas finas y lodolitas tobáceas, colores cremas amarillentas, y naturaleza lacustrina; en el sector Pillones incluyen además a niveles conglomerádicos.

El espesor de la unidad a nivel regional se estima en 100 m.

Esta unidad no contiene fauna fósil, sólo por las relaciones estratigráficas fue considerado como correspondiente al Plio-Pleistoceno.

Se correlaciona con la formación Capillune, habida en la Región Sur del país.

GRUPO BARROSO (Qpl-ba).

Descrita por Wilson y García (1 962) a una secuencia de andesitas y traquitas que conforman la Cordillera Barroso (Región Tacna).

Los afloramientos en la sub-cuenca de Caylloma fueron clasificados en base al tipo de geoformas desarrollados, como: estrato volcán, lava-domo, domo, entre otros.

(a) Estrato Volcán (Qpl-ba.ev)

Las exposiciones al Oeste de la línea de Caldera y parte central, están representadas por los volcanes Ccosana, Sani y Chila, suprayacen a las formaciones Orcopampa y Sencca en discordancia angular, cubierto parcialmente con depósito Fluvioglaciario.

Los afloramientos al Sur y divisoria de aguas continentales (Cordillera Chilla), subyacen de igual modo a las formaciones Orcopampa y Sencca, y cubierto parcialmente con depósito Fluvioglaciario.

La litología consiste de lavas andesíticas, grises, afaníticas en la base y porfirítica en el techo.

(b) Domo Lava (Qpl-ba.dl)

En el límite de la línea de Caldera los afloramientos corresponden a los volcanes Pucará, Chichini, Calvario y Anchaca; la expuesta al SO de la laguna Parihuana, alrededores de la laguna Carhuacocha, y volcán Chungara, fueron desarrollados posteriormente a los estratos volcanes.

En todos los sectores mencionados la litología consisten generalmente de lavas dacíticas, colores grises y texturas porfiríticas.

(c) Domos (Qpl-ba.d)

Las exposiciones al Oeste de la laguna glaciar Carhuacocha (dos sectores), están cubiertos con depósitos Fluvioglaciario y Coluvial; caso típico ocurren en Accocunta, donde el domo corta a los estratos – volcanes, como ocurre en Chungara, Potosí y Sur de Accocunta.

La litología consiste de lavas dacíticas, colores grises y texturas afaníticas.

(d) Otros Aparatos Volcánicos (Qpl-ba.a)

El volcán extinguido Chungara representan a esta geoforma, en la cual existen pequeñas manifestaciones magmáticas ocurridas durante el periodo del grupo Barroso.

Esta geoforma generalmente toma la forma de coladas monogénicas, cubren en discordancia angular al grupo Tacaza y formación Sencca.

La litología consiste de lavas andesíticas, colores grises, y texturas afánicas y/o porfiríticas.

De modo general el grupo Barroso tomando en cuenta las edades encontradas por métodos radiométricos y la posición estratigráfica expuesta en el área se considera como correspondiente al Pleistoceno.

Se correlaciona con unidades homónimas de la Región Tacna.

✓ Depósito Fluvioglacial (Qpl-fg)

Los depósitos Fluvioglacial sirven de cobertura a las unidades anteriores, rellena todas las depresiones morfológicas, adquieren relieves de laderas y llanuras con pendientes inclinados a suaves; cubiertos parcialmente por el depósito Coluvial y grupo Andagua en áreas muy localizadas.

La litología está conformada mayormente de cantos, gravas, arenas y limos inconsolidados, los clastos es de naturaleza variada, predominando los volcánicos, con matriz arena limosa.

✓ Depósito Aluvial Pleistoceno (Qpl-al)

Los materiales clásticos de origen glaciar cubren a las superficies unidades pre-glaciares, distribuidas en la depresión Caylloma (pampas Calera y Pusa Pusa).

Conformada mayormente de gravas, arenas y fimos, en estado inconsolidado, naturaleza variada pero de predominio volcánico.

Los depósitos ubicados al NO se entiende fueron de mayor movimiento en forma de riadas, generando la formación de lagunas, caso típico son: lagunas Yauca, Lahuri, Llancope, etc.

Estos depósitos están parcialmente cubiertos por depósitos recientes como: Coluvial, Aluvial y Volcánico grupo Andagua.

GRUPO ANDAGUA (Qh-an).

Descrito por J. Caldas (inédito) como grupo en el Valle de Andagua; en la sub-cuenca de Caylloma existen una serie de aparatos volcánicos cónicos de tipo explosivo, y aislados, a los cuales se les ha clasificado como conos de escoria.

Algunas conos de escorias tienen distribución irregular, con mayor tamaño en el centro del cono, tamaños menores en sectores alejados.

La mayoría de los conos son de etapa explosiva, excepto el de Ucria, éste conserva las dos fases; el magma que dio origen salió hacia la superficie por fallas de basamento causados por movimientos tectónicos de distensión.

En opinión de Kaneoka y Guevara, (1 984) el grupo Andagua cubre a los depósitos pleistocénicos y recientes, por tanto no fueron afectados por la glaciación y deglaciación, por esta razón conservan el estado cónico original, y ha permitido ubicarlos en el Cuaternario reciente, cuya edad fue determinada en 0,06 + 0,23 m. a.

Los conos volcánicos están conformados por aglomerados principalmente y de escorias.

Se correlaciona con los volcánicos Paucarani (Región Tacna) y Quimsachata (Región Cuzco).

- ✓ Depósito Aluvial (Qh-al).

Esta unidad se expone en las depresiones morfológicas, fondo de valles glaciares y cauces fluviales, cubren a las unidades anteriores en discordancia angular, con espesores de varios metros.

Consiste de cantos rodados, gravas sub-redondeados, arenas con matriz de finos (limos y arcillas), los clastos son predominante de naturaleza volcánicos.

- ✓ Depósito Coluvial (Qh-co).

Existen dos pequeñas áreas, ubicados cerca de la formación Pusa y grupo Barroso domo-lava; en ambos casos están integrados por clastos angulosos de diferentes tamaños, como la que se observan en los acantilados del apéndice.

B3. ESTRUCTURAS DE DEFORMACIÓN.

En el área de la sub-cuenca Caylloma se reconoce la actividad del Ciclo Andino conformada de cinco fases tectónicas: Peruana e Incaica, Quechua, Pliocénica, Caldera Caylloma y Cuaternaria, con incidencias en diferentes grados, que a continuación se resume.

1) Fases Peruana e Incaica.

La Fase Peruana representa el levantamiento general andina, propicia el retiro definitivo del mar, dejando descubiertos a las unidades del Mesozoico como: grupo Yura y formaciones Murco y Arcurquina, que luego se deformaron en pliegues y fallas, actualmente los afloramientos marinos son mínimas y aislados, debido a la cobertura masiva con materiales volcánicos recientes (derrames y lavas) del Terciario medio.

Durante esta fase ya en ambiente continental, se ha depositado las molazas de la formación Huanca (fuera del área).

La siguiente fase Incaica es la causante para que parte de los ejes de pliegues rotaran a una posición E – O, la misma concuerda con la deflexión de Abancay.

Como es de nuestro conocimiento las Fases Peruana e Incaica constituyen los mayores esfuerzos de deformación que afectó a la Cordillera de los Andes en nuestro país.

2) Fase Quechua.

Esta fase tectónica, afecta al volcánico grupo Tacaza y consta de dos etapas compresionales; la primera es de plegamiento y la segunda de fracturamiento y fallamiento.

La primera etapa ocasiona pliegues amplios y simétricos con rumbo NO-SE y buzamientos entre 20° a 30°, observadas en la formación Ichoccollo (cerros elevados de la margen derecha de la pampa Pusa Pusa), la segunda etapa genera fallas de desgarre conjugadas y fracturas de tensión.

Las fallas de desgarre tienen direcciones NO-SE y NE-SO; las primeras son senestrales y la segunda dextrales, dando una compresión E-O; en cambio las fracturas de tensión se originaron al inicio del proceso de fracturamiento por esfuerzos de compresión.

3) Fase Pliocénica.

Esta fase, se refiere a las volcánicas de la formación Sencca, sin causar macroestructuras, los derrames lávicos actualmente se mantienen en posiciones sub-horizontales, se ha desarrollado muchos centros volcánicos, por los cuales fluyeron abundantes materiales volcánicos.

Según opinión de Doulas (1 978), la Tectónica Pliocénica en los Andes, es de naturaleza compresiva (tectónica de fracturas), la misma concuerda para el área de Caylloma, donde la subsidencia generó precisamente a la Caldera de Caylloma.

4) Fase Caldera de Caylloma.

A fines del Mioceno y después de la fase Quechua ha ocurrido un intenso proceso de erosión generando la Superficie Puna, posteriormente ocurre el volcanismo Sencca (explosivo y efusivo), conformados por lavas riolíticas y dacíticas, texturas vitroclástica y fluidal, con fenos de plagioclasas, ortosa, cuarzo y fragmentos líticos, correspondientes a la clase riolítica – dacítica.

La evolución de la Caldera de Caylloma se resume como sigue:

- a) Generación del anticlinal Caylloma-Chivay, en rocas del Mioceno (grupo Tacaza) durante la Fase Quechua, con rumbo NO-SE y flancos simétricos con buzamientos suaves.
- b) Se generan fallas de desgarre conjugadas, que afectan a las rocas pre-miocénicas producto del esfuerzo de compresión E-O.
- c) Erupción y deposición de la formación Sencca, consistente en tobas de tipos explosiva y efusiva a partir del foco central, a veces de fisuras; los materiales emitidos generan grandes mesetas.
- d) La ocurrencia del tectonismo distintivo al final de la formación Sencca, representa la compensación isostática al haberse generado un vacío en el interior (cámara magmática), y emitido grandes volúmenes del material a la superficie.

Según Mc Donald (1 972), la Caldera de Caylloma se considera del tipo valle, con relleno de materiales volcánicos andesíticos pleistocénicos, relacionados a erupciones explosivas

voluminosas de magma silíceo, generando la descarga de cenizas y flujos piroclásticos, seguido de un gran colapso.

Una vez causado la subsidencia, se ha generado una depresión estructural, la que fue aprovechada para la formación de un gran lago, el cual dio lugar a la deposición de materiales lacustres al que se ha denominado como formación Pusa.

Los procesos de erosión, tectonismo y volcanismo continuaron emplazándose durante el Pleistoceno, así como las rocas de los grupos Barroso y Andagua; actualmente se observan manifestaciones de aguas termales, las mismas son controladas por la Caldera Caylloma.

5) Fase Cuaternaria.

En la sub-cuenca Caylloma no se observan influencias de fallas geológicas recientes que afecten al grupo Barroso, pero el análisis de los conductos volcánicos indican zonas de debilidad y considerados fisuras de erupción.

Estas fisuras están alineadas aproximadamente de E-O a ENE-OSO y ESE-ONO para los centros volcánicos del grupo Barroso; las mismas corresponden a una tectónica de fractura relacionada a fallas de basamento.

B4. RIESGOS NATURALES.

Este parámetro se explica desde los procesos geodinámicos: externa e interna. Ver Plano G-3 Riesgo Natural en la sub-cuenca.

1) Procesos de Geodinámica Externa.

El futuro Sistema Hidráulico Angostura, esta conformada de dos embalses contiguos separados por un apéndice en la parte media de la depresión, de modo que cada zona de inundación tiene su propia micro-cuenca de recepción hídrica, cuyos colectores principales son: río Santiago para el embalse Pampa Calera y río Hornillos para el embalse Pampa Pusa Pusa, cada cual tienen afluentes hídricos secundarios; en cada micro-cuenca existen algunos procesos geodinámicos más o menos recientes a las que se ha tomado en cuenta, otros procesos ocurridos anteriormente se encuentran con relieves ya modelados (domos y planicies) y en condición de estables.

A continuación se describen los procesos geodinámicos externos recientes, ubicados aguas arriba de los embalses proyectados, las ubicadas dentro del área de inundaciones se trata en el numeral correspondiente a Geología del Proyecto.

a. Micro-cuenca del río Santiago.

✓ Deslizamiento antiguo

Este proceso geodinámico antiguo, se ha originado en rocas fracturadas del grupo Barroso (estrato-volcán), actualmente oferta relieve modelado y en condición de estable, localizada fuera del alcance de NAME (margen derecha de la Pampa Calera).



Foto N° 4.2.5-6: Deslizamiento antiguo

✓ Cantera de Rocas

Localizada en la margen derecha de Pampa Calera y nivel superior del NAME, probablemente fueron labores de los antiguos habitantes, quienes extrajeron y tallaron rocas andesíticas para utilizarlos en la construcción del Molino de granos y en el Puente sobre el río Santiago.

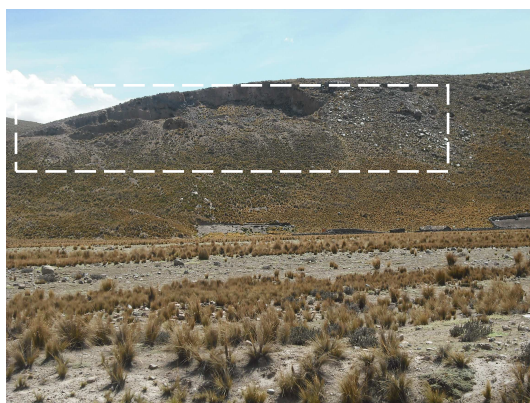


Foto N° 4.2.5-7: Antigua cantera de Roca

✓ Molino de Piedra

El molino de piedra para granos fue usado anteriormente por habitantes de Caylloma, actualmente se encuentra fuera de servicio, con estructuras deteriorada y abandonada, ubicada en la Pampa Calera pero lejos del NAME, actualmente constituye resto Arqueológico.

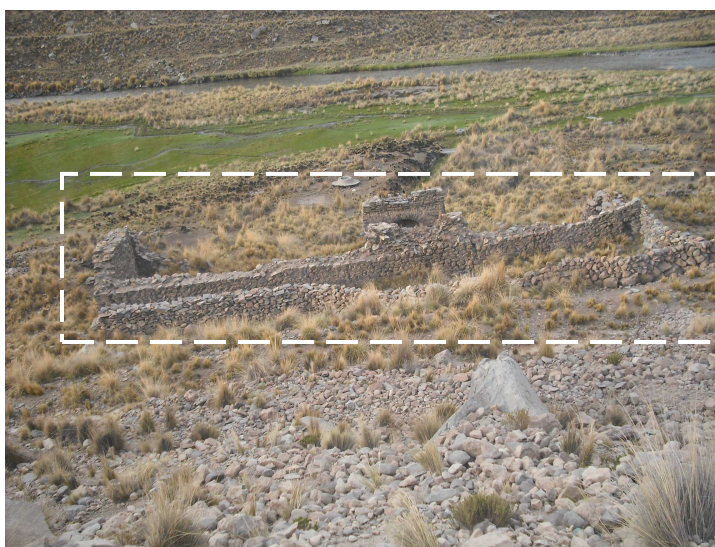


Foto N° 4.2.5-8 Restos de Molino.

✓ Central Hidroeléctrica

Esta central hidroeléctrica está quedando fuera de servicio al haberse interconectado la Red Eléctrica Nacional, ubicada en el lecho izquierdo del río Santiago, cabecera de la Pampa Calera.



Foto N° 4, 2,5-9 Central hidroeléctrica

✓ Laguna glaciar Wilafro.

La laguna glaciar Wilafro es natural, se encuentra regulada mediante estructuras hidráulicas y derivada mediante tubería hacia el centro minero Bateas para generar energía eléctrica en el campamento Huayllacho, en épocas de invierno y primavera desciende a su nivel mínimo como en el presente caso, y se recarga en el resto de las épocas, la fuente hídrica principal constituyen únicamente las nieves temporales y precipitaciones sólidas.



Foto N° 4.2.5-10: Laguna glaciar Wilafro

✓ Centro minero Bateas

Entre el río Santiago y otra contigua de la margen izquierda, por medio una cadena de cerros volcánicos, conformado de la formación Orcopampa, se encuentra el yacimiento minero en la fase de explotación, en la foto, se observan algunos de los componentes mineros como accesos viales, campamentos, labores subterráneas, y depósito de relaves

Aguas arriba del río Santiago y margen izquierda existen otros centros mineros como la mina Cuchillada, entre otros, paralizadas.



Desarrollo de accesibilidad vial



Campamento Bateas



Depósito de relaves (Huayllacho).

Foto N° 4.2.5-11: Componentes mineros .

✓ Embalse laguna Huarahuarco

Una antigua laguna natural fue acondicionada y regulada como embalse, durante la visita (Diciembre 2 009), se encontrada con volumen mínimo, en proceso de limpieza y mantenimiento del conducto de descarga y canal de derivación.



Foto N° 4.2.5-12: Embalse Huarahuarco

✓ Derivación río Hornillos

La derivación de las aguas del río Hornillos hacia el Embalse Huarahuarco es mediante un túnel, desarrollado íntegramente en depósito Fluvioglaciar intercalada con tufos dacíticos.



Túnel en mantenimiento



Rajo y túnel

Foto N° 4.2.5-13; Trasvase del río Hornillos al embalse Huarahuarco

✓ Afloramiento de aguas subterráneas.



Foto N° 4.2.5-14: Afloramiento de agua subterránea sector Humajala

Ubicada en la cola del embalse Huarahuarco y pie del cerro Humajala, el afloramiento del agua es permanente, ocurre en el contacto del grupo Barroso y depósito Fluvioglaciar.

2) Procesos de Geodinámica Interna.

Esta representada por las manifestaciones de aguas termales, las mismas están ubicadas en la línea de Caldera Caylloma, incluido los ubicados en la zona de inundación; los gases sulfurosos provienen de la Cámara magmática.

En el río Ccoñec (orilla derecha) parte baja antes de ingresar a la llanura se ha identificado hasta tres afloramientos de aguas termales. Los afloramientos ocurren en los contactos de las formaciones Sencca, Pusa y grupo Barroso con cobertura del depósito Fluvioglacial.



Afloramiento principal

Foto N° 4.2.5-15: Afloramientos de aguas termales en la quebrada Ccoñec.



Fuentes termales activos, orilla derecha



Fuente termal en extinción, orilla izquierda.

Foto N°4.2.5-16: Fuentes de aguas termales en la quebrada Chilla.

Los dos primeros afloramientos son activos, del primero fue acondicionada como pecina; el tercero se encuentra en proceso de extinción probablemente por emigración. En ambos casos las fisuras ocurren en la formación Ichoccollo con cobertura del depósito Fluvioglaciar.

a. Microcuenca del río Hornillos.

- ✓ Acantilados de rocas.

Estos procesos geodinámicos mecánicos antiguos y recientes están ubicados en la margen izquierda del río Hornillos, nivel superior; similares procesos existen en otros parajes, los cuales no afectarán al embalse proyectado.



Fotos N°4.2.5-17 Los acantilados generan depósitos Coluviales

- ✓ Afloramiento de aguas subterráneas.

Los afloramientos de aguas subterráneas ocurren en los contactos de la formación Ichoccollo, grupo Barroso y depósito Fluvioglaciar, generando bofedales.



Bofedal río Llocceta.



Bofedal en el río Hornillos.

Fotos N°4.2.5-18 Río Hornillos en el sector de Ichoccollo.

✓ Laguna Glaciar.

Esta laguna origina el río La Toma, afluente del río Hornillos por la margen derecha, ubicado en depresión tectónica local limitado al Este con el volcán Chuaña (colapsada) y al Oeste con estructura de horts, es alimentada con los deshielos de nieves temporales.



Foto N° 4.2.5-19 Laguna glaciar Ccarhuacocha .

B.5 EVOLUCIÓN TECTÓNICA

La historia geológica de la cuenca Caylloma se relaciona con la sucesión de ciclos sedimentarios, volcánicos y tectónicos, ocurridos desde el Mesozoico hasta el Cenozoico, que a continuación se resume:

Durante el Sistema Jurásico (Caloviano – Kimeridgiano) el ambiente de la región fue marino, con depositación detrítica del grupo Yura (formaciones Puente, Cachios y Labra).

En el Sistema Cretáceo inferior se depositaron las calizas oolíticas con corales correspondientes a la formación Gramadal en un ambiente de playa marina arrecifal, fue proseguido de areniscas cuarcíferas (formación Hualhuani) con estratificación cruzada típica de ambiente playero.

Posteriormente, durante el Neocomiano – Aptiano el área fue emergida oscilante, generando condiciones oxidantes depositándose las limolitas, areniscas calcáreas y areniscas cuarzosas con estratificación cruzada, correspondiente a la formación Murco.

Luego el área se sumergió nuevamente (Albiano – Conaciano), depositándose calizas marinas de la formación Arcurquina.

Durante el Santoniano la secuencia sedimentaria andina se levantó nuevamente, ocasionando el retiro definitivo del mar, a su vez ocurrió el proceso de deformación estructural mediante pliegues y fallas como consecuencia de la Fase Peruana, la que fue seguida por un intenso proceso de erosión.

En el Oligoceno ocurren nuevos plegamientos y fallamientos (Fase Incaica), ocasionando el giro de las estructuras con dirección E-O, debido al movimiento de grandes fallas del basamento, que fue seguido por erosión y modelado del relieve.

Durante el Mioceno se desarrollaron intensas manifestaciones volcánicas, la acumulación de materiales clásticos – volcánicos, generando grandes lagunas, correspondiendo al grupo Tacaza.

A finales del Mioceno, ocurre nuevamente la actividad volcánica compresiva, fue seguido por fallas de desgarre conjugadas y fracturas de tensión ligadas a la compresión E-O. Posteriormente deviene el proceso de denudación intensa, generando la Superficie Puna (Altiplanicie Andina).

Durante el Plioceno, nuevamente ocurre la actividad volcánica, como resultado de actividad tectónica que permite grandes acumulaciones de tobas (formación Sencca), y al final del Plioceno ocurre una subsidencia, causando la Caldera de Caylloma, en cuya depresión se forman una laguna grande, habiéndose depositado los lacustrinos como: limolitas, lodolitas, limo-arcillitas de la formación Pusa.

Durante el Pleistoceno, nuevamente ocurre gran actividad volcánica del tipo andesítico (grupo Barroso), acumulado en forma de estrato volcán, lava-domo, y domos alineados, las mismas indican una estrecha relación tectónica – volcánica. Fue seguido por la glaciación sucesiva y durante la etapa de deglaciación de las nieves se generan los depósitos Glaciares (morenas) luego los Fluvioglaciares.

En el Cuaternario reciente (Holoceno), nuevamente se manifiesta el vulcanismo explosivo andesítico – basáltico, originando conos de escoria que se relacionan con grandes fallas del basamento (grupo Andagua); ésta actividad volcánica indicaría la reactivación del proceso magmático, paralelamente ocurren procesos denudatorios que generan formas de agradación y degradación, propicia una morfología de drenajes (ríos y quebradas), terrazas, conos de aluviales, entre otras geoformas.

C. GEOLOGIA DEL PROYECTO

De acuerdo al planteamiento hidráulico el Proyecto (1 994) está claramente definida los componentes, conformado por dos zonas de inundaciones independientes, separados por un apéndice en la parte media.

Después de la confluencia del río Angostura con río Hornillos aguas abajo, se encuentra “el cañón” donde se ubica el eje de presa (P-2), para construir una presa, esta estructura permitirá almacenar y regular las aguas del río Apurímac.

C1. Morfología.

Conformada por dos llanuras o pampas con altimetrías similares, separada por un apéndice ubicado en la parte media, cada llanura posee su propia fuente hídrica.

La Pampa Calera de forma groseramente triangular, cuyo vértice coincide con el ingreso del río Santiago, proveniente del lado Oeste, de régimen hídrico constante y gradiente suave, la llanura es concéntrica con pendiente baja y orientación general Oeste a Este, al cual convergen los drenajes laterales (quebradas Chonta, Ccoñec, Chocos, Poscco y Chila de la margen izquierda, y quebradas Pumanuta y Ccacca de la margen derecha), de modo que el río Calera constituye el colector principal.

El proyectado NAME en esta llanura aproximadamente sólo inundará las $\frac{3}{4}$ partes del área total.

A partir de la cabaña Angostura, el drenaje continuo hacia el Este es mediante un cañón, sección estrecha y ligera sinuosidad, a este primer tramo se le denomina río Angostura hasta la confluencia con el río Hornillos.

La Pampa Pusa Pusa, ubicado al Este del Apéndice, tiene forma groseramente rectangular deformado, orientado de Sur a Norte, con pendiente suave a llana; en la zona media se desarrolla una loma larga con cerros aislados y alineados, que aumentan de tamaño y altitud aguas arriba.

A esta pampa, ingresa el río Hornillos por la margen derecha y pie de cerros circundantes, con gradiente moderado a suave, régimen hídrico permanente y con caudal variable según las estaciones; este curso en la zona de inundación no tiene aportes hídricos laterales; por la margen izquierda y pie del apéndice ingresa el río Pusa Pusa, de orientación Sur a Norte, con gradiente fuerte en los niveles superiores y suave en la parte baja, caudal mínimo durante el invierno pero incrementa en épocas de avenidas, tampoco tiene aportes laterales en la zona de inundación, confluye al río Hornillos antes de la confluencia con el río Angostura.

El NAME proyectado abarcará aproximadamente el 60 % del área total.

C2. Geomorfología.

De acuerdo a la morfología descrita, se identifican las siguientes unidades geomorfológicas locales: Pampa Calera, Pampa Pusa Pusa, Apéndice y cerros circundantes. Ver Plano CSL-096200-1-GE-07 Geomorfología local.

✓ Pampa Calera

Geoforma ubicada al Oeste del Apéndice, es una llanura extensa con drenaje del río Santiago-Calera, la base esta conformada con depósitos fluvioglaciares y aluviales, limitada con flancos laterales correspondientes a las formaciones Pusa y Sencca, con cobertura del depósito Fluvioglaciario (margen izquierda) y limitado con el grupo Barroso al lado Sur (pie del volcán Ccosana).

Esta llanura es parte de la Depresión Caylloma, resultado de la subsidencia, por lo que adquiere forma de cubeta, circundado por cerros elevados.

✓ Pampa Pusa Pusa

Geoforma ubicada al Este del apéndice, con drenaje de los ríos Hornillos y Pusa Pusa, forma de rectángulo deformado, la base esta conformado de la formación Pusa en forma de lomadas y cerros alineadas, y terrazas fluvioglacial y aluvial pleistocénico; los flancos laterales corresponden a las formaciones Sencca, y Ichoccollo.

✓ Apéndice

Geoforma, ubicada en esta parte central de la Depresión Caylloma, divide a las pampas Calera y Pusas Pusa, conformada en el nivel inferior por la formación Pusa (basamento) y grupo Barroso en el nivel superior; se deduce que antes de la constitución del Apéndice el área de la Depresión Caylloma fue una laguna glacial extensa, habiéndose sedimentado los componentes de la formación Pusa durante el Terciario superior (Plioceno) y el Cuaternario Pleistoceno que después fue cubierto por lavas andesíticas del grupo Barroso en el Cuaternario Pleistoceno. Una vez ocurrido el desembalse rápido a través del cañón, se erosionó parte de la formación Pusa, dejando paredes laterales del Apéndice bastante erosionados, los estratos existentes constituyen testimonios de la sedimentación lacustrina.

✓ Cerros circundantes

La depresión tectónica-volcánica (subsidencia) esta limitada en todos los lados mediante cadenas de cerros elevados (centros avolcánicos), los cerros en la margen derecha de la pampa Pusa Pusa esta constituida por la formación Ichoccollo, al Norte es también formación Ichoccollo pero los materiales son provenientes del volcán Chillatira, en el resto de los lados corresponden al grupo Barroso y posiblemente provenientes del volcán Ccosana y Chungara, el basamento en las depresiones corresponde a la formación Pusa con cobertura de suelos granulares del Pleistoceno.

C3. Estratigrafía

Ambas pampas, superficialmente tienen la conformación geológica similar, consistente en rocas volcánicas, lacustrina y sedimentos clásticos del Pleistoceno, no se ha registrado intrusiones magmáticas tampoco las hipabisales, cuyas unidades esta esquematizada en el Plano G-5 Geología Local, las mismas se resumen en el siguiente cuadro.

**Cuadro 4.2.5-2
Columna estratigráfica-Área del embalse Angostura**

| ERA | SISTEMAS Periodos | SERIES Épocas | ROCAS SEDIMENTARIAS | |
|-----------|----------------------|------------------|------------------------------|----------|
| | | | Unidades | Símbolos |
| CENOZOICO | Cuaternario | Holoceno | Depósito Coluvial | Qh-co |
| | | | Depósito Bofedal | Qh-bo |
| | | | Depósito Aluvial | Qh-al |
| | | Pleistoceno | Depósito Pleistoceno Aluvial | Qpl-al |
| | | | Depósito Fluvio Glaciar | Qpl-fg |
| | | | Grupo Barroso | Qpl-ba |
| | Terciario | Superior | Formación Pusa | TQ-pu |
| | | | Formación Sencca | Ts-se |
| | | Medio | Formación Ichocollo | Tm-ich |

A continuación redescrive las características litológicas de las unidades indicadas en el Cuadro anterior.

- ✓ Formación Ichocollo (Tm-ich)

El grupo Tacaza es la unidad más antigua representado en el área por la formación Ichocollo, considerado como el basamento general en Depresión Caylloma, infrayace a la formación Sencca en contacto concordante, integrado por dos miembros; el miembro inferior consiste de dacitas blancas y compactas, afloran en forma de domos y lomadas (margen izquierda de la quebrada Vizcachani), las mismas serían inundadas con el NAME; el miembro superior conformado de aglomerados, derrames lávicos y tobas andesíticos, expuestos en niveles superiores (altas cumbres), las mismas no tendrían incidencia con el NAME.

- ✓ Formación Sencca (Ts-se).

Expuesta en la Depresión Caylloma, en ambos márgenes del río Hornillos, laderas de la pampa Pusa Pusa, nivel superior del Apéndice, nivel inferior del volcán Ccosana, quebradas Chonta, Ccoñec, Poscco y Chilla, en los cuales suprayace a la formación Ichocollo en contacto concordante e infrayace al formación Pusa también concordante; se deduce esta unidad sería objeto de la subsidencia y constituya la base de la Depresión Caylloma.

De los afloramientos observados se deduce el nivel inferior es de ambiente lacustrino con niveles intercalados de limolitas, limoarcillitas, arena tobácea y lutitas grises, de coloración general blanco amarillento, con buzamientos suaves hacia la Depresión Caylloma.

El nivel superior, constituidos de bancos dacíticos, tobas, piroclásticos y cenizas, colores blanquecinos y amarillentos, dispuestos en bancos sub-horizontales, cuyos flancos están

escarpados, indicando que fueron erosionados intensamente, los materiales habrían aportado a la formación Pusa.

✓ Formación Pusa (TQ-pu)

Los afloramientos de esta unidad ocurren en las paredes circundantes a las pampas Calera y Pusa Pusa, del Apéndice, indicando que el nivel de sedimentación fue masiva en toda el área de la Depresión Caylloma; suprayace a la formación Sencca en contacto concordante e infrayace al grupo Barroso también en contacto concordante y esta cubierto por los depósitos Fluvioglacial y Aluvial Pleistoceno en discordancias angulares.

El nivel inferior, consiste en bancos alternados de lapilli con areniscas finas blanquecinas, de grano medio a fino, en menor proporción las arcillitas, dispuestos en láminas con espesores de 2 a 25 cm,

El nivel medio integrado de arcillitas blandas de origen volcánico, dispuestos en capas alternadas con areniscas arcillosas, grano medio a fino.

El nivel superior, tiene mayor espesor que las subyacentes, consta de facies calcáreas bastante deformado con tonalidades claras, éste es el caso de las islas alineadas en la Pampa Pusa Pusa.

De modo general, los materiales lapillíticos están bien estratificados con laminación cruzada, a menudo alternan con lodolitas tobáceas de color crema amarillenta y ocasionalmente lentes conglomerádicos.

Estudios anteriores, estiman el espesor promedio en 150 m, sin embargo el afloramiento en la quebrada Ccoñec puede alcanzar hasta 300 m y pasar los límites de la línea de Caldera Caylloma, pudiendo relacionarse con el facie lacustrina de la formación Sencca.

La mayoría de los afloramientos tienen dirección de buzamientos de N 310° -15° y ocasionalmente N 160° – 15°, suprayaciendo en discordancia angular a la formación Ichoccollo, deduciendo que la deformación fue posterior a la Superficie Puna durante el Mioceno tardío.

✓ Grupo Barroso (Qpl-ba)

Ubicado en el apéndice como cobertura general los flujos más jóvenes, las más antiguas consisten en estratos-volcanes, corresponden al volcán Ccosana localizada en el flanco Norte y contiguo a la Pampa Calera.

Consistente de lavas andesíticas del tipo efusivo, representado por flujos andesíticos, que yacen con ligera pendiente hacia el Norte próximo a la subhorizontalidad, suprayace a la formación Pusa en discordancia angular.

Por la posición, se estima que los flujos provienen del volcán Chungara, ubicado hacia al Sur, que posteriormente fue el asiento de las nieves temporales durante el Pleistoceno.

El espesor del grupo Barroso se estima en 70 m, corresponde al Pleistoceno y la edad es aproximadamente 2,5 m.

- ✓ Depósito Fluvioglaciario (Qpl-fg).

Durante el Pleistoceno, como consecuencia del proceso de deglaciación (crisis climática), se ha depositado sedimentos clásticos glaciarios en ambas llanuras, consistentes en: gravas, guijarros, arenas con matriz de limos (limo y arcilla), con densidad moderada.

- ✓ Depósito Aluvial Pleistocénico (Qpl-al)

Suprayace al depósito Fluvioglaciario en contacto concordante, el material conglomerádico consiste de gravas sub-redondeadas, arenas y finos, ligeramente densos, alta porosidad y permeabilidad.

- ✓ Depósito Aluvial (Qh-al)

Los materiales de esta unidad se exponen en los lechos de los ríos principales, constituidos de gravas redondeadas, arenas, limos y escaso porcentaje de arcillas con espesor de algunos metros.

- ✓ Depósito Bofedal (Qh-bo)

Están ubicados en zonas húmedas, generados por afloramientos de aguas subterráneas o mediante canales de riego, debido a la humedad permanente los materiales de cobertura se han transformado en suelos húmicos, colores oscuros, generalmente con presencia de raíces.

- ✓ Depósito Coluvial (Qh-co)

En ambos flancos del apéndice es notorio observar acumulaciones irregulares de bloques angulosos con tamaños heterométricos, en estado suelto, concentrados y aislados, provienen de las rocas del grupo Barroso.

C4. Tectónica.

En la margen izquierda, entre la Pampa Calera y cerro Chillatira esta desarrollada la falla geológica Chila, con dirección promedio N 50° O e inclinación 70° -80° SO; la posición longitudinal alinea a las aguas termales de Apanayo, Angostura y Huaypane.

Los principales rasgos estructurales en las zonas de inundaciones, son fallas, fracturas y buzamientos por efectos tectónicos.

- ✓ Falla Angostura.

Esta estructura está ubicada en la confluencia de los ríos Angostura y Hornillos muy próxima a la Zona de presa, cruza transversalmente y describe una curvatura O – E y NO

– SE, como parte del gran círculo de la Caldera Caylloma, con afloramientos de aguas termales alternativamente.

Es visible la proyección de esta estructura en el sector del río Angostura (primer cañón), pone en contacto al grupo Barroso con la formación Ichoccollo hundiéndose a la formación Pusa.

Esta ocurrencia insinúa que la formación Pusa ya existía cuando ocurrió la subsidencia Caldera Caylloma, y que la naturaleza lacustrina de esta formación localmente podría ser una facie final de la formación Sencca más regional, con abundante influencia del volcanismo explosivo silíceo y rico en volátiles con capacidad de oleadas y depositar materiales lejos de la fuente.

✓ Falla Chillatira.

Desarrollada en el cerro Chillatira lado Sur y con posición perpendicular al cañón río Angostura (primer tramo) aproximadamente a 100 m del Huaro (Puente colgante) aguas arriba.

Esta falla tiene dirección de N – S, con salto vertical en aproximadamente 50 m, con el bloque Oriental subido, afecta a la formación Ichoccollo, se proyecta casi perpendicular a la falla Angostura, sin embargo no afecta al grupo Barroso, en la cual no es posible su relación con la formación Pusa, sin embargo tiene alineamiento coincidente con la falla Pusa Pusa.

✓ Falla Pusa Pusa

En la Pampa Pusa Pusa y pie del Apéndice se desarrollada la falla Pusa Pusa, cuyo eje coincide con la quebrada Pusa Pusa, con orientación promedio N 15° e inclinación 60° a 80° E, afecta a la formación Pusa, en la proyección y hacia el final del apéndice no es visible por encontrarse cubierto con el grupo Barroso y la formación Ichoccollo no está afectada, sin embargo la alineación es coincidente con la ubicación y posición de la falla Chillatira.

Por esta razón se deduce las fallas Pusa Pusa y Chillatira son locales y ocurrieron después de la falla regional círculo de la Depresión Caylloma.

La formación Pusa fue depositada después de la Superficie Puna, la deformación está relacionada al evento compresivo de la fase Quechua IV, de hace 2, m.a. Mientras tanto, el grupo Barroso del Apéndice no tiene deformación tectónica, su tenue inclinación es original.

C5. Estabilidad de Taludes

Al pie del volcán Ccosana (flanco Este) existe, indicios de un antiguo proceso de deslizamiento de rocas fracturadas del grupo Barroso, cuyos materiales habrían llegado a la llanura, en el lugar de arranque deja escarpas en rocas, y que debido a la antigüedad

del proceso el relieve se encuentra en condición estable, pero aún quedan los afloramientos de aguas subterráneas con caudales mínimos sin generar humedales en los alrededores.

En ambos flancos del Apéndice existen líneas de escarpas en roca, coincidente con la posición sub-horizontal del grupo Barroso, en las paredes del Apéndice ocurrieron caídas de bloques gravitacionales probablemente en momentos del vaciado rápido de la laguna lacustre; de igual modo afectó a la formación Pusa, donde los materiales deslizados habrían colmado a las quebradas Ccacca al Oeste y Pusa Pusa al Este.

En el flanco Oeste del Apéndice, también se observan niveles de aguas subterráneas que coinciden con la línea de contacto de las unidades mencionadas, debido a la pendiente del material impermeable (formación Pusa) orientado hacia el Oeste, ya que en el flanco Este el contacto geológico y los materiales subyacentes son secas.

Los hitos topográficos existentes se entiende son indicadores del NAME, por lo cual alcanzará al contacto geológico descrito y generaría proceso de erosión regresiva en ambos flancos hasta encontrar el nuevo talud de reposo.

Las terrazas con depósitos Fluvioglaciares y Aluviales Pleistocénicos en ambas pampas están erosionados, al haberse socavado las paredes con el incremento de caudales durante las épocas de avenidas, habiendo generado varias terrazas escalonadas (hasta cuatro en la margen derecha del río Hornillos), en algunas tramos las erosiones son antiguos y recientes, otros tramos tienen taludes en reposo y se mantienen estables.

La erosión evidencia que luego del vaciado de la laguna, el área de las llanuras fueron bisectadas por los ríos, por los escalones de terrazas existentes se deduce los valles fluviales se encuentran en su etapa de rejuvenecimiento, manifestada en la profundización de los cauces.

Las quebradas laterales que ingresan a la pampas son estacionales, con aportes mínimos de materiales sólidos (gruesos y finos), mientras los ríos de régimen hídrico permanentes en los meses de avenida cargan materiales finos en suspensión y arrastran materiales gruesos a las llanuras, en estos casos representan una sedimentación significativa que la Hidrología debe determinar a fin de cuantificar el volumen muerto, y definir el periodo de vida útil del Embalse.

C6. Riesgos Naturales.

1) Procesos de Geodinámica Externa.

Se consideran todos los procesos geodinámicos activos y recientes ubicados en las pampas, considerados zonas de inundaciones por encontrarse dentro del NAME. Ver Plano G-6 Riesgo Natural local.

Pampa Calera

- ✓ Afloramientos de aguas subterráneas.

La llanura aluvial de Pampa Calera es menos húmeda que la Pampa Pusa Pusa, no obstante tienen la misma conformación estratigráfica y nivel altimétrico, quizá se debe en la Pampa Calera no existen canales de riego para alimentar a los pastos naturales, y el cauce principal es profunda, como sí existe condiciones en la Pampa Pusa Pusa.

La margen izquierda es seca, en la margen derecha la humedad se limita hacia la quebrada Ccacca y el Apéndice, en este último los afloramientos ocurren en el contacto del grupo Barroso con formación Pusa, la fuente hídrica constituye solamente las precipitaciones pluviales estacionales, las escorrentías superficiales son escasas, confluyen a la quebrada Ccacca proveniente del lado SE del Volcán Ccosana, en el flanco Este del Apéndice no ocurre aguas subterráneas.

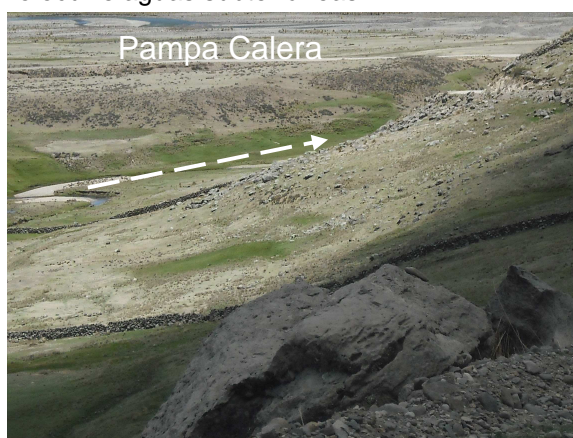


Foto N° 4.2.5-20: Quebrada Ccacca próxima a la confluencia al río Calera



Foto N° 4.2.5-25: Aguas arriba de la quebrada Ccacca, poca humedad

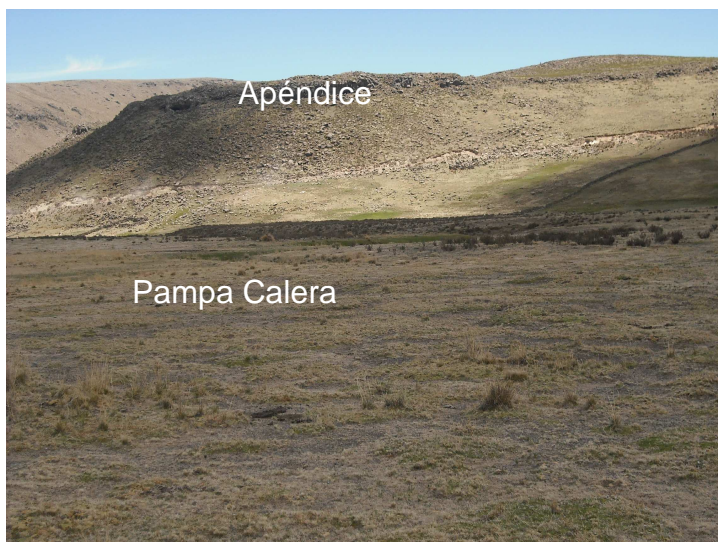


Foto N° 4.2.5-26: Apéndice con afloramientos de aguas subterráneas

- ✓ Erosiones hidráulicas.

Los procesos geodinámicos antiguos y recientes son evidentes en el lecho del río Calera, habiendo afectado a la formación Pusa y depósito Fluvioglacial, debido a la socavación del piso por corriente hídrica en época de avenida, generando escarpas en los taludes laterales.

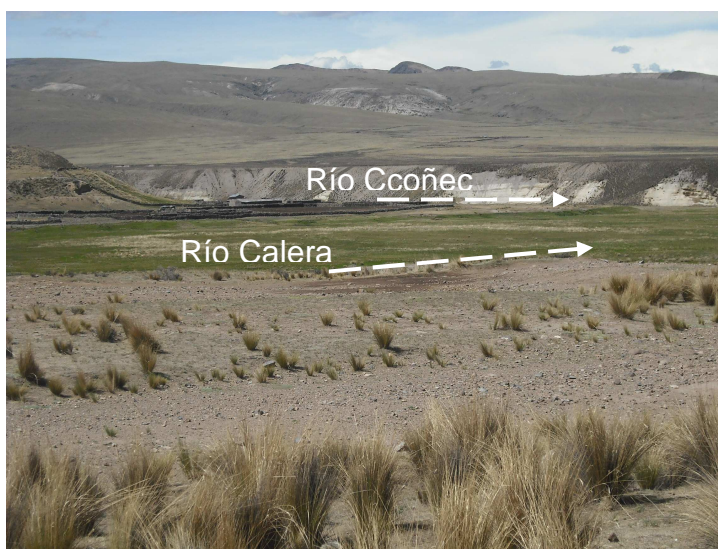


Foto N° 4.2.5-21: Río Ccoñec con terraza erosionada