



Proyecto Cuenca Pedagógica Pucara

DOCUMENTO DE TRABAJO

***PROCESOS DE DISEÑO Y ADOPCIÓN TECNOLÓGICA DE
SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADO BAJO GESTIÓN COLECTIVA***
Reflexiones conceptuales sobre experiencias en la cuenca Pucara

Elaborado por Oscar Delgadillo Iriarte

Cochabamba, 25 de septiembre de 2017



Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego
Dirección General de Cuencas y Recursos Hídricos



Plan Nacional de Cuencas
Programa Intercultural de Cuencas Pedagógicas



Universidad Mayor de San Simón



Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Forestales



Entidad Facilitadora:
Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua

Tabla de contenido

1. Introducción	3
2. La cuenca pedagógica Pucara.....	4
2.1. Principales características.....	5
2.1.1. Recursos hídricos	5
2.1.2. Suelos	7
2.1.3. Clima	7
2.1.4. Cobertura vegetal	9
2.1.5. Población.....	9
2.1.6. Uso Actual de la Tierra	10
2.1.7. Principales actividades económicas	12
2.2. Sistemas de riego por aspersión: Mishkamayu, Ch'ullkumayu, Koari Bajo y K'aspicancha	12
3. Aproximaciones conceptuales sobre los procesos de innovación y adopción tecnológica en riego	15
3.1. Riego tecnificado	15
3.2. Tecnología de riego.....	15
3.3. Innovación tecnológica.....	17
3.4. Sistemas de riego tecnificado.....	18
3.5. La adopción tecnológica como un proceso	21
3.6. Diseño de sistemas de riego tecnificado como un proceso	29
3.6.1. Características del diseño	29
3.6.2. Diseño-Construcción-Evaluación-Reajuste	34
3.6.3. Procesos de diseño y procesos de adopción tecnológica.....	42
3.7. Implicancias del cambio tecnológico en sistemas colectivos de riego.....	44
3.7.1. Cambios en la infraestructura hidráulica del sistema	45
3.7.2. Cambios en la disponibilidad de agua para riego a nivel parcela	48
3.7.3. Cambios en la uniformidad de riego en la parcela	49
3.7.4. Disminución de los riesgos de erosión y deslizamiento.....	50
3.7.5. Incremento del área regada debido al método de riego (parcela)	52
3.7.6. Incremento de las posibilidades de riego en parcelas con pendientes fuertes	53
3.7.7. Menor exposición directa del regante con el agua en la parcela	54
3.7.8. Mejora del control de la lámina aplicada debida al método de riego	56
3.7.9. Disminución de la mano de obra dedicada a la actividad del riego.....	57
3.7.14. Cambios en la gestión del agua en el sistema de riego presurizado.....	58
3.7.4. Otros cambios posibles.....	62
4. Reflexiones finales	63
Bibliografía	65

PROCESOS DE DISEÑO Y ADOPCIÓN TECNOLÓGICA DE SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADO BAJO GESTIÓN COLECTIVA

Reflexiones conceptuales sobre experiencias en la cuenca Pucara

1. Introducción

El riego tecnificado; entendida como el uso y aprovechamiento eficiente y efectivo del agua de riego, utilizando elementos tecnológicos tales como la presurización, tuberías y emisores (aspersores, goteros), implementos y accesorios, en base al conocimiento asociado a su empleo; ha sido promovido en el mundo como una de las respuestas para producir más alimentos y ampliar más áreas de riego, gracias a una mayor productividad del agua, es decir, mayor cosecha por unidad de agua. No hay que olvidar que la agricultura es el sector más demandante de agua en relación a otros (70%).

En términos de área regada mediante sistemas tecnificados, países de Europa, Estados Unidos y de Medio Oriente han logrado mayor cobertura, en relación a países en desarrollo. Asimismo, es importante resaltar que en los países en desarrollo, la aceptación de las nuevas tecnologías no ha tenido el mismo resultado, surgiendo nuevas interrogantes, nuevos desafíos y problemas al respecto.

En Bolivia, el riego tecnificado ha tenido un desarrollo muy reciente aunque en la última década se ha acelerado el ritmo. Según datos de la FAO (2000), la superficie bajo riego presurizado era de 300 ha, mientras que en el último inventario (MMAyA-VRHR, 2012) esta cifra ha subido a alrededor de 9000 ha (3% del área regada total). El último despunte ha sido impulsado por los nuevos programas gubernamentales que han movilizado recursos económicos abundantes sobre todo en la última década (MIAGUA, MI RIEGO). Aunque en general, es de hacer notar que los recursos se han centrado principalmente en la inversión de la construcción, siendo descuidadas las etapas de pre-inversión y de pos-construcción (apoyo técnico).

Si bien los datos del último inventario muestran todavía un bajo porcentaje de riego presurizado en Bolivia, hay diversas razones y factores que están promoviendo la tecnificación del riego en nuestro país, animando a los agricultores a demandar más frecuentemente la tecnificación de sus sistemas de riego, o la implementación de nuevos sistemas tecnificados. Entre otros, los factores más importantes son: (1) disminución de la disponibilidad de agua para riego; (2) pérdidas excesivas de agua en los sistemas de conducción, distribución y aplicación de agua; (3) cambios en la política hídrica y de apoyo al sector agropecuario en Bolivia, reflejada en los nuevos programas de inversión en riego y específicamente en riego tecnificado, entre otros. Otros elementos más locales pero decisivos para que los agricultores se animen por la nueva tecnología de riego, sobre todo en zonas montañosas, son (Delgadillo, 2003; Delgadillo y Jiménez, 2011): (1) el uso de energía libre (desnivel existente) para presurizar el sistema de riego; (2) la gran ayuda que reciben de los artefactos (aspersores) los agricultores durante el riego: menor riesgo de erosión del suelo, disminución de las pérdidas de fertilidad (menos lavado), menor carga de trabajo durante el riego, mayor área regada con la misma cantidad de agua correspondiente a su turno de riego, menor exposición al agua y al frío de los regantes durante el riego, realización de otras actividades paralelas al riego, etc.

En la cuenca Pucara, la situación de desarrollo del riego tecnificado también ha sido parte del devenir histórico, es resaltante el hecho de que una de las primeras experiencias de innovación tecnológica en riego por aspersión sobre todo en zonas montañosas, ha sido precisamente en una comunidad del municipio de Tiraque (Mishkamayu), y hasta ahora ya hay varios sistemas de riego tecnificado, sobre todo aspersión, con diferentes grados de desarrollo (Chullkumayu, Koari Bajo y Kaspicancha, así como nuevas iniciativas en curso). En éstos se han realizado varias investigaciones para tratar de entender el proceso de diseño y adopción tecnológica de sistemas de riego tecnificado.

Del análisis de éstos casos, así como de la reflexión sobre los mismos, surge este documento, cuyo objetivo es contribuir conceptual y metodológicamente en procesos de diseño y adopción tecnológica de sistemas de riego tecnificado bajo gestión colectiva, de manera que sirvan como insumos en nuevas iniciativas de cambio tecnológico en riego, así como para la reflexión sobre el tema, basados en los diferentes casos que se ha logrado estudiar en la cuenca Pucara (Mishkamayu, Ch'ullkumayu, Koari Bajo y K'aspicancha).

2. La cuenca pedagógica Pucara

La cuenca pedagógica Pucara (Figura 1) comprende la cuenca hidrográfica Pucara, parte de la cuenca hidrográfica Ch'ullkumayu de donde se hacen varios trasvases y el abanico aluvial de Punata.

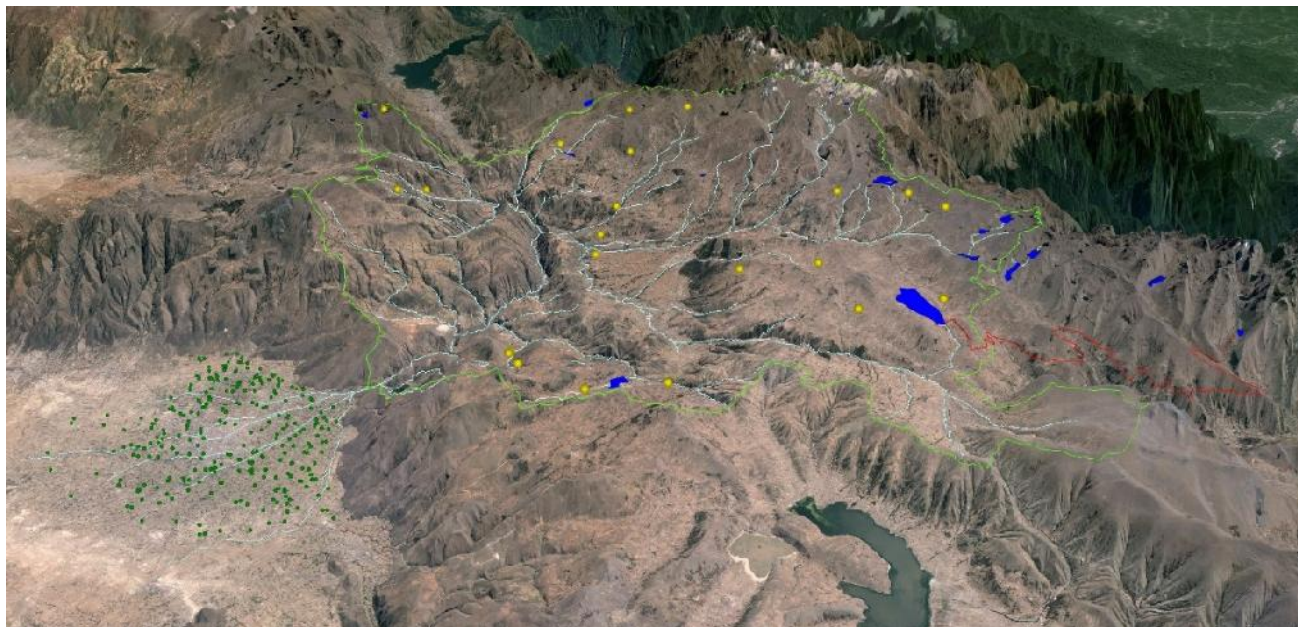


Figura 1. La cuenca Pucara

Son varias las razones que han definido este ámbito geográfico como espacio para su consideración (Delgadillo y Durán, 2011):

-)] Existen varios trasvases de agua para riego desde la cuenca hidrográfica Ch'ullkumayu hacia áreas de riego de los municipios de Tiraque y Punata, pero que a su vez están basadas en acuerdos sociales entre la gente de estas zonas y la gente de las zonas de riego.
-)] La cuenca hidrográfica Pucara produce los escurrimientos superficiales que generan varios sistemas de riego, principalmente en el abanico de Punata y Tiraque.

- J) Existe una relación hídrica indivisible entre la cuenca hidrográfica Pucara (aguas arriba) y el abanico de Punata (aguas abajo), que ha permitido alimentar una historia larga en torno a la gestión y desarrollo hídrico (sobre todo riego), resultado del cual en la parte alta se hallan ubicadas las represas y trasvases más importantes para Punata y Tiraque.
- J) El aporte de las aguas superficiales del río Pucara así como el agua transportada por el lecho del río de las represas Totorá Khocha, Laguna Robada y Lluskhá Khocha-Muyu Loma es fundamental para la recarga de los acuíferos en el abanico de Punata, es fundamental.
- J) Asimismo, existen indicios de contaminación hídrica, sobre todo biológica, en la parte alta de la cuenca (Tiraque) y a lo largo del río Pucara. Este problema se torna especialmente crítico en Punata, por la contaminación de aguas no sólo superficiales, sino también subterráneas.

En la Tabla 1 se resumen los datos básicos que corresponden a la cuenca Pucara.

Tabla 1. Datos básicos de la cuenca Pucara

Ambito geográfico	Ubicación Coordenadas punto medio		Altitud (msnm.)		Area ha	Temperatura (°C) Prom.	PP (mm) Prom	Distancia de la ciudad de Cbba (km)
	E	S	Desde	Hasta				
Cuenca hidrográfica Pucara	209640 m	8070142 m	2800	4650	43959	12	587	60
Cuenca hidrográfica Ch'ullku Mayu	225703 m	8067509 m	2930	4645	28331	10	651	80
Abanico de Punata	199029 m	8057712 m	2705	2800	9467	14	367	40

Fuente: Delgadillo y Durán (2011)

2.1. Principales características

2.1.1. Recursos hídricos

En la Cuenca Pucara, existen varios tipos de fuentes de agua, siendo las más importantes las superficiales y las subterráneas, que dan origen a sistemas de riego y agua potable en toda la cuenca. En la figura 2 se pueden apreciar los principales cursos de agua en la cuenca.

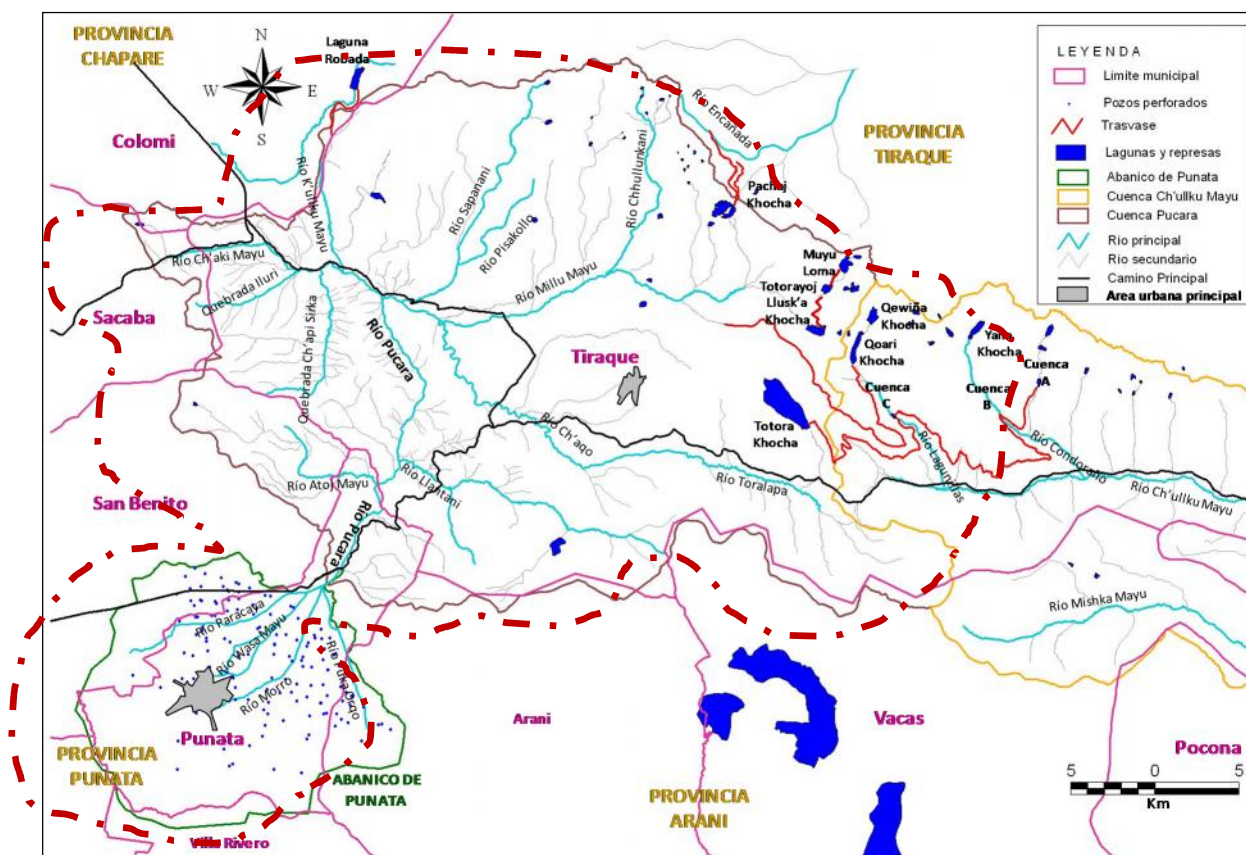


Figura 2. La cuenca Pucara y sus principales cursos de agua

De acuerdo a Cruz (2010) el flujo superficial de la cuenca Pucara está marcadamente dividido en flujo controlado y no controlado. El flujo controlado se debe a las restricciones establecidas dentro de la cuenca, mediante obras de ingeniería y pequeñas lagunas naturales, siendo su uso netamente para la agricultura. En cambio, el flujo no controlado es posible debido a que gran parte de la precipitación ocurre fuera de las áreas de captación de las diferentes lagunas y represas. Además, estos depósitos no pueden almacenar todo lo que escurre en su área de captación; por lo que se generan rebalses que dan lugar a la existencia de remanentes. A esto se suman el aporte constante de vertientes o manantes localizadas en las partes altas. Estas formas de concreción de la precipitación dan lugar al flujo superficial no controlado.

La oferta de agua expresada en términos de flujo superficial no controlado se presenta muy concentrada en la época de lluvias, teniéndose caudales muy importantes, crecidas y flujo continuo. En época seca, los caudales de los ríos son mínimos, en algunos casos nulo, aguas abajo de la toma de agua para riego para del abanico de Tiraque en el río Millu Mayu.

En la época seca, si existe flujo en los ríos importantes se debe principalmente a las largadas de las diferentes represas en Tiraque: la represa Totor Khocha ubicada en la subcuenca Toralapa, las represas Pachaj Khocha, Muyu Loma-Lluska Khocha, ubicadas en la subcuenca Cabeceras de Millu Mayu.

Además de estas represas existen muchas otras de menor envergadura, tal es el caso de Kayarayoj T'ooqo, Wirkhini Khata Khata, Cruz Khocha, etc., que también son utilizados para fines de riego y generalmente contruidos de manera tradicional, con piedras y tepes.

En cuanto a las aguas subterráneas, en ninguna parte dentro de la cuenca Pucara es tan importante el agua subterránea como en el Abanico de Punata. Existen diferentes tipos de acuíferos, desde libre, confinado y semiconfinado (Rojas, 2005).

La recarga de los acuíferos del Abanico de Punata se debe principalmente a la infiltración que se produce en época de lluvias, desde el lecho de los cuatro brazos importantes que conforman el abanico aluvial del río Pucara Mayu. La recarga por infiltración debido al riego, ya sea en el transporte o aplicación como por la lluvia, es pequeña. En época de estiaje el flujo superficial es muy bajo; pero existe flujo subsuperficial. Por tanto la recarga desde el lecho de los ríos hacia los acuíferos es permanente. Rojas (2005), estima que la recarga por infiltración en los lechos aluviales es de 20 %, sin dar a conocer la fuente o la metodología de estimación.

Hasta el año 1998 se habían perforado 109 pozos (Ríos, 1998; citado por Rojas, 2005) y hasta el año 2005 ya se habían perforado 203 pozos (Delgadillo y Lazarte, 2007), de los cuales 52 pozos dejaron de funcionar. Pero el inventario también toma en cuenta a aquellos pozos que entrarán en funcionamiento recién después del año de inventariación. El último inventario (Mayta, 2012) da cuenta de un incremento importante de pozos perforados, reportando 303 pozos inventariados.

2.1.2. Suelos

En Tiraque Valle, los suelos son de origen aluvial, moderadamente profundos a profundos en las zonas plana y media, y superficiales hasta afloraciones rocosas en la parte alta, con un contenido de materia orgánica moderado a bajo. La topografía es bastante irregular: terrenos planos, ondulados y quebrados.

En cambio, en el abanico de Punata, como su nombre denota, es un amplio abanico aluvial que ha sido formado por el río Pucara, debido al cambio brusco entre el área montañosa y el área de topografía más suave. Formando terrazas bajas y medias, playas de río, depresiones y bancos de material grueso. Gran parte de estas formaciones son de topografía relativamente uniforme, ligeramente inclinada hacia S y SO.

En líneas generales, son de origen aluvial y coluvial. El río Pucara Mayu ha jugado un papel importante en la formación de estos suelos, arrastrando gran cantidad de sedimentos de las zonas montañosas y depositándolos en el Valle. Por medio de este proceso continuo, los suelos experimentan siempre nuevos aportes de sedimentos recientes y sub-recientes de diferentes tipos y/o clases en constante formación; aspecto que es acentuado, además, por las características del método de riego más utilizado en la zona (inundación) con aguas de riadas, las que contienen gran cantidad de sedimentos limosos (lama).

2.1.3. Clima

El clima en la parte alta de la cuenca pedagógica Pucara se caracteriza por presentar una época seca y fría de mayo a octubre y una época lluviosa de noviembre a abril. Dentro el reciente Plan de

Desarrollo Municipal de la provincia de Tiraque (2009 - 2013), también se afirma que el clima varía de acuerdo a los pisos ecológicos (Tabla 2).

Tabla 2. Características climatológicas según pisos ecológicos

Nº	Piso Ecológico	Características Climáticas
1	Valle	Clima Templado
2	Cabecera de Valle	Clima Templado a frígido, con presencia de vientos en invierno
3	Transición	Clima frígido, con presencia de vientos más frecuentes en invierno
4	Puna	Clima muy frío con presencia de fuertes vientos casi todo el año.

Fuente: PDM Tiraque (2009-2013)

En lo referente al abanico de Punata, es una zona con escasez de agua marcada durante el periodo de estiaje. Presenta un clima seco y templado cálido. El ciclo climatológico de la zona es bastante marcado; una época lluviosa que abarca de noviembre a abril y otra época seca de mayo a octubre, siendo el 88% de las precipitaciones que caen en la época lluviosa y sólo el 12% de la precipitación anual en la época seca. La precipitación media anual es de 290 mm; la temperatura media anual varía entre 12 y 18°C. Las heladas nocturnas ocurren sólo en los meses de invierno. (Estación Chaupisuyu Bajo). En términos generales, la cuenca hidrográfica Pucara es considerada como una zona semiárida y el abanico de Punata como una zona árida.

Cruz (2009) realizó una integración de datos de varias estaciones para generar un mapa de isoyetas de la cuenca pedagógica Pucara. En la figura 3, se muestra la distribución espacial de la precipitación en la cuenca pedagógica Pucara. Al norte, en las cabeceras de las cuencas tropicales, la pérdida de la capacidad de precipitación de las nubes es rápida y vertiginosa. Una vez cruzada las montañas, las nubes debilitadas generan un núcleo de baja precipitación que se ubica en el abanico de Punata.

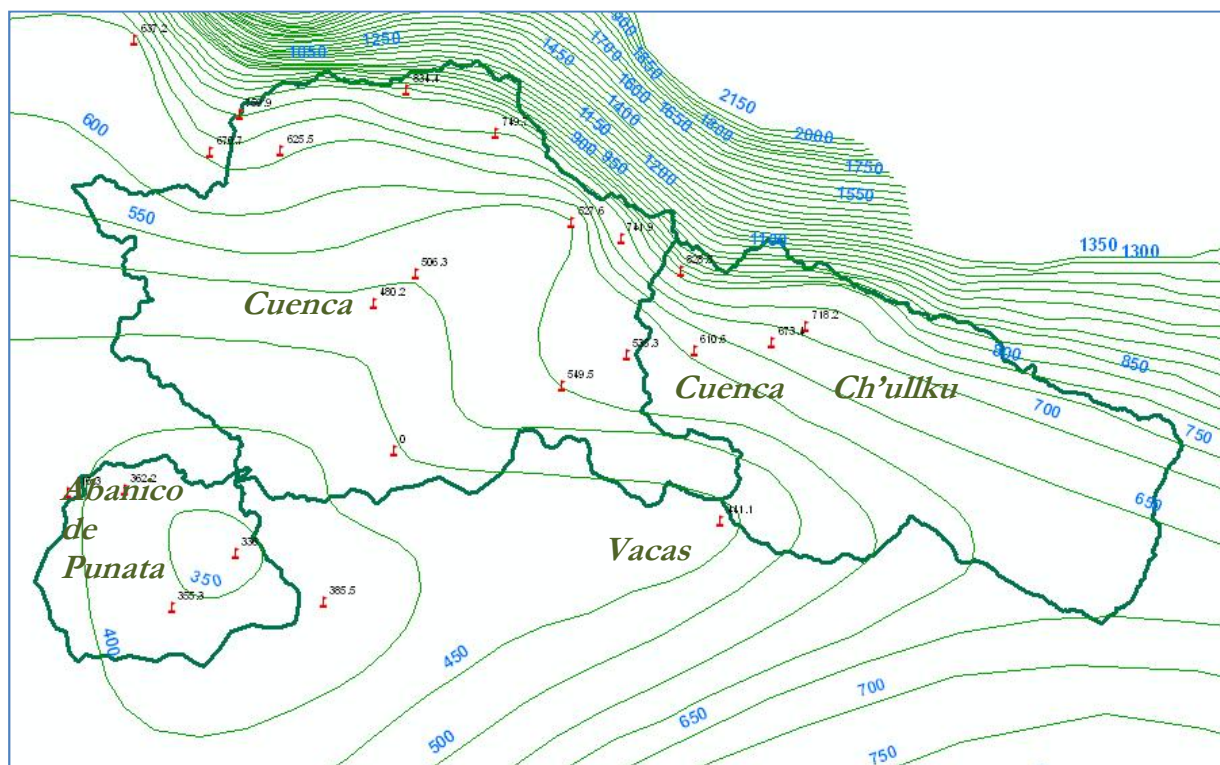


Figura 3. Isoyetas de precipitación anual de la cuenca Pedagógica Pucara (Cruz, 2010)

2.1.4. Cobertura vegetal

La vegetación nativa en la parte alta de la cuenca pedagógica Pucara, según el Plan de Desarrollo Municipal de Tiraque (2009-2013), a partir de los 3700 msnm., es abundante en pastos nativos (Foto 1), donde sus densidades varían según la intensidad de pastoreo. En zonas más bajas se encuentran arbustos, sobre todo de la familia *Baccharis sp.* (*Th'ola*, *Ch'ilka*) y *Berberis sp.* (*Kellu Kellu*). En los lechos de los ríos y en los bordes de canales de riego, crece vegetación de pradera (*Alnus sp.*, *Berberis ciliata*, etc.), bosques de eucalipto, pino y *qewiña* se encuentran en la zona de puna.



Foto 1. Pajonales en zona de transición y altura de la cuenca Pucara

En cambio en el abanico de Punata, la zona de vida presente en el área de estudio corresponde a Estepa Espinosa Montano Bajo Subtropical. El clima, en su forma típica (no transicional), es muy favorable a la vida y salud humana y excepto por la falta de precipitación adecuada es netamente favorable al cultivo intensivo y a la cría de animales domésticos (Vásquez, 2007).

La vegetación natural circundante se caracteriza por especies xerófitas. El uso y aprovechamiento de diferentes tipos de agua para el riego en la zona, ha permitido que se genere una vegetación variada de árboles y arbustos; Entre las especies forestales más importantes tenemos: Molle (*Schinus molle*), Algarrobo (*Prosopis juliflora*), Eucalipto en sus dos variedades (*Eucalyptus globulus* y *E. rostrata*), Sauce llorón (*Salix babilonica*), Retama (*Spartium junceum*) y otras de menor importancia como la Jarca, Tara, Ulala, *Ch'ilka*, *Q'aralawa*, *Chirimolle*, etc. Entre las especies tradicionalmente cultivadas están, principalmente: Maíz (*Zea mays*), Papa (*Solanum tuberosum*), Alfalfa (*Medicago sativa*), Trigo (*Triticum vulgare*); además, se cultivan varias hortalizas, sobresaliendo: Cebolla (*Allium cepa*), Zanahoria (*Daucus carota*), rábano (*Raphanus sativus*) y otros. Aparte de éstos se cultivan también frutales (Duraznero, Ciruelo, Manzano, etc.) y flores en menor medida. (Montes Oca, 1992)

2.1.5. Población

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda del 2012, El municipio de Tiraque (Valles) ha reportado un total de 21231 habitantes, de los cuales el 51% son mujeres y el resto varones. En relación al Censo Nacional de Población y vivienda del año 2001, la diferencia es positiva aunque muy pequeña (1,5% de crecimiento en 11 años).

En cambio, en Punata los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2012, reporta un total de 28887 habitantes, siendo el 53% mujeres y el resto hombres. En comparación al Censo del año 2001, el resultado también es de crecimiento positivo y superior al registrado en el municipio de Tiraque (10,5% de crecimiento en 11 años). Algo interesante a resaltar en el caso de Punata es que en el periodo 1992-2001 el Municipio de Punata se convierte en un municipio urbano.

Cabe resaltar también que la migración de la población, siendo muy significativo en Punata, ya que indica la migración sobre todo de la población joven (hombres y mujeres) a otros países como España, Argentina, Estados Unidos, Israel; o a otros departamentos, como Santa Cruz y La Paz entre otros. Esta situación constituye también un factor a considerar en lo que significa el aporte económico a una familia, proceso que cada vez se va acrecentando, toda vez que la presión sobre la tierra y el agua aumenta, constituyéndose en un proceso irreversible, de ahí que las familias campesinas buscan nuevas alternativas en el continuo intento de sobrellevar la reproducción de sus recursos productivos y de su familia. En ausencia de los emigrantes temporales, las mujeres se constituyen en protagonistas de su familia y toman las riendas de todas las actividades y el destino mismo de su predio en ausencia del esposo. Muchas veces los emigrantes ya no vuelven a sus lugares de origen (Delgadillo, 2004).

2.1.6. Uso Actual de la Tierra

Según Rocha y Mayta (2010), el uso de la tierra en la cuenca pedagógica Pucara se caracteriza por la variabilidad, siendo los usos agrícola y pecuario los más importantes en términos de superficie e importancia para los pobladores de la zona.

La cuenca pedagógica Pucara tiene como uso de tierra principal el uso agrícola que cubre un total de 21323 ha (41,5 %) distribuidos en el abanico de Punata y en la cuenca hidrográfica. El uso pecuario que cubre 11271 ha (21,9 %), comprende principalmente tierras localizadas en la zona de Puna de la cuenca hidrográfica y la zona sur del abanico de Punata. Las tierras de uso Forestal, que corresponden a plantaciones forestales, cubren un total de 1504 ha (2,93%) y se localizan principalmente en la cuenca hidrográfica. Las zonas urbanas cubren un total de 759 ha (1,48 %), ubicadas en su mayoría en el abanico de Punata. Finalmente, las tierras sin uso aparente, que ocupan el segundo lugar en términos de superficie, cubren un total de 15597 ha (30,38 %) y se localizan en la cuenca hidrográfica y la zona sur del abanico de Punata (Figura 4).

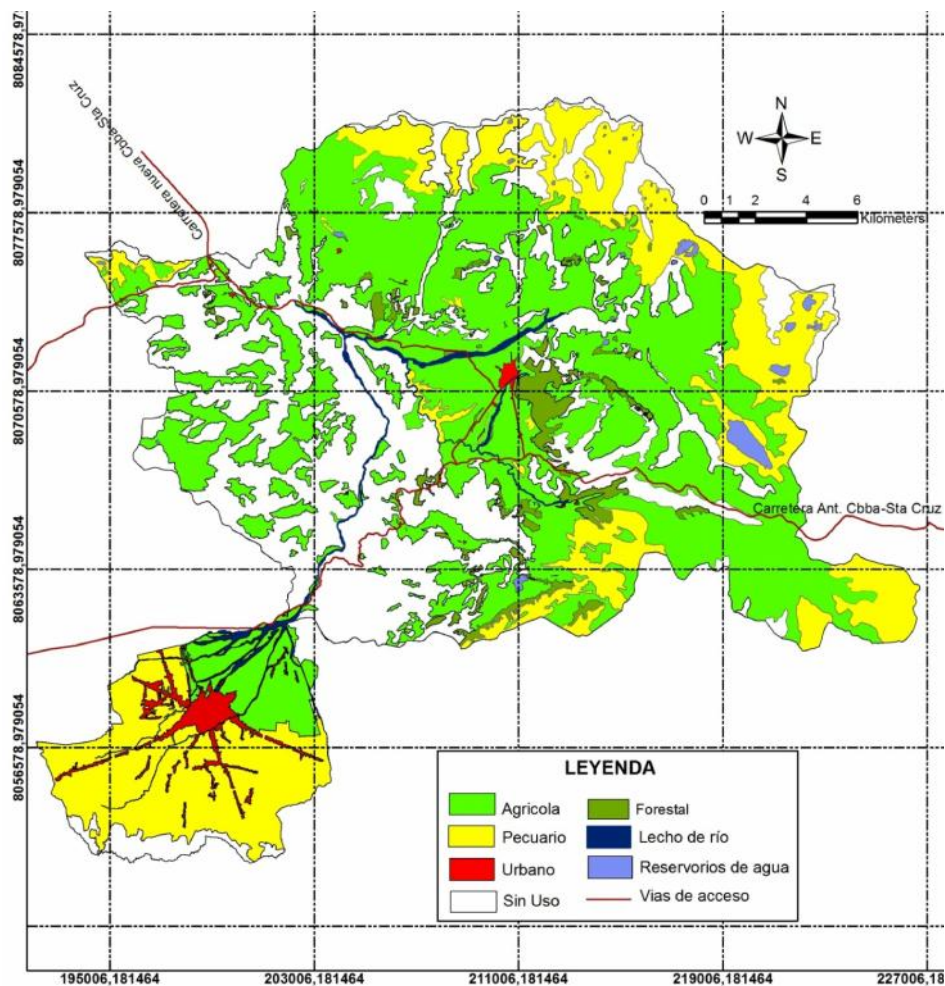


Figura 4. Uso de tierra en la cuenca Pucara (Rocha y Mayta, 2007; Mayta y Alfaro, 2009)

En el abanico de Punata el uso Pecuario es el uso de tierra principal, llegando a ocupar un total de 4520 ha, que representa el 61.4 % de la superficie total del abanico. Estas tierras se destinan mayormente al cultivo de forraje (maíz, alfalfa y avena) para la cría de ganado lechero. Las tierras de uso agrícola cubren un total de 1394 ha, siendo la horticultura y el cultivo de granos las principales actividades, aunque es necesario remarcar la tendencia a la diversificación de la producción, impulsada principalmente por los horticultores. La zona cubierta por infraestructura urbana llega a cubrir un total de 642 ha, de las cuales 263 ha corresponden a la zona urbana central (Centro poblado de Punata) y 379 ha a la zona urbana dispersa. Las tierras de uso forestal, ocupan 21 ha, y un total de 770 ha corresponden a tierras sin uso, de las cuales 237 ha corresponden a lechos de río y 533 ha a tierras sin uso aparente debido principalmente a problemas de salinidad (Rocha y Mayta, 2010).

En la zona de la cuenca hidrográfica, el uso principal es el agrícola, llegando a ocupar un total de 19929 ha que representan el 45.3 % de la superficie de la cuenca hidrográfica. Estas tierras se destinan principalmente al cultivo de grano (trigo, cebada, avena) y papa. Las tierras de uso pecuario cubren una superficie de 6751 ha, corresponden a zonas de pasturas naturales destinadas al pastoreo de bovinos (toros y vacas), ovinos (ovejas) y equinos (burros, caballos). Las tierras de uso forestal alcanzan las 1481 ha, estando conformadas principalmente por plantaciones de Eucalipto y Pino. El área urbana cubre 117 ha, de las cuales 66 ha constituyen la denominada zona urbana central que abarca la zona urbana central de Tiraque, mientras que 51 ha constituyen la zona urbana dispersa.

que incluye los pequeños centros poblados dispersos en la cuenca hidrográfica Pucara. Un total de 15064 ha, (34,2% de la superficie total de la cuenca hidrográfica) son tierras sin uso aparente, correspondientes a tierras que presentan degradación de suelos por erosión, zonas con relieve escarpado, y zonas rocosas con suelos superficiales (Rocha y Mayta, 2010).

2.1.7. Principales actividades económicas

La agricultura es la principal actividad de los pobladores de la cuenca hidrográfica Pucara y de Ch'ullkumayu, girando primordialmente en torno al cultivo de la papa, constituyéndose en el cultivo de mayor relevancia económica. La siguiente actividad en importancia se centra en la cría de ganado bovino y ovino; la misma permite complementar la seguridad alimentaria de las familias y cubrir gastos inmediatos. Otra actividad importante es la forestación, considerada como la tercera alternativa económica para la cuenca, desarrollándose de forma intensiva, en los últimos años (PDM-Tiraque, 2008).

En el abanico de Punata, la mayor actividad económica es también la agricultura, la producción de leche y queso, la elaboración de chicha, la manufactura de artesanías. La elaboración de chicha es otro rubro de mucha importancia en el valle, ligada a la producción de maíz, insumo principal de este producto. La producción de chicha es comercializada tanto localmente como enviada a la ciudad de Cochabamba y provincias vecinas como Tiraque.

2.2. Sistemas de riego por aspersión: Mishkamayu, Ch'ullkumayu, Koari Bajo y K'aspicancha

En la figura 5 se puede apreciar la ubicación de los cuatro casos antes señalados (Mishkamayu, Ch'ullkumayu, Koari Bajo y K'aspicancha), dentro la cuenca pedagógica Pucara.

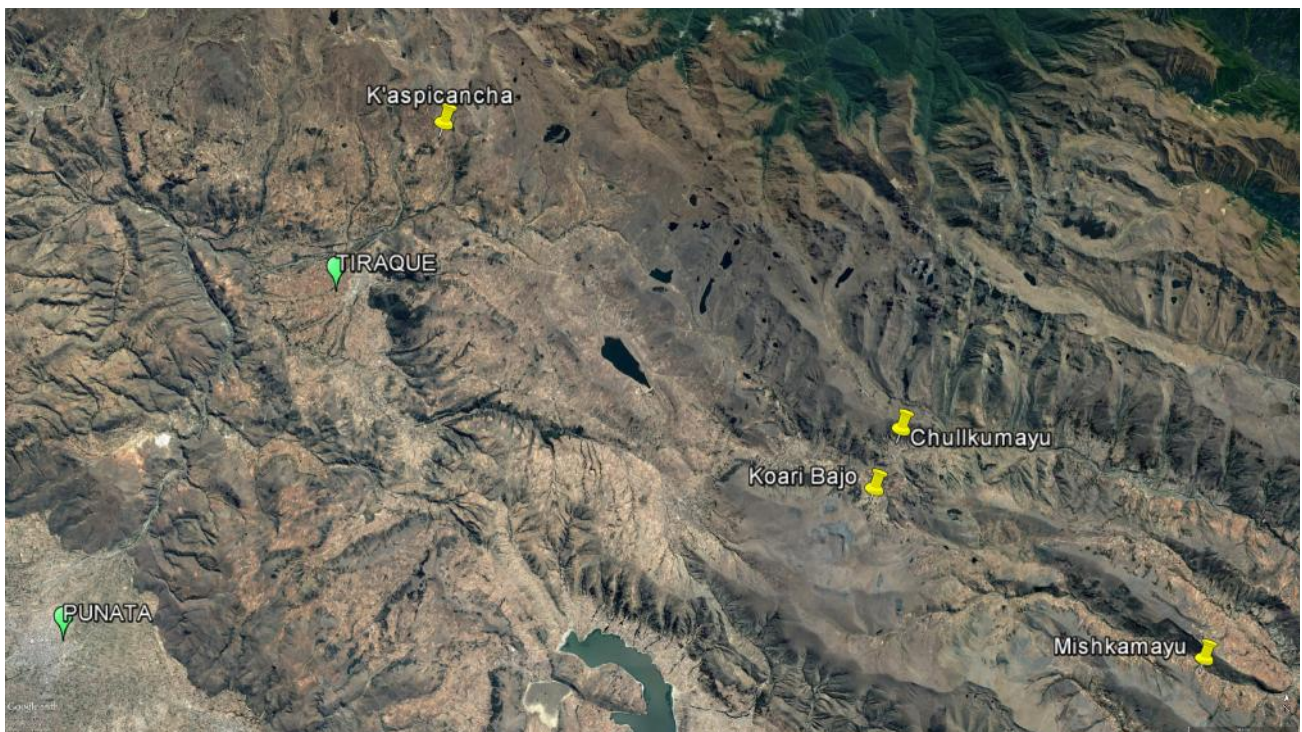


Figura 5. Ubicación de los casos estudiados

En la tabla 3 se resumen algunas de las características de los sistemas de riego y de su gestión en Mishkamayu, Ch'ullkumayu, Koari Bajo y K'aspicancha. Es necesario aclarar algunos aspectos para que la tabla 3 pueda entenderse completamente:

-) Mishkamayu, debe ser una de las primeras experiencias de cambio tecnológico en Bolivia.
-) Asimismo, en Mishkamayu, los sistemas de riego existentes no han sido presurizados en la conducción y distribución, esto quiere decir que los equipos móviles de riego por aspersión captan el agua directamente de las acequias mediante embudos.
-) En cambio, en Ch'ullkumayu, Koari Bajo y K'aspicancha, el sistema principal ha sido entubado y presurizado (conducción y distribución, hasta el nivel de hidrantes).
-) La configuración de la red de distribución en Ch'ullkumayu ha sido del tipo “espina de pescado” en cambio en Koari Bajo y K'aspicancha, la configuración es de canal-tubería de cabecera y bajantes (varias).
-) La adquisición del derecho al agua en todos los casos se basa en la pertenencia a la comunidad, aunque en el caso de Ch'ullkumayu, Koari Bajo y K'aspicancha, el aporte monetario y de mano de obra ha sido importante para consolidar el derecho, ya que la intervención ha sido a nivel de todo el sistema de riego, en cambio en Mishkamayu, ha sido básicamente a nivel de parcela. (Mishkamayu).
-) En cuanto a la fuente de agua, principalmente resalta vertientes (Mishkamayu, Ch'ullkumayu y Koari Bajo), en cambio en K'aspicancha es agua de represa (regulado), y en términos de distribución de agua podría constituir en una ventaja, ya que se podría regular las cantidades de agua desfogadas de acuerdo a necesidad.
-) En general, en todos los casos los aspersores han sido criterio importante para definir la distribución del agua a nivel de usuario (número de aspersores por persona), con algunas excepciones a la regla.

Tabla 3. Características de los sistemas de riego y de su gestión en Mishkamayu, Ch'ullkumayu, Koari Bajo y K'aspicancha

Sistema	MISHKAMAYU			CH'ULLKUMAYU			KOARI BAJO	K'ASPICANCHA-KEWIÑAJARA
	MayunPunku	Sapanani	Chuntali	Antiguos	Aspersión	Yanakhocha	Koari Bajo	K'aspicancha-Kewiñajara
Fuente de agua (l/s)	Vertiente Sapanani: 6 - 12, Río Mishkamayu: 10 - 13	Vertiente Sapanani: 6 - 9, Río Mishkamayu: 10 - 13	Vertiente Iskayhuasi: 15 - 30, Río Mishkamayu: 10 - 13	Vertiente K'uchu Monte: 5	Varias vertientes y rebalses de Represa Yanakhocha: 25 - 50	Represa Yanakhocha: 20 l/s en válvula del canal de aducción	Q'ellu Kayana 1: 0,85 Q'ellu Kayana 2: 2,04 Lampa Suyu: 1,42 J'atun Mogo Ura: 1,64 J'atun Mogo Wasa: 1,99 Link'i Toruyo: 0,26 Qaqa Ura: 0,76	Represa K'aspicancha: 473000 m ³ (60 l/s desfogue).
N° Comunidades	1	1	3	1	1	5	1	3
N° de usuarios	55	42	141	49	44	49 (Ch'ullkumayu)	61	270
Area servida por canales (ha)	135	110	304	15 (75)	60	60	90	352
Caudal (l/s)	6 - 12	6 - 9	15 - 30	5	20	20	9	60
Flujo de entrega	Biflujo	Biflujo - Multiflujo	Multiflujo	Multiflujo		Multiflujo	Multiflujo	Multiflujo
Adquisición del derecho al agua	Afilación al sindicato				Afilación al sindicato e inversión de mano de obra y cuotas en dinero			
Modalidad de distribución	12 horas con Q/2/regante	12 horas con caudal necesario para 3 aspersores	12 horas con caudal necesario para 3 aspersores	A demanda libre	Hasta terminar con 3 aspersores (6-8 usuarios)	Turno	Turno	Anote
N° de usuarios regando simultáneamente	2	2 - 4	7 - 9	1 - 4	6 - 8 (diseño: 12)	Aprox.: 4	Aproximadamente: 4	Aproximadamente 50

Fuente: Elaborado en base a Rodríguez (2003), Delgadillo (2003), Jiménez (2003), Hidalgo (n.d.), Jiménez (n.d.), Cari (2015), Escobar (2015), van Bezu (2017)

3. Aproximaciones conceptuales sobre los procesos de innovación y adopción tecnológica en riego

3.1. Riego tecnificado

La tecnificación, según el diccionario Oxford Living Dictionaries es la dotación de recursos técnicos a una actividad determinada para mejorarla o modernizarla. En ese sentido, el riego tecnificado hace alusión al uso y aprovechamiento eficiente y efectivo del agua de riego mediante el empleo de **elementos tecnológicos de riego** modernos: Bombas, tuberías y emisores (aspersores, goteros), implementos y accesorios (válvulas, unión patente, acoples rápidos, etc.). Obviamente, requiere un conocimiento técnico asociado a su uso. Por antonomasia, el riego presurizado es riego tecnificado.

En el sentido estricto de su significado, mejorar las obras de captación, conducción, distribución y almacenamiento usando por ejemplo cemento, también se consideran dentro lo que es riego tecnificado, pues busca un mejor uso y aprovechamiento del agua, se usan elementos tecnológicos que mejoran la eficiencia de conducción o de almacenamiento, y obviamente existe un conocimiento asociado a su uso. Asimismo, realizar cambios o modificaciones en el riego por superficie buscando mejorar las eficiencias de aplicación, almacenamiento así como de uniformidad de riego, pueden considerarse también como parte del riego tecnificado.

En este documento se emplea frecuentemente el término de riego tecnificado, sobre todo referido a los cambios tecnológicos trascendentales que están teniendo lugar en el campo del riego en nuestro país, como es el cambio de método de riego, en particular de riego por superficie a riego por aspersión, y con todos los aspectos asociados a estos cambios, como ser, empleo de tuberías a presión, uso de aspersores, etc. Asimismo, el término riego presurizado también es utilizado muy frecuentemente y como sinónimo de riego tecnificado, sin olvidar que éste último abarca también otras formas de tecnificación del riego.

3.2. Tecnología de riego

En esencia una tecnología cualquiera considera tres aspectos centrales: (1) artefacto (s), (2) el conocimiento asociado a su uso y (3) un objetivo concreto. Hay que evitar la confusión común de considerar al artefacto como una tecnología en sí mismo.

Un ejemplo de esto puede ser el teléfono celular. Si le damos un teléfono celular a un niño, utilizará éste esencialmente para jugar, pues tiene la suficiente destreza y el conocimiento asociado a esta idea de jugar, ya que como niño su objetivo principal es sobre todo divertirse, jugar, pasarla bien. En cambio, el mismo celular, en manos de un adulto tendrá otro uso u otros usos, pues su nivel de conocimiento y el objetivo que quiere lograr con el uso del celular (elemento tecnológico) son totalmente distintos.

Aplicado a tecnología de riego, por ejemplo riego por aspersión, los aspersores son diseñados y construidos para regar como lluvia, en un rango de presión y caudal específicos para cada aspersor. Entonces, el artefacto es el aspersor, el objetivo es el riego de los cultivos y el conocimiento y la destreza está en función de la gente que lo utiliza. No obstante, el objetivo puede tener diferentes matices, así para un agricultor de las zonas de pendiente, el aspersor es sobretodo un ayudante para regar en condiciones difíciles, al cual realizan modificaciones (extracción y ensanchado de boquillas) que afectan la hidráulica del aspersor, por tanto los resultados de riego.

Aplicada al riego, la tecnología de riego “es la aplicación práctica del conocimiento humano sobre riego en la provisión del agua requerida por los cultivos, utilizando uno o varios elementos tecnológicos o artefactos (canales, válvulas, aspersores, goteros, herramientas, etc.)” (Delgadillo, 2003). En este sentido, las prácticas de riego campesinas son consideradas también tecnología de riego, aunque los elementos tecnológicos que utilizan sean sencillas y rústicas (azadón, pala, tepes, piedras, etc.), pero el conocimiento asociado y los objetivos que persiguen son muy claros. Tal vez para diferenciar se podría denominarlos como **tecnología de riego tradicional** y a aquella que incluye elementos tecnológicos modernos, en procura de mejorar la técnica del riego, como **tecnología de riego tecnificado o moderno** (Figura 6).



Tecnología de riego tradicional	Tecnología de riego tecnificado o moderno
	
<p>Artefactos: Azadón, bordos Conocimiento asociado: riego por cajetas, manejo del agua dentro la parcela con presencia permanente de los regantes Objetivo: Dotar agua al cultivo</p>	<p>Artefactos: Aspersores, mangueras, válvulas, acoples, etc. Conocimiento asociado: riego por aspersión, instalación y movimiento del equipo de riego por aspersión, sin presencia permanente de los regantes Objetivo: Dotar agua al cultivo</p>

Figura 6. Características de la tecnología de riego tradicional y tecnificado

La tecnología de riego puede ser observado en varios niveles (supra sistema, sistema de riego y a nivel parcela), en los cuales encontramos elementos y conjuntos tecnológicos, cuya función central es ayudar a captar, conducir, distribuir y aplicar el agua de riego, respectivamente (figura 7).

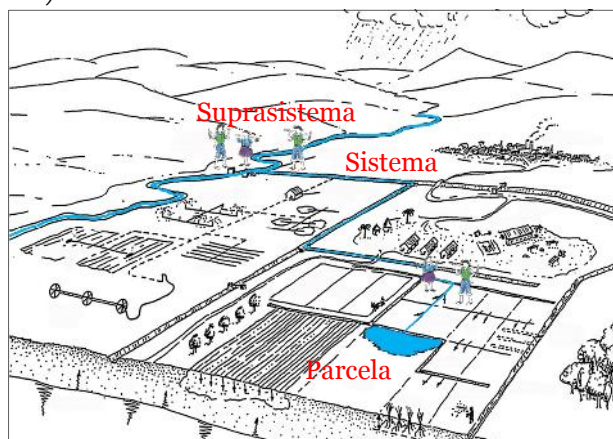


Figura 7. Niveles de análisis de la tecnología de riego

La aplicación continua y cotidiana de una tecnología de riego con el tiempo y la rutina se vuelve una ***práctica (campesina) de riego***, es decir, “la forma mediante la cual un productor lleva a cabo una operación técnica” (Teisser, 1979; trad. por Villaret, 1995).

Ahora bien, la tecnología de riego no debe ser entendida solamente desde una dimensión técnica, sino también social, en el sentido de que ésta, en la práctica, es construida socialmente, tiene requerimientos sociales y además produce también efectos sociales (Mollinga, 1998). En este mismo sentido, Arteaga, Medellín, y Santos (1995), proponen comprender a la tecnología como un producto cultural que no puede ser abstraída de las fuerzas sociales y culturales que la crean o utilizan, o que la construyen, modelan y configuran. Pues la dimensión social es la que orienta en muchas ocasiones el rumbo del cambio tecnológico en un contexto y en un tiempo.

3.3. Innovación tecnológica

Innovación tiene varios significados relacionados. Deriva de la palabra latina *novus*, o nuevo, el término es definido alternativamente por los diccionarios como “la introducción de algo nuevo”, o “una nueva idea, método o dispositivo” (Diccionario Oxford, 2001). En esa misma línea, innovación tecnológica puede ser entendida también como cambio tecnológico.

Es necesario considerar que las nuevas ideas o nuevos artefactos (innovación tecnológica) pueden venir de *agentes externos*¹ (ONG's, OG's, individuos, etc.), *agentes internos*² (agricultores innovadores), o de ambos (Delgadillo, 2003). Cuando viene de agentes externos, hasta que los agricultores aceptan la nueva tecnología e integran éstos a su “mundo” pasa un tiempo en el cual básicamente ellos toman decisiones para aceptar o rechazar algo nuevo (proceso de adopción) para lo cual influyen diferentes condiciones o factores como ser: *Personal*, que se refiere a los rasgos inherentes en el agricultor como un individuo; *Situacional*, que se refiere a la interacción entre el agricultor y su entorno inmediato (a un cierto alcance, estos factores pueden ser manipulados por el agricultor, y como tales crean el espacio que da significado a la toma de decisión, la elección entre alternativas de acción); y *Externa* que se refiere a aquellos elementos que están fuera de la esfera de influencia de los agricultores individuales y no puede por lo tanto ser manipulado (Doorman, 1991).

Conceptos tales como adopción y adaptación están involucrados en lo que es innovación tecnológica. Comenzando de una definición hecha por el Diccionario Oxford, *adopción* es entendida como la decisión para empezar a usar algo tal como una idea, un plan, un nombre o, un nuevo artefacto (Delgadillo, 2003), es decir, una innovación.

¹ Individuos que representan a entidades de innovación, en otras palabras, son la interfase entre los potenciales usuarios y las entidades, y podrían llegar a ser fuentes de innovación tecnológica (extracción de Rogers, 1983)

² Individuos que son fuentes de cambio local debido a su alta innovatividad con relación al resto de la gente.

3.4. Sistemas de riego tecnificado

Un sistema de riego tecnificado es el resultado de la interrelación e interacción de los siguientes elementos: (1) fuente de agua, (2) la infraestructura de riego, (3) las áreas-cultivos de riego y los (4) usuarios del sistema o la gente que participa con la finalidad de dotar de agua de riego de manera segura y oportuna a los cultivos bajo riego. Un sistema de riego tecnificado es resultado de un proceso de diseño y adopción tecnológica con características particulares, que ha experimentado cambios importantes en su matriz tecnológica, sobre todo cuando se trata de un cambio de método de riego (de superficie a aspersión o goteo).

Ahora bien, un sistema de riego tecnificado puede ser de diferente envergadura, es decir podría servir para regar los cultivos de una familia o un sólo usuario, o servir a un grupo de usuarios, en tal caso, la gestión de la misma, así como el proceso de diseño y adopción de los cambios tecnológicos introducidos, tendrán particularidades diferentes. Por la importancia de la misma, puesto que en Bolivia casi el 100% de los sistemas de riego son gestionados colectivamente, cuando éstos son intervenidos para su tecnificación, requieren una atención particular durante los procesos de diseño y adopción tecnológica.

En la figura 8 se esquematiza los principales componentes de un sistema de riego tecnificado que ha sufrido cambios importantes en su matriz tecnológica.

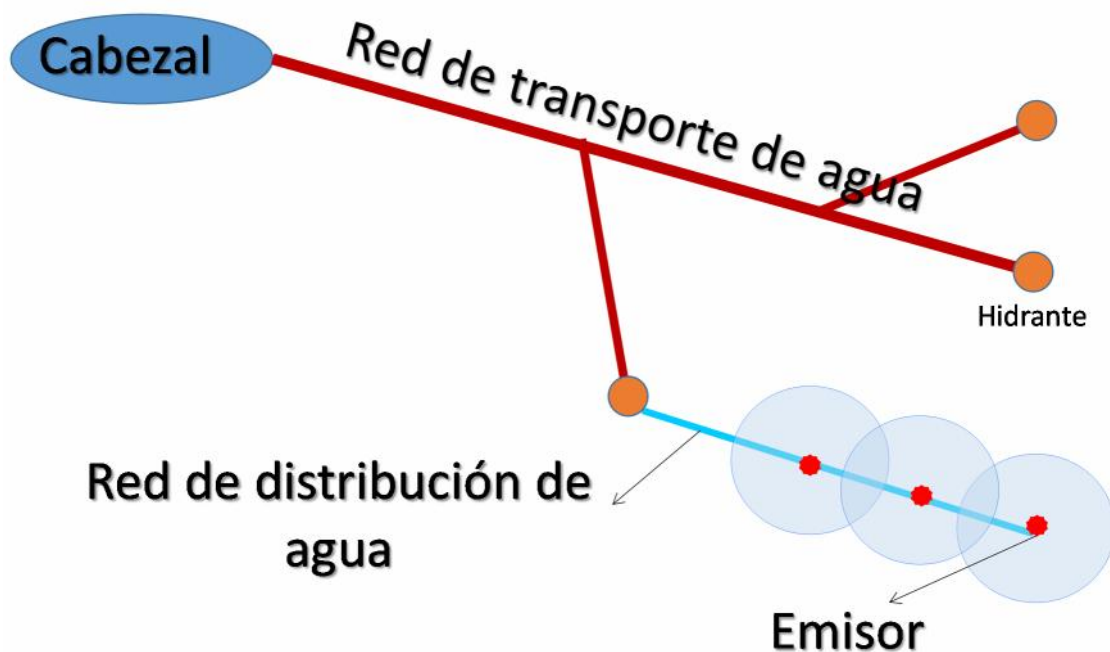


Figura 8. Esquema general de un sistema de riego tecnificado y sus componentes

En la Tabla 4 se explica cada uno de los componentes de un sistema de riego por aspersión.

Tabla 4. Aspectos centrales de los componentes de un sistema de riego por aspersión

Cabezal	
<i>El cabezal es el conjunto de equipos y accesorios para: Generar la presión necesaria para la operación del sistema, regular el caudal y controlar la calidad de agua.</i>	
<ul style="list-style-type: none">)] Considera: Válvulas, Manómetros, Filtros, Bombas, Inyectores de fertilizantes, Programadores de riego: Típico de SRPG y SRPA en zonas llanas.)] En ladera son más sencillos: Cámara de carga con una malla de filtrado y una válvula.)] También pueden ser instalaciones rústicas: bomba y un canastillo en el chupador.)] Incluso más sencillos: Ejemplo los Equipos móviles de riego por aspersión familiares en Mishkamayu (Embudo y una malla milimétrica). 	
Red de transporte de agua	
<i>Son conductos a presión comúnmente enterrados que abarca generalmente hasta los hidrantes.</i>	
<ul style="list-style-type: none">)] Principales: tuberías de PVC, mangueras de polietileno de alta densidad (“politubos”) y tramos de tubería de fierro galvanizado (diám.: 2” a 10”).)] Secundarios: tuberías de PVC, mangueras de polietileno de alta densidad (diám.: 1” a 2”). 	
Red de distribución de agua	
<i>Son también conductos a presión de menor diámetro en comparación a la red de transporte de agua y que generalmente no están enterrados ya que muchas veces son llevados de una parcela a otra.</i>	
<ul style="list-style-type: none">)] Laterales (tuberías o mangueras) a los cuales están conectados los emisores. Totalmente móvil.)] Diámetro: ¾” a 1 ½”.)] Materiales predominantes: Mangueras de lona y de polietileno de baja y media densidad (“politubos”).)] Cada vez menos populares tuberías de aluminio.)] En sistemas de riego por goteo son mangueras de polietileno. 	
Emisor: Aspersor	
<i>Permiten la aplicación de agua al terreno (simulando lluvia o gota a gota), y funcionan en un rango de presión sugerido.</i>	
<ul style="list-style-type: none">)] Los aspersores según su presión de trabajo: <ul style="list-style-type: none"> o De baja presión (2,5 bares) o De media presión (2,5 a 4,0 bares): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Una o dos boquillas de diámetro entre 4 y 7 mm. ▪ Caudales entre 0,3 y 1,7 l/s. ▪ Espaciamientos de 12 m x 12 m a 24 m x 24 m. o De alta presión (más de 4,0 bares): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tamaño grande (cañones) ▪ 1, 2 ó 3 boquillas ▪ Caudales entre 1,7 y 11,1 l/s 	
Alcances entre 25 y 70 m.	

Fuente: Elaborado en base a Hoogendam y Ríos (2008)

Finalmente, es necesario resaltar que, de acuerdo a los sistemas de riego intervenidos para su tecnificación, se presentan varias posibilidades de presurización (figura 9).

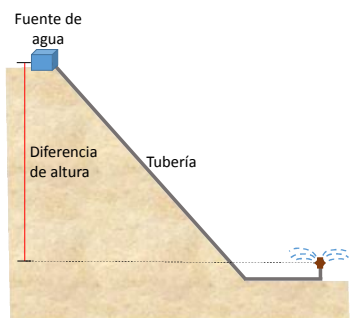
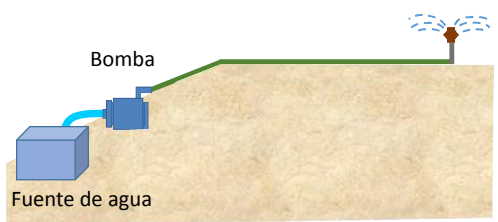
1) <i>Sistemas de riego tecnificado presurizados por gravedad</i>	2) <i>Sistemas de riego tecnificado presurizados por bomba</i>
<ul style="list-style-type: none">) Presión generada por el desnivel en el terreno.) Zonas montañosas (agricultura en ladera).) Diseño implica manejo de la presión existente por el desnivel y definir diámetros de tubería.) Implica ahorro de energía. 	<ul style="list-style-type: none">) Presión generada por una bomba.) Zonas planas o en contra pendiente (agricultura en valle).) Diseño implica principalmente calcular la potencia de la bomba para generar presión y definir diámetros de tubería) Implica costo de energía eléctrica. 

Figura 9. Formas de presurización de un sistema de riego tecnificado

Las posibilidades de presurización dependerán de la magnitud del sistema (figura 10), de las perspectivas financieras y de las condiciones topográficas principalmente. Por ejemplo, en la cuenca Pucara existen sistemas de riego de represas en los cuales el agua recorre varios kilómetros. En esta situación pretender presurizar desde la represa hasta las zonas de riego sería muy difícil y costos, por ello se estila transportar el agua por el lecho de los ríos o canales abiertos hasta los puntos de entrega comunal o grupal a partir del cual recién se presurizan mediante cámaras de carga y bajantes (tuberías instaladas en el sentido de la pendiente) aprovechando se el desnivel existente para la presurización por gravedad.

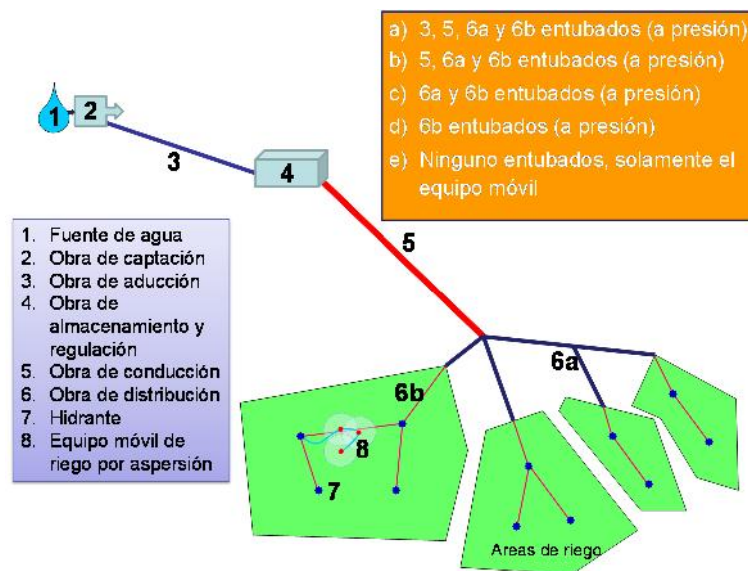


Figura 10. Posibilidades de presurizar el sistema de riegos intervenidos

En el caso de Mishkamayu, por ejemplo, la presurización se dio directamente de los canales de conducción/distribución de agua, mediante el empleo de pequeños embudos metálicos, una manguera de polietileno corto (30 a 50 m) que actúa como tubería de carga y el resto está instalada en la parcela. Por ello, en la época lluviosa cuando no se practica riego, cualquier visitante se llevaría la idea equivocada de que en Mishkamayu no se practica riego por aspersión sino riego por superficie ya que solamente se visibilizan las acequias de tierra, mientras que los equipos móviles de riego por aspersión esperan guardados bajo cobertizos a ser usados nuevamente durante la siguiente temporada de riego (época seca).

3.5. La adopción tecnológica como un proceso

Si innovar significa introducir una idea, un artefacto nuevo a un contexto específico (mercado, comunidad, sistema de riego, etc.), la aceptación o rechazo de esta nueva idea o artefacto, sucede en el tiempo, enmarcado o inmerso dentro de un proceso (de adopción). El proceso que culmina con la aceptación o rechazo de una nueva idea o artefacto, es **iterativo e interactivo**, por ello los llamados estadios o fases (referencias en tiempos) “son rechazados por diferentes razones que pasan en la realidad, ya que típicamente hay muchos ciclos de retroalimentación (*feedback*) y ciclos de alimentación hacia adelante (*feedforward*) de intercambio de información que son parte del proceso, y tantos choques (*shocks*) y retrocesos imprevisibles y sorpresas” (Schroeder et al, 1986, citado por Tornatzky y Fleischer, 1990).

De acuerdo a Delgadillo (2003), analizar el proceso de adopción puede ser hecho desde la *perspectiva del desarrollador de tecnología* (modelo de una vía: transferencia de tecnología), considerando el origen científico de la innovación, su desarrollo, y finalmente su entrega a los potenciales usuarios; y también *desde la perspectiva de los usuarios*, el cual resalta las decisiones y acciones concernientes a la incorporación de una nueva herramienta o práctica por los usuarios, sin olvidar las condiciones que rodean a ellos (personal, situacional y externa).

Por la naturaleza de los procesos de adopción que se han suscitado y se suscitan en la cuenca Pucara, se plantea considerar ambas perspectivas, considerando el hecho de que los desarrolladores de la tecnología no son sólo aquellos que generan o desarrollan en las fábricas, o industrias los diferentes productos o elementos tecnológicos (aspersores, goteros, tuberías, otros accesorios, etc.) sino también aquellos que generan o diseñan en conjunto los cambios tecnológicos en el sistema de riego (diferentes niveles), utilizando estos elementos o productos tecnológicos, con una cierta configuración de diseño particular, los cuales responden a objetivos también muy específicos. En la figura 11 se esquematiza la ruta del desarrollo tecnológico de riego.

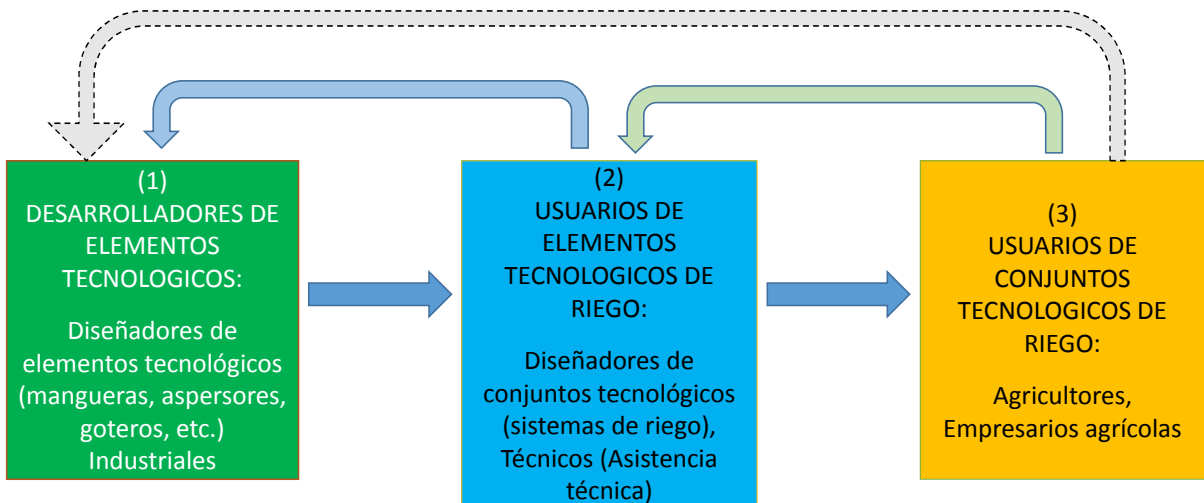


Figura 11. Ruta del desarrollo tecnológico en riego

(1) Los *desarrolladores de elementos tecnológicos*, tales como mangueras, aspersores, goteros u otros artefactos, son la esfera de diseñadores, ingenieros de empresas industriales que se encargan de desarrollar los mismos con criterios de diseño estándares, es decir, las mangueras sirven para transportar agua, minimizando las pérdidas de agua, que ofrecen una gama importante de diámetros y que tengan ciertas características de resistencia; los aspersores están diseñados para aplicar agua bajo rangos de presión y caudal definidos, de diferentes materiales y una oferta importante de modelos. Generalmente, esta esfera es poco o nada accesible para los usuarios de estos elementos tecnológicos, y mucho menos a los usuarios de conjuntos tecnológicos, sobre todo cuando éstas son transnacionales. Incluso si son locales, los canales de comunicación generalmente son escasos, aunque no nulos, teniendo en cuenta que la retroalimentación de los usuarios podría mejorar la producción de los elementos tecnológicos (artefactos).

(2) Los *usuarios de los elementos tecnológicos* de riego son ingenieros diseñadores (civiles, agrícolas, entre otros), que utilizan estos elementos para diseñar conjuntos tecnológicos (sistemas de riego) con configuraciones adecuadas a diferentes contextos. Asimismo, podrían considerarse a los asistentes técnicos, quienes son los encargados de apoyar en la puesta en marcha de estos conjuntos tecnológicos, los cuales muchas veces no funcionan tal como se esperaban. Comunicacionalmente, estos usuarios podrían informar y comunicarse con los desarrolladores de los elementos tecnológicos de riego, pero dependiendo del origen o la apertura de los mismos, podrían o no retroalimentar a éstos.

(3) Después están los *usuarios de los conjuntos tecnológicos*, es decir, agricultores, empresarios agrícolas, quienes ya utilizan los mismos que fueron diseñados con criterios de diseño provenientes de ellos mismos e interpretados por los diseñadores de los conjuntos tecnológicos. La experiencia muestra que esta interpretación y posteriormente la implementación de los mismos, muchas veces es errónea, entonces los usuarios de los conjuntos tecnológicos, se convierten en modificadores o adaptadores, tanto de elementos tecnológicos o de los mismos conjuntos tecnológicos. En términos de comunicación, los

usuarios de los conjuntos tecnológicos de riego, generalmente hacen llegar su reclamo a los usuarios de los elementos tecnológicos de riego (diseñadores de conjuntos tecnológicos de riego) y casi nunca a los desarrolladores de elementos tecnológicos, por cuestiones obvias.

Esto es más patente en nuestro medio, ya que el apoyo técnico que deberían tener los mismos, es generalmente pobre o inexistente, resultando finalmente en elementos o conjuntos tecnológicos modificados o readecuados. Esta situación obviamente da resultados inesperados o distintos a los que inicialmente se buscaba con el cambio tecnológico, aunque en términos de adopción tecnológica se pueda considerar un éxito, pero en términos de funcionamiento óptimo, de acuerdo a los estándares de riego eficiente, generalmente son pobres.

Para ilustrar mejor la ruta de desarrollo tecnológico de riego, se consideran dos casos importantes: Mishkamayu (Recuadro 1) y Ch'ullkumayu (Recuadro 2).

Recuadro 1. Ruta del desarrollo tecnológico en riego en Mishkamayu (Delgadillo y Jiménez, 2011)

El camino del cambio en Mishkamayu

Mishkamayu, el inicio

En 1988, por la preocupación de los agricultores y de un técnico del Programa de Desarrollo Agropecuario Integrado (PDAI), sobre las prácticas de riego tradicional por superficie, que estaban provocando el deterioro paulatino de la capa arable de los suelos (erosión por riego, deslizamiento por las pendientes fuertes de las parcelas), surge la idea de emplear el riego por aspersión como una alternativa, principalmente para resolver el problema de la erosión y alivianar el trabajo sacrificado del agricultor en el riego, sobre todo de noche.

En 1989, aparecieron los primeros interesados al riego por aspersión. En 1990, incrementó el número de interesados, a quienes el PDAI otorgó en calidad de crédito los equipos móviles de riego por aspersión (EMRAS).

El periodo que comprende desde 1990 hasta 1993, fue un periodo de apropiación de la tecnología, testeo local y desarrollo de capacidades y conocimientos sobre el EMRA, pues los agricultores que adquirieron los equipos, conjuntamente al técnico, vivieron todas las dificultades que significaba manejar un equipo con las características del EMRA inicial.

Un problema común e inmediato que enfrentaron los agricultores fue la falta de presión. Los aspersores no distribuían el agua uniformemente, resultado principalmente de la sobreestimación de la presión generada por el desnivel. Pero también fue un periodo de modificaciones al equipo y principalmente a los aspersores (incorporación del alambre como dispersor/deflector del chorro de agua).

Asimismo, comenzaron a remover la boquilla secundaria y ensanchar la boquilla principal, con el objetivo de disminuir el tiempo de riego por posición. Fue un periodo muy duro, pues a pesar de que los agricultores solucionaron los problemas de falta de presión en la medida de sus posibilidades, persistían aún problemas fundamentales tales como: mangueras de polietileno ("politubos") quebradizos, traslado dificultoso del EMRA de una parcela a otra, la unión patente que tenían los primeros equipos comercializados no eran muy prácticos, pues por la oxidación de la rosca dificultaba el cambio de posición, además se producían fugas en las uniones (Delgadillo, 2003).

Para cuando un Cooperante Norteamericano, fue a la zona de Mishkamayu en 1993, ya los agricultores que utilizaban el EMRA, habían realizado las modificaciones a los aspersores y tenían acumulado experiencia de uso de 4 años aproximadamente, entonces los problemas y requerimientos de los agricultores eran puntuales y urgentes: Rotura de politubos, aspersores que requieran menos presión para operar. El cooperante estaba interesado en la idea de reemplazar el politubo por manguera flexible y los acoples rápidos como medidas inmediatas para solucionar las demandas de los agricultores.

Trajo aspersores Rain Bird que convenció más a los agricultores, en detrimento del aspersor Naan inicialmente introducido. Para 1994, el cooperante, no se conformó con buscar soluciones rápidas fuera del país (importación), sino se animó a plantear un proyecto local para desarrollar y producir componentes para los equipos de riego por aspersión en Bolivia, de calidad y a menor costo que los materiales importados.

Durante 1995 y 1996, se desarrolló este proyecto. En este periodo contó además con el apoyo de una Cooperante Neocelandesa, quien se hizo cargo en Bolivia del proyecto denominado SMIA (Sistemas Móviles de Irrigación por Aspersión), coordinando además la producción de manguera no reforzada producida por una empresa local (Plastiforte) y la producción de aspersores y acoples de palanca con otra empresa local (FEMCO), durante todo el año de 1996. Simultáneamente, PDAI, en otra fundición, produjo acoples rápidos de enganche, los cuales resultaron ser de mayor aceptación en Mishkamayu.

Hasta 1996, año en el cual ambas instituciones se retiran de la zona, fueron realizados los cambios grandes a los equipos a todo nivel, a partir de ello, básicamente los agricultores son quienes compran las partes para armar un EMRA o reparar una existente. Para ello tienen las posibilidades de ir hasta la ciudad de Cochabamba o aproximarse a la Feria agrícola cercana (Puente) a 10 km aproximadamente de Mishkamayu, los días lunes a proveerse de componentes o EMRAs completos, de las tiendas que tienen aún PDAI y últimamente otras empresas ofertantes.

Desde la introducción del EMRA en la parte baja de la microcuenca de Mishkamayu Bajo en 1989 hasta el día de hoy, han transcurrido más de dos décadas. Hoy en día, todos los agricultores en esta zona poseen y usan al menos un EMRA y ya es uno más de sus implementos agrícolas. Aproximadamente, 220 familias están utilizando EMRAs para regar más de 400 ha de cultivo de papa y otros cultivos complementarios.

Mishkamayu es uno de los casos pioneros en cambio tecnológico en riego presurizado, además en un periodo en el cual los elementos tecnológicos necesarios para armar un EMRA eran limitados, errores en el diseño hidráulico inicial, falta de experiencia tanto del técnico como de los agricultores, etc., son algunos de los ingredientes de este proceso de adopción tecnológica de riego.

Este caso también muestra que para la ruta de desarrollo tecnológico ha sido bastante peculiar, pues se han juntado varias situaciones poco comunes, tal es la visita de un experto en riego de otro país, quien se ha interesado en el caso, la implementación de un proyecto para tratar de producir y proveer localmente elementos tecnológicos de riego necesarios para el EMRA y la necesidad sentida de los agricultores de hacer funcionar estos equipos en sus condiciones de parcelas de alta pendiente ante la certeza de la valiosa ayuda de los EMRAs a ellos.

Recuadro 2. Ruta del desarrollo tecnológico en riego en Ch'ullkumayu (Delgadillo y Jiménez, 2011)



vertientes Condormiyoj Pampa, hasta Ch'ullkumayu e incrementar de esta forma la disponibilidad de agua en la zona de riego" (Montaña, 2007).

El año 2005 ingresa un especialista en riego, anoticiado de la necesidad de la comunidad de entubar, así como de presurizar el sistema para regar por aspersión, pues aproximadamente el año 2001 - 2002 los dirigentes de la comunidad asistieron a un taller donde conocieron una experiencia de riego por aspersión en condiciones de ladera y tenían en mente esta idea. Entonces, el año 2005 realiza un estudio que abarcó el diseño hidráulico, agronómico y de gestión, con apoyo de un ingeniero especialista en diseño hidráulico.

Además de realizar el diseño final, facilitó también la búsqueda y concretización del financiamiento y la implementación del proyecto de riego por aspersión de Ch'ullkumayu. El sistema es construido durante el año 2006 y entregado a mediados del año 2007, entrando ya en operación durante esta gestión. Cabe mencionar que la ejecución del proyecto también incluía el acompañamiento. Sin embargo, éste se concentró sobretudo en la realización de los estatutos y reglamentos del sistema, consolidación de los derechos de agua, en la operación y mantenimiento del sistema, descuidando la parte de riego por aspersión en parcela propiamente (solo a nivel de demostración del funcionamiento de los equipos móviles de riego por aspersión).

A partir de la entrega e inicio de operaciones, los agricultores de Ch'ullkumayu han caminado solos ya que no hubo asistencia técnica o capacitación posterior a los agricultores de ninguna índole. El año 2010, en el marco de un proyecto de investigación, se plantea trabajar con la comunidad iniciándose con un diagnóstico del funcionamiento del sistema de riego por aspersión. Se identificó los principales problemas de funcionamiento, así como los requerimientos de capacitación.

Un problema importante identificado fue la formación de bolsones de aire en la primera parte del tramo de conducción, razón a ello no les llegaba suficiente cantidad de agua. Esto fue solucionado mediante la colocación de purgas de aires y válvulas en puntos estratégicos de este tramo.

Otro problema concreto identificado fue de acceso físico al agua de un grupo de beneficiarios del proyecto, que por recortes en el presupuesto no accedían al agua, ya que se requería unos 300 m de manguera rígida y atravesar una quebrada. Esta situación igualmente fue resuelto mediante la implementación de un puente canal y tendido de manguera rígida de polietileno.

A nivel de parcela y uso del equipo de riego entregado, los problemas se centraron en el manejo de la presión que sale del hidrante y en el material utilizado para conducir el agua desde el hidrante hasta los aspersores. Debido a que son materiales poco flexibles y quebradizos, los agricultores se enfrentan cotidianamente con el problema de rotura de mangueras, o filtraciones en los acoples o en la unión en el mismo hidrante.

Cabe recordar que para la entrega del sistema decidieron comprar otros aspersores más módicos (marca Truper) en detrimento de marcas más reconocidas (Riego Costa) con el fin de que alcance para todos (44 usuarios) y no como estaba previsto armar doce equipos de riego que iría rotando entre los usuarios. Este cambio sin duda está influyendo en los resultados del riego en la parcela.

En suma, este sistema ya tiene una década de funcionamiento. En la práctica, los usuarios se enfrentan a lo cotidiano y se enfrentan a los primeros problemas a nivel de todo el sistema así como a nivel de hidrante y de equipo. No obstante, ya reconocen los beneficios e impactos del riego por aspersión en la producción y en la práctica general del riego, además de que ya cambiaron los aspersores Truper por otros de más calidad.

Delgadillo (2003) sostiene que en el caso de procesos de tecnificación en riego, debido a que un artefacto (elemento tecnológico) casi nunca es aceptado tal cual vino desde la entidad que generó o desarrolló el artefacto, concebido para desempeñar una o varias funciones específicas, experimenta durante el proceso de adopción ciertas modificaciones, cambios (adaptaciones) en alguno(s) de sus componentes físicos, así como en alguna(s) de su(s) función(es) específica(s), en respuesta a requerimientos y criterios locales de los nuevos usuarios sobre la nueva tecnología (criterios sociales, técnicos, económicos, etc.). También es necesario considerar que la adaptación tecnológica es bidireccional, es decir que tanto los que adoptan los productos o elementos tecnológicos, o quienes desarrollan la tecnología, tienen o deberían tener la capacidad para adaptarse, un margen de maniobra (adaptabilidad), adecuarse, para que las posibilidades de adopción sean mayores.

Hay ejemplos en los cuales los agricultores no adoptan simplemente una nueva tecnología, sino seleccionan elementos de la propuesta tecnológica original que se adecuen a sus circunstancias de cambio constante (Rhoades, 1989). Un ejemplo de esto es el caso del equipo móvil de riego por aspersión (EMRA) introducido en Mishkamayu, donde se

introdujo en 1989 un equipo con ciertas características, que implicaba también varios criterios y supuestos de diseño inicial (Figura 12).

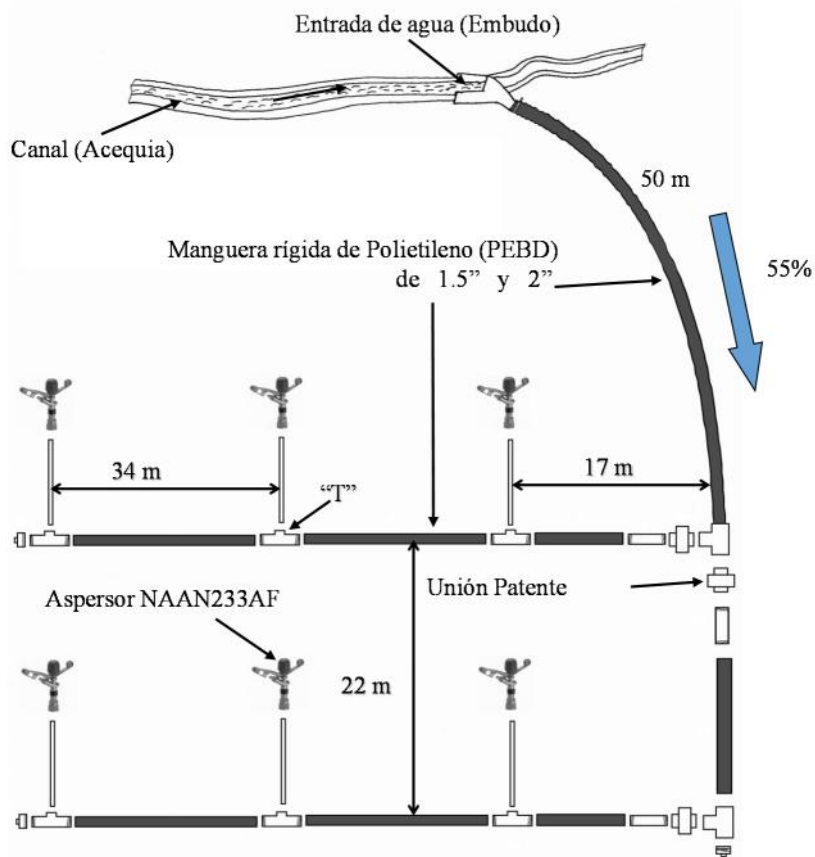


Figura 12. Equipo Móvil de Riego por Aspersión (EMRA) inicialmente introducido a Mishkamayu

El EMRA inicialmente introducido, constaba de un embudo metálico, una acometida inicial (“manguera de presión”), las mangueras de distribución donde estaban insertas los portaaspersores con sus respectivos aspersores y algunos accesorios (unión patente, Ts, etc.).

Con el tiempo, el equipo móvil de riego por aspersión que fue finalmente adoptada tenía varios cambios y modificaciones (Figura 13), incluso a nivel hidráulico, mostrando que los usuarios de tecnología no aceptan los artefactos tecnológicos, tal como son planteados pues durante el periodo de prueba, el conocimiento del mismo, descubren debilidades o fortalezas y los (re) consideran para tomar una decisión final. En este caso, viendo varias posibilidades en las diferentes partes del equipo, y sobre todo viendo que era posible realizar los cambios o modificaciones, lograron finalmente armar su propio conjunto tecnológico, uniendo diferentes elementos tecnológicos, siendo algunos de ellos modificados fuertemente.

En este caso, los cambios efectuados a los elementos tecnológicos introducidos, han sido realizados en gran medida por los mismos usuarios, posteriormente han recibido “sugerencias” de otros técnicos para realizar otros cambios, de los cuales los agricultores decidieron aceptar algunos y rechazar otros elementos.

Los cambios que ha sufrido este modelo inicial de EMRA han sido prácticamente en todos sus elementos tecnológicos en cuanto al tipo material, diámetro, longitudes, marca y modelos de aspersor, así como en los accesorios de unión. De acuerdo a Delgadillo (2003), aunque el EMRA introducido a Mishka Mayu no ha sido cambiado en sus elementos hidráulicos principales, pero los cambios en el material, el dimensionamiento de la matriz y de la tubería de distribución, la introducción de nuevos aspersores y modificación de los mismos (ensanchamiento del diámetro) y remoción de la boquilla (secundaria) por los agricultores, han afectado en su funcionamiento hidráulico notablemente.

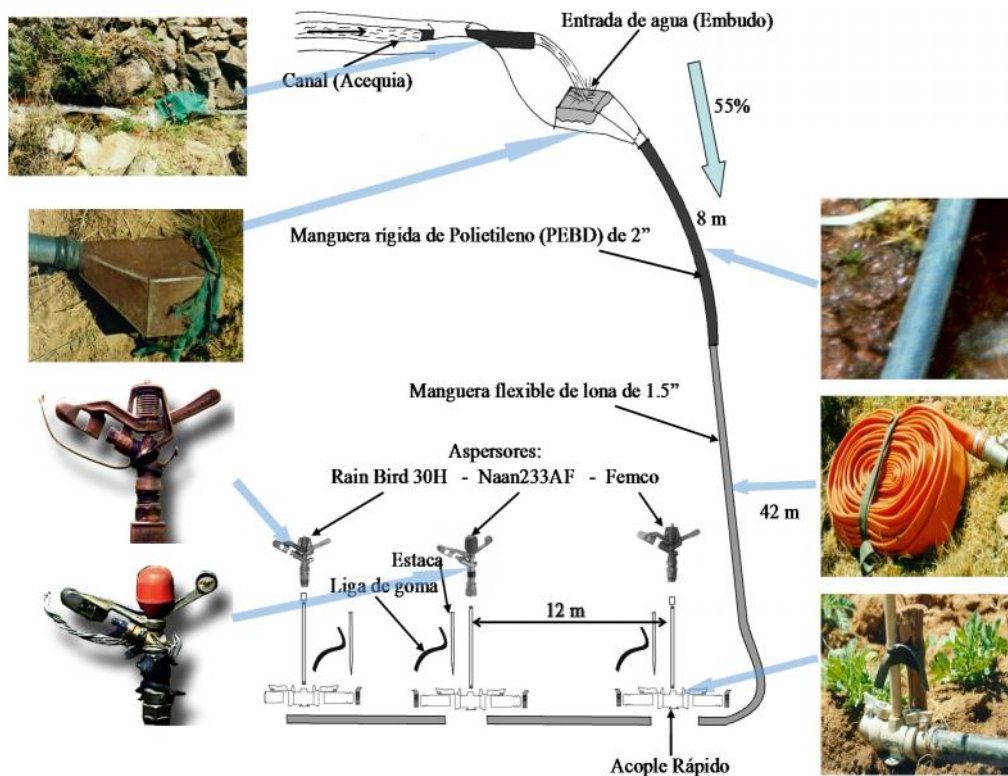


Figura 13. Equipo Móvil de Riego por Aspersión actual en Mishkamayu

En cambio, en el caso de Ch’ullkumayu ha sucedido otra variante para que sucedan los cambios. En el proyecto del nuevo sistema presurizado, en lo que al equipo móvil de riego por aspersión se refiere, éste incluía un modelo que incluía elementos tecnológicos sugeridos del caso de Mishkamayu, pero ya del modificado y aceptado por la mayoría de los usuarios, tal como se ilustra en la figura 14.

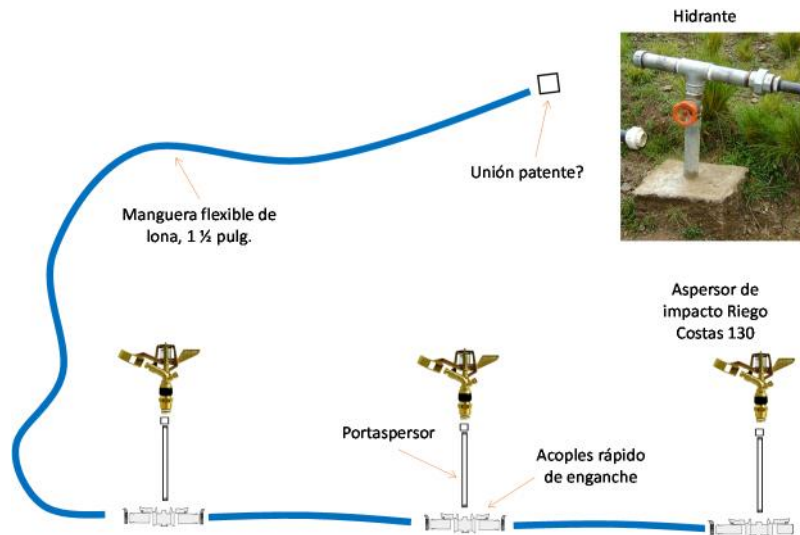


Figura 14. Equipo Móvil de Riego por Aspersión inicialmente recomendado para Ch'ullkumayu

Sin embargo, durante la ejecución y en coordinación entre la empresa constructora y los usuarios, decidieron modificar la mayoría de los elementos tecnológicos definidos para el EMRA en el proyecto, en base a un razonamiento también lógico de que todos los usuarios beneficiarios del proyecto, tengan ya de inicio un equipo móvil de riego por aspersión (figura 15), aunque haya sido modificado con elementos tecnológicos más módicos por el tema económico, pero que ha permitido arrancar desde el principio con la práctica de riego por aspersión de todos los usuarios, aunque no como se esperaba con el modelo inicial, el cual iba a significar comprar solamente algunos equipos que tendrían que compartir entre todos.

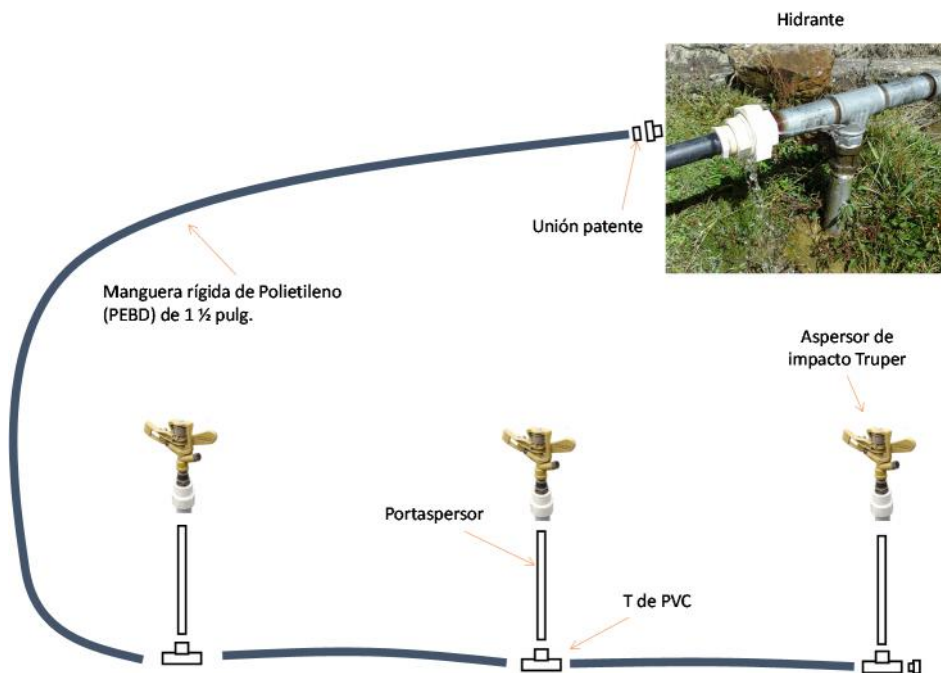


Figura 15. Equipo Móvil de Riego por Aspersión entregado a los usuarios de Ch'ullkumayu

En todo caso, el tiempo ha dado la razón a estas modificaciones en términos de adopción, aunque tal vez en términos de desempeño de los equipos no haya sido el más óptimo. En la actualidad, los usuarios del sistema, ya comenzaron a cambiar varios de los elementos tecnológicos utilizados en los equipos inicialmente adquiridos, sobre todo aspersores de mejor calidad, pues los iniciales dejaban mucho que desear.

Para algunos autores, como Vicini (2000), la adopción de tecnología por parte de los productores es muy variable, depende del grado de instrucción, de la experiencia previa, de la localidad, del sistema de producción en que esté involucrado, del costo que tiene la innovación, su complejidad de aplicación, e inclusive puede estar condicionada por cuestiones culturales.

Rodríguez (2003), refuerza la idea de que para que el agricultor haga suyo la nueva tecnología que se le ofrece y/o genere una alternativa para mejorar su trabajo de producción, ésta debe pasar varias etapas de adaptación a las condiciones locales del interesado, ya que una técnica introducida y/o adaptada no necesariamente es adoptada. El agricultor tiene una lógica de decisión, es decir acepta o rechaza un cambio, de acuerdo a sus propios criterios, que en un momento dado les permite balancear las ventajas y desventajas de una tecnología en un proceso productivo, éstas en general son económicas y de manejo.

3.6. Diseño de sistemas de riego tecnificado como un proceso

El diseño de un sistema de riego bajo gestión colectiva implica: Un proceso de cambio iterativo, interactivo y colectivo de la matriz tecnológica del sistema de riego tradicional, con el concurso de varias disciplinas, en respuesta a una demanda concreta de cambio. Al involucrar el diseño cambios traumáticos en el sistema, se genera en paralelo un proceso de adopción tecnológica con una dinámica y necesidades de apoyo propias (Delgadillo, 2016).

Al ser el diseño de un sistema de riego un proceso, no lineal sino muchas veces tortuoso (retrocesos y adelantos), tiene varias características que ayudan a entender mejor los procesos de diseño en cuestión, en este caso, de sistemas de riego tecnificado.

3.6.1. Características del diseño

El diseño de un sistema de riego tiene varias características que la definen como un proceso (Delgadillo, 2016):

-) *Es un proceso continuo*, no un momento específico, no lineal sino muchas veces tortuoso (retrocesos y adelantos), que en tiempo, inicia con la idea del diseño y va más allá de la puesta en marcha del sistema (Figura 16). Comparado con el ciclo del proyecto, el proceso de diseño va más allá, es decir, después de que el equipo técnico encargado de ejecutar el proyecto de riego, los técnicos de asistencia técnica o técnicos de alguna ONG, conjuntamente a los agricultores, todavía siguen con el (re) diseño, pues el sistema sigue necesitando “asentarse”, esto es más evidente en sistemas de riego que cambian fuertemente su matriz tecnológica central, como es el caso de sistemas de riego presurizado, en los cuales este proceso puede alargarse mucho más.

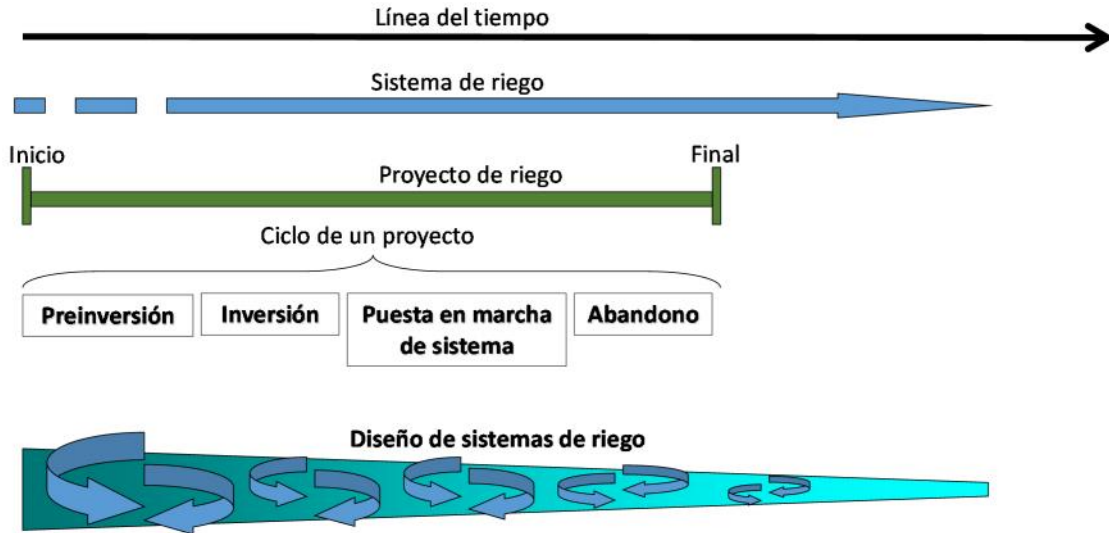


Figura 16. El diseño de sistemas de riego como un proceso continuo

) Es una *aproximación*, porque para diseñar se utiliza todo el conocimiento y la ciencia existente (fórmulas matemáticas, parámetros hidráulicos, datos climáticos, topográficos, etc.) así como supuestos importantes, pero al final los resultados logrados son solamente aproximaciones. Una mayor o menor aproximación dependerá de la aplicación metódica y cabal del conocimiento y la ciencia existente, así como del empleo de supuestos adecuados, porque el resultado final podría o no asemejarse a la idea o concepto original. (Figura 17).

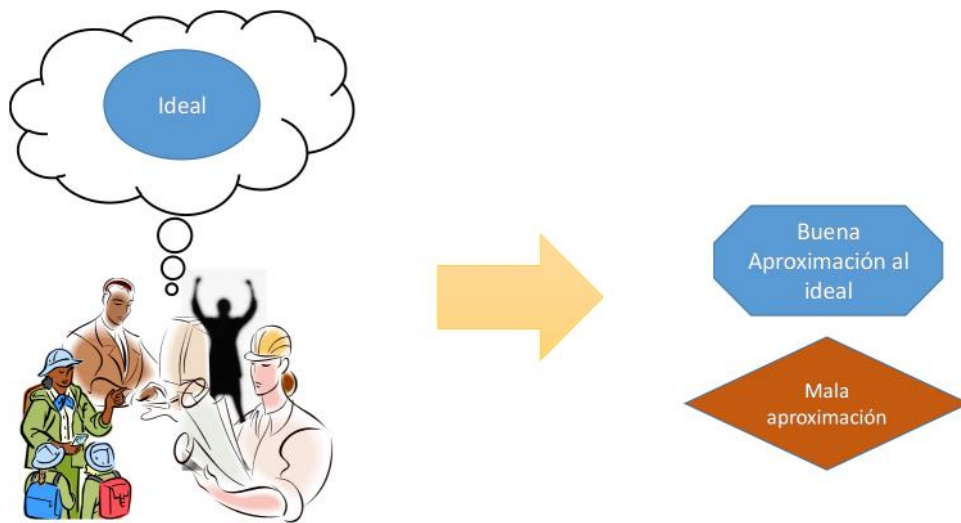


Figura 17. Esquematización del diseño de sistemas de riego como una aproximación

Algunos ejemplos de fórmulas, datos, supuestos requeridos que afectan al resultado final del diseño, pues varias son fórmulas empíricas, supuestos que hay que considerar y datos incompletos que son completados, amén del replanteo del diseño en campo (Recuadro 3).

Recuadro 3. Fórmulas, cálculos, datos requeridos y utilizados para el diseño

- Cálculo de la ET_c , ET_r , $ET_{máx}$
- Cálculo de los parámetros de riego
- Cálculos hidráulicos (fórmulas empíricas)
- Oferta de agua (Hidrología, estimaciones en base a testimonios)
- Disponibilidad de agua (estimación de eficiencias de riego)
- Replanteo del diseño en campo (errores, cambios por la empresa unilateralmente, cambios consensuados con los agricultores, etc.)

En la figura 18, se puede apreciar mejor la “aproximación de un diseño, pues, a pesar de realizar un replanteo casi perfecto, al final el resultado final de la construcción del sistema diseñado finalmente, difiere del diseño original. Obviamente, la mayor o menor diferencia dependerá de cómo ha sido diseñado originalmente y como también la empresa constructora replanteará y realizará la lectura del diseño, amén de la supervisión que debería jugar un rol importante para que la lectura del diseño sea realizado adecuado.

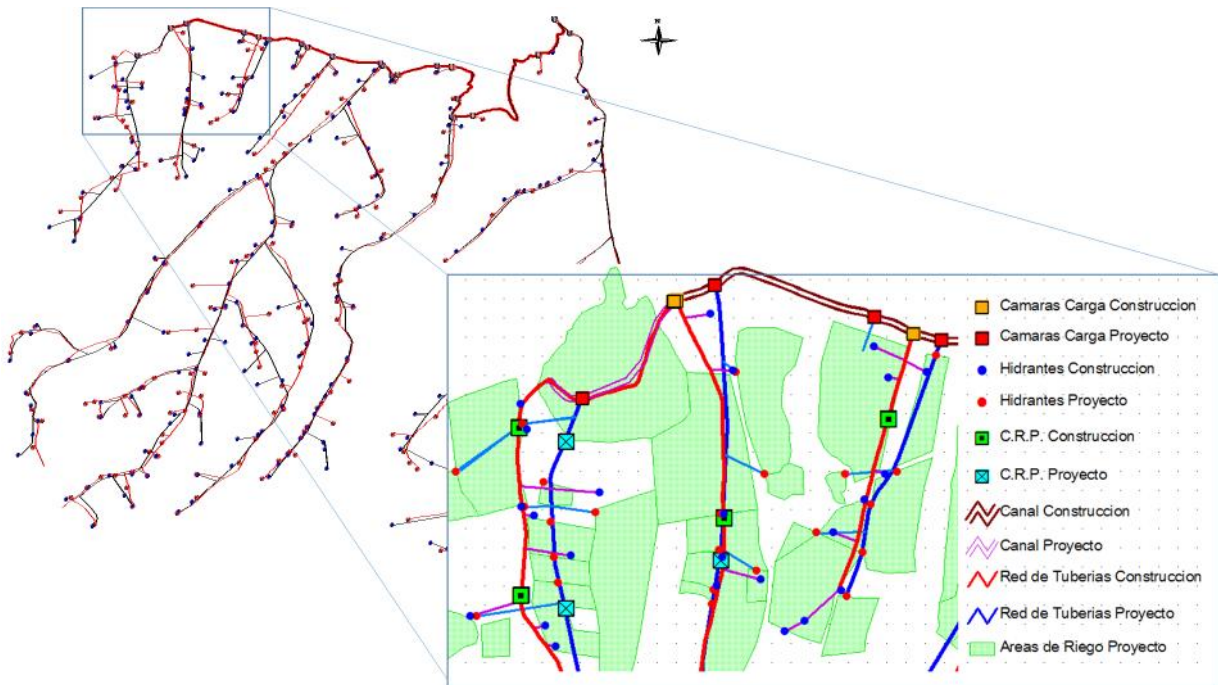


Figura 18. Variaciones en la red de tuberías, cámaras rompe presión y de carga (K'aspicancha)

) Incluye varios diseños específicos en concordancia, el diseño de sistemas de riego en la práctica es un conjunto de diseños que en suma permiten materializar un sistema (diseño conceptual, diseño agronómico, diseño hidráulico, diseño de la gestión, diseño del riego parcelario, otros). Por lo tanto, requieren también profesionales de diversas disciplinas y formaciones (Figura 19).

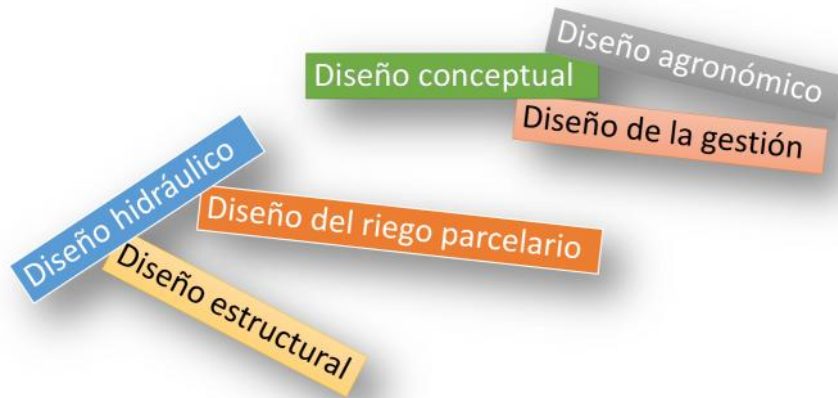


Figura 19. El diseño de sistemas de riego como un conjunto de diseños

) Requiere de datos, información y conocimiento de diversa índole (sociales, agronómicos, topográficos, meteorológicos, edáficos, etc.), requerimientos que están vinculados también a los participantes del proceso de diseño: usuarios del agua, agrónomos, civiles, ambientalistas, hidráulicos, topógrafos, etc. (Figura 20).

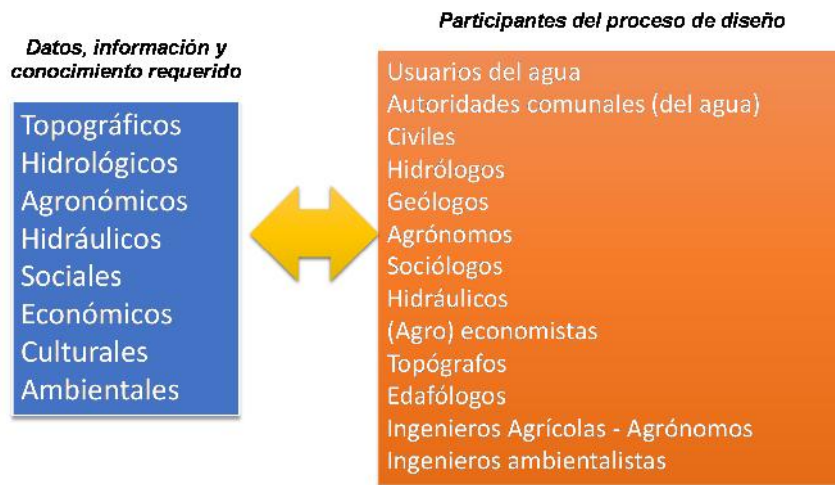


Figura 20. Requerimiento de datos e información versus conocimiento y disciplinas necesarias

) Es un proceso colectivo e interactivo, porque participan del mismo los usuarios del agua, dirigentes, profesionales de riego, funcionarios municipales, personeros de las agencias financieras, políticos, etc. con roles y responsabilidades distintos en su desarrollo (Figura 21).



Figura 21. Principales actores en el proceso de diseño de sistemas de riego

Al ser un proceso colectivo, los participantes influyen en el diseño (positiva o negativamente) e influyen en los demás, con sus intereses individuales, sus objetivos, etc. La interacción podría utilizarse como un recurso durante el proceso de diseño (escenario, ritmos, procedimientos (Figura 22).

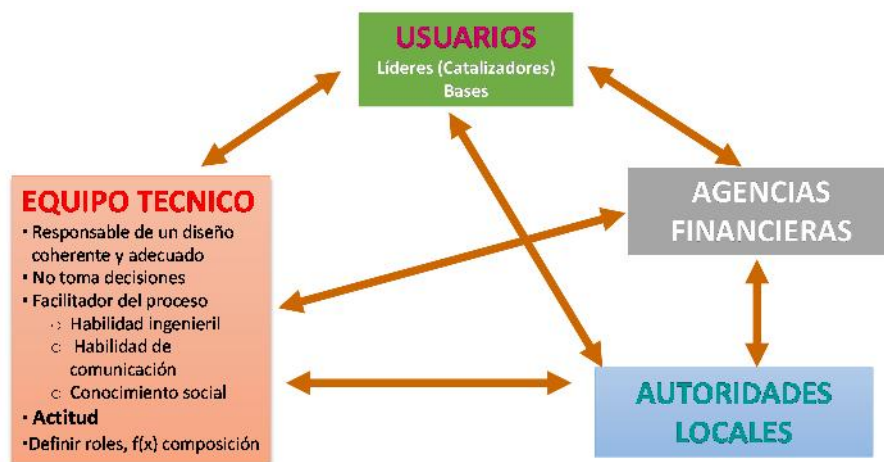


Figura 22. Esquema del diseño de sistemas de riego como un proceso interactivo

Cabe resaltar que dentro el Equipo técnico, tiene lugar también una interacción muy importante, ya que participan, de acuerdo a la magnitud del diseño varios profesionales de diferentes disciplinas.

) *Es un proceso iterativo*, es decir se inicia con un planteamiento inicial el cual se va a aproximando (iterando) hasta lograr un planteamiento concreto aceptable, mediante ciclos de aproximación (Figura 23).

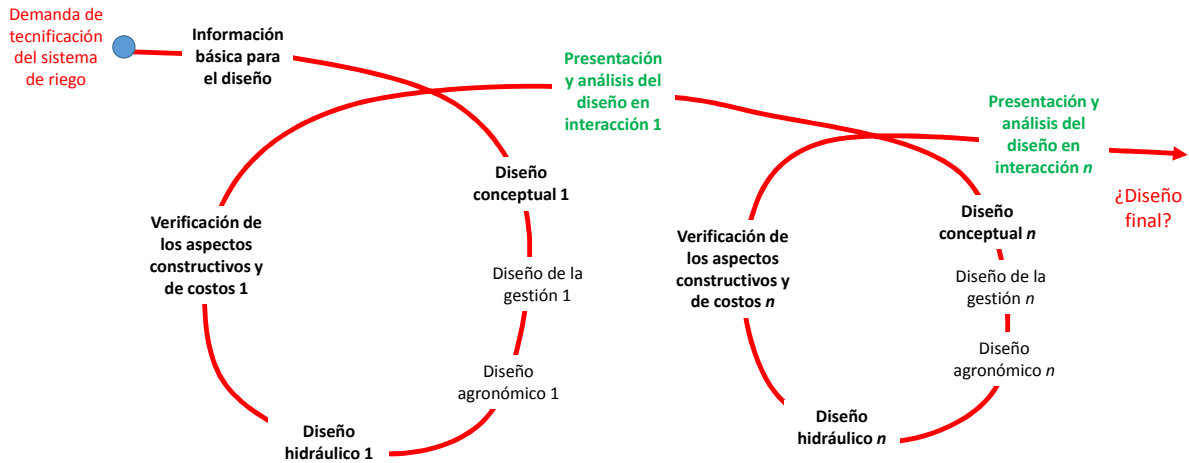


Figura 23. El diseño de sistemas de riego como un proceso iterativo

-) *No es infalible (resultados inesperados)*, porque a pesar de tener todos los recaudos posibles en el diseño, los resultados finales pueden ser diferentes de lo previsto en varias de las condiciones y características del sistema: infraestructura, tecnología, parámetros hidráulicos, disponibilidad de agua, gestión, usos, etc.

3.6.2. Diseño-Construcción-Evaluación-Reajuste

Con las experiencias de diseño y elaboración de proyectos de riego en nuestro país, se percibe claramente que el diseño como tal no es un momento concreto solamente, sino un proceso que va más allá de la construcción y puesta en marcha del sistema de riego. Asimismo, es necesario estar consciente que al ser el diseño solamente una aproximación, una vez construido es necesario ajustar el funcionamiento del sistema, es decir determinar qué es lo que puede y no puede realmente el sistema ahora que ya está construido (conocer su potencial actual). Esto es más patente cuando se diseñan y construyen sistemas de riego tecnificado (presurizado), pues el funcionamiento hidráulico se complejiza (presión y caudal). Asimismo, es necesario enfatizar que este ajuste del sistema en la práctica lo realizan los mismos usuarios de riego, ya que ellos viven el día a día del riego y tienen que “poner en marcha” su “nuevo” sistema, porque la etapa de acompañamiento o asistencia técnica, si es que se da, generalmente no cumple su rol por diferentes razones: tiempo reducido, capacidades técnicas muy limitadas y desfase en su ejecución, principalmente.

Es claro que un diseño es una aproximación por las razones antes mencionadas, pero con la práctica actual de diseño y formulación de proyectos, sumado el tema de construcciones y supervisiones deficientes, resultan en situaciones a veces muy lamentables. Entonces, a veces ni siquiera se puede hablar de ajustar el sistema sino de rehabilitar el sistema, ya que el resultado final deja mucho que desear y se aleja demasiado de lo previsto en el diseño.

Esto da lugar a un periodo de evaluación del sistema de riego en funcionamiento, que debe generar datos, información sobre los “nuevos” parámetros hidráulicos del sistema en cuestión, para poder realizar los ajustes necesarios y empezar de nuevo. Este reajuste

significa también ajustar la distribución de agua, que normalmente se la diseña con los parámetros hidráulicos generados en el diseño y los supuestos asumidos. En la figura 24 se trata de visualizar esta situación así como los requerimientos en cuanto a capacidades en cada fase o etapa.

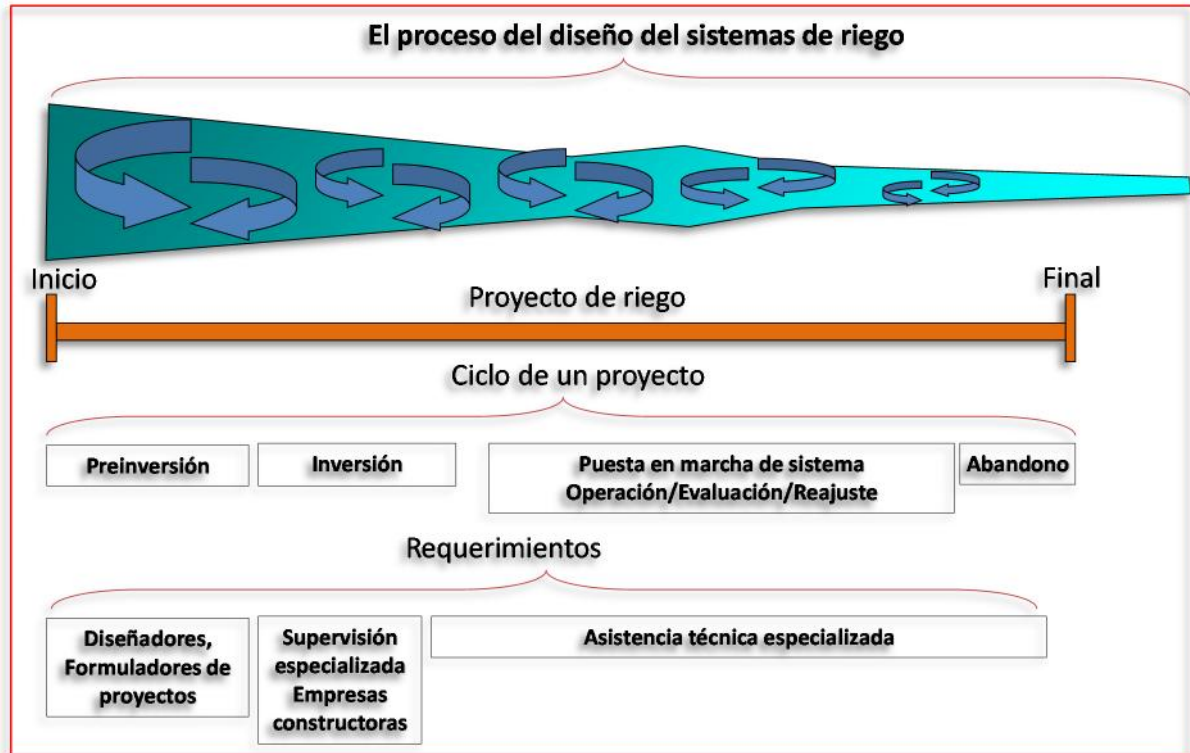


Figura 24. Esquema conceptual del diseño de sistemas de riego como un proceso

En la figura 24 resaltan varios aspectos:

-) El diseño de sistemas de riego, en el tiempo, es un proceso más largo que la implementación de un proyecto de riego específico, porque después de la etapa de abandono dentro el ciclo de un proyecto, todavía se sigue realizando ajustes, cambios.
-) Resalta también el hecho de que durante el proceso se puede presentar un momento de reajuste considerable que podría modificar fuertemente el contenido y las características del diseño original.
-) También se puede resaltar los diferentes requerimientos durante todo el proceso, que generalmente no se cumplen a cabalidad, dando luego resultados de diseño deficientes. Esta situación se agudiza porque las capacidades requeridas para cada periodo son distintas y de mucha responsabilidad, y por los procesos de licitación y adjudicación de estudios, construcción y seguimiento, dan resultados de contrataciones inadecuados. En otras palabras, no es suficiente que por ejemplo, el periodo de diseño formal sea cabal, con profesionales idóneos en su realización, o que sea la empresa constructora adjudicada y el supervisor sean los indicados, sino se tienen cubiertas todas las etapas adecuadamente, el

resultado final no siempre es el mejor, pues rara vez se logra que en las tres etapas esté la gente competente y capaz.

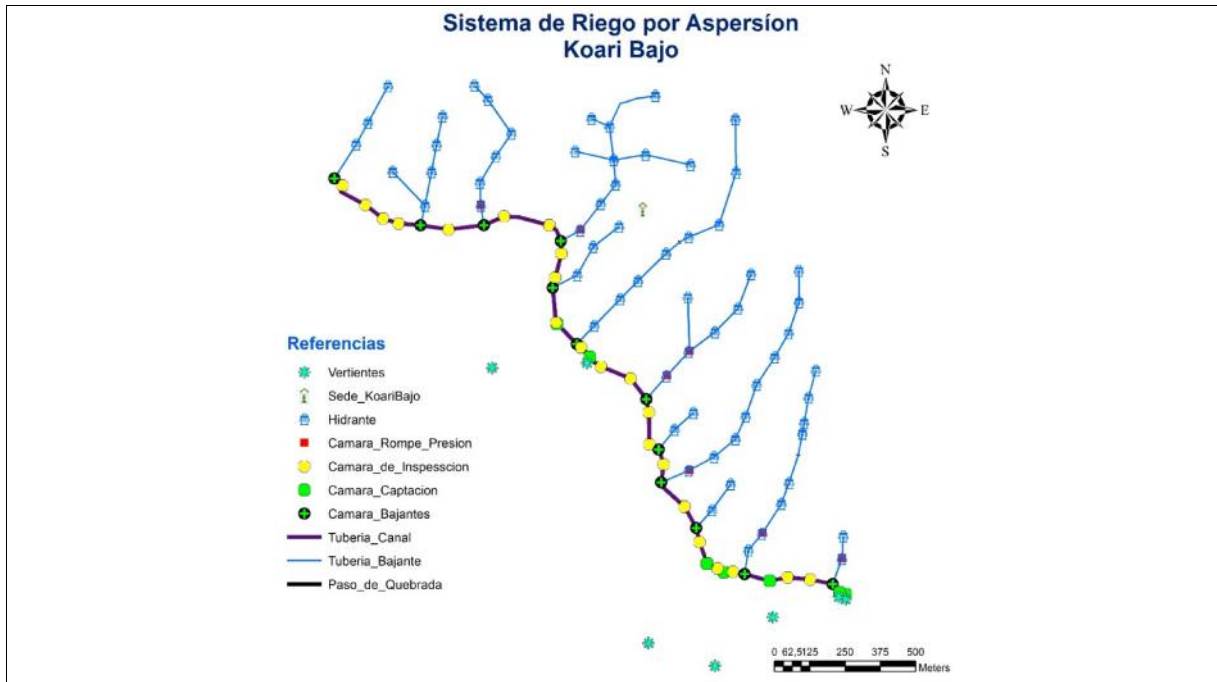
-) En última instancia el diseño como proceso en nuestro país es un fenómeno idiosincrático característico, dadas las condiciones de autogestión de los sistemas de riego, la ausencia de instancias de capacitación a agricultores, la falta de asistencia técnica, la formación de profesionales que trabajan en esta área, y en general, el bajo nivel de institucionalidad existente para apoyar el desarrollo del riego en forma efectiva.

Para ilustrar mejor la relación de Diseño-Construcción-Evaluación-Reajuste, utilizaremos algunos resultados de los sistemas de riego presurizados de Koari Bajo y K'aspiancha, ambos sistemas fueron diseñados y construidos para regar por aspersión.

Uno de los elementos tecnológicos más utilizados cuando se presuriza un sistema de riego es sin duda la tubería, por tanto, también en términos de costos es el que acapara el mayor porcentaje de todo el costo del proyecto. Entonces, cualquier cambio en este rubro afectará considerablemente en términos monetarios.

Sin embargo, también en términos hidráulicos, los cambios son importantes, pues si cambian el tipo de material de la tubería, longitudes y diámetros, principalmente, el funcionamiento hidráulico será diferente al diseñado. En la tabla 5, se presenta el caso del sistema de riego de Koari Bajo, respecto a la Tubería canal y las tuberías de los bajantes, según lo proyectado y según ejecutado.

Tabla 5. Tubería canal, tubería en Bajantes, según Projectado y según Ejecutado en el sistema de riego de Koari Bajo



TUBERÍA CANAL PRINCIPAL									
Proyectado (m)	Tubería PEBD de 6"								2875,00
Ejecutado (m)	Tubería SDR - 41 de 6" de la línea Tigre Plasmar								2884,78
TUBERIAS BAJANTES									
Bajante	Longitud de Tuberías PEAD (m) según Projectado				Total (m)	Longitud de Tuberías PEAD (m) según Ejecutado			Total (m)
	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"		1 ¼"	1 ½"	2"	
1	114,35	75,40	0,00	0,00	189,75	201,10	0,00	0,00	201,10
2	10,10	581,84	157,33	52,14	801,41	0,00	705,60	94,00	799,60
3	134,43	23,15	53,85	0,00	211,43	101,40	0,00	95,90	197,30
4	0,00	772,99	112,89	108,13	994,01	0,00	772,80	221,10	993,90
5	85,62	0,00	100,24	0,00	185,86	85,70	0,00	100,20	185,90
6	0,00	704,86	0,00	115,35	820,21	0,00	704,50	115,60	820,10
7	0,00	589,49	97,08	389,36	1075,93	0,00	589,60	486,50	1076,10
8	0,00	118,82	225,85	0,00	344,67	0,00	118,80	225,80	344,60
9	172,47	247,92	739,24	152,53	1312,16	463,44	90,90	757,79	1312,13
10	0,00	486,71	178,01	91,39	756,11	0,00	441,36	168,70	610,06
11	50,60	280,22	81,19	146,01	558,02	101,80	228,90	227,21	557,91
12	20,13	101,47	120,52	148,85	390,97	121,60	0,00	269,40	391,00
Total	587,7	3982,87	1866,2	1203,76	7640,53	1075,04	3652,46	2762,2	7489,7

Fuente: Cari (2015)

De la tabla 5 se desprenden varios elementos a resaltar:

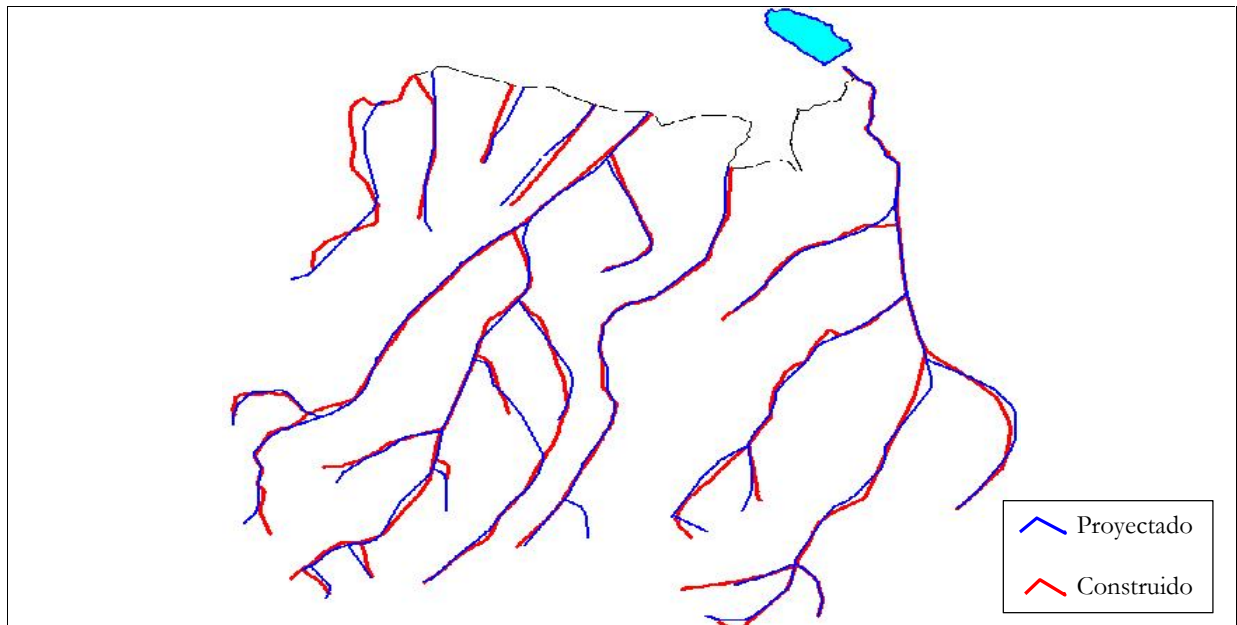
-) En lo que a la tubería canal se refiere, en término de longitud y diámetro no ha variado sustancialmente, pero si en cuanto al tipo de material, pues en el proyecto se consignaba polietileno de baja densidad, pero al no existir en el mercado optaron por cambiar a PVC. En términos hidráulicos no influye nada porque solamente funciona como tubería canal, pero sin duda influye en términos económicos.
-) En las bajantes es donde más cambios ha habido, no en términos de longitud total, porque la diferencia es de alrededor de 150 m solamente. Los mayores cambios se dieron en los

diámetros utilizados y las longitudes por tramos utilizados. Se ha suprimido directamente el diámetro 2 ½” en todas las bajantes en los cuales fue considerado en el diseño. Naturalmente, estos cambios han influido directamente en el funcionamiento hidráulico, modificándose tanto las presiones logradas en los hidrantes como los caudales conducidos por los mismos.

- J) De acuerdo a Cari (2015), estos cambios se dieron a sugerencia de la Empresa constructora “Construcciones y Consultora Integral Torres SRL” (CONSINT SRL), ya que según un informe de la empresa, no afectaría significativamente en las presiones de hidrantes para el normal funcionamiento de los aspersores.

En el caso de K’aspicancha, la situación no ha sido muy diferente ya que la red de tuberías también sufrió cambios durante la construcción, tal como se puede observar en la Tabla 6.

Tabla 6. Cambios producidos en la red de distribución con tuberías en el sistema de riego presurizado de K’aspicancha-Kewiñajara



Red de tuberías PROYECTO			Red de tuberías LICITACION		Red de tuberías CONSTRUCCION	
Nº	Descripción ítem	Cant (ml)	Descripción ítem	Cant (ml)	Descripción ítem	Cant (ml)
1	DUCTENO 200 mm PN 6	20,50	PVC SDR-41 JE D=8"	3,178,00	PVC SDR-41 JE D=8"	3,170,00
2	DUCTENO 180 mm PN 6	2,126,80	PVC 4" - C - 9	3,703,10	PVC 4" - C - 9	2,919,00
3	DUCTENO 160 mm PN 6	1,030,70	PVC 3" - CLASE 9	3,706,34	PVC 3" - CLASE 9	4,684,00
4	PEAD 110 mm PN 8	3,703,10	PEAD 63 MM PN10	6,773,53	PEAD 63 MM PN10	8,123,00
5	PEAD 90 mm PN 8	3,706,34	PEAD 50 MM PN10	7,554,49	PEAD 50 MM PN10	7,222,90
6	PEAD 75 mm PN 8	407,40	PEAD 40 MM PN10	4,688,23	PEAD 40 MM PN10	8,654,30
7	PEAD 63 mm PN 10	6,773,53	PEAD 32 MM PN10	3,463,13	PEAD 32 MM PN10	2,564,90
8	PEAD 50 mm PN 10	7,554,49	PEAD 50 MM PN12,5	182,20	LINEA MOVIL PEAD 32MM PN10	18,608,20
9	PEAD 40 mm PN 10	4,688,23	PEAD 40 MM PN12,5	145,10		55946,30
10	PEAD 32 mm PN 10	3,463,13	PEAD 32 MM PN12,5	185,00		
11	PEAD 50 mm PN 12,5	182,20		33579,12		
12	PEAD 40 mm PN 12,5	145,10				
13	PEAD 32 mm PN 12,5	185,00				
		33986,51				

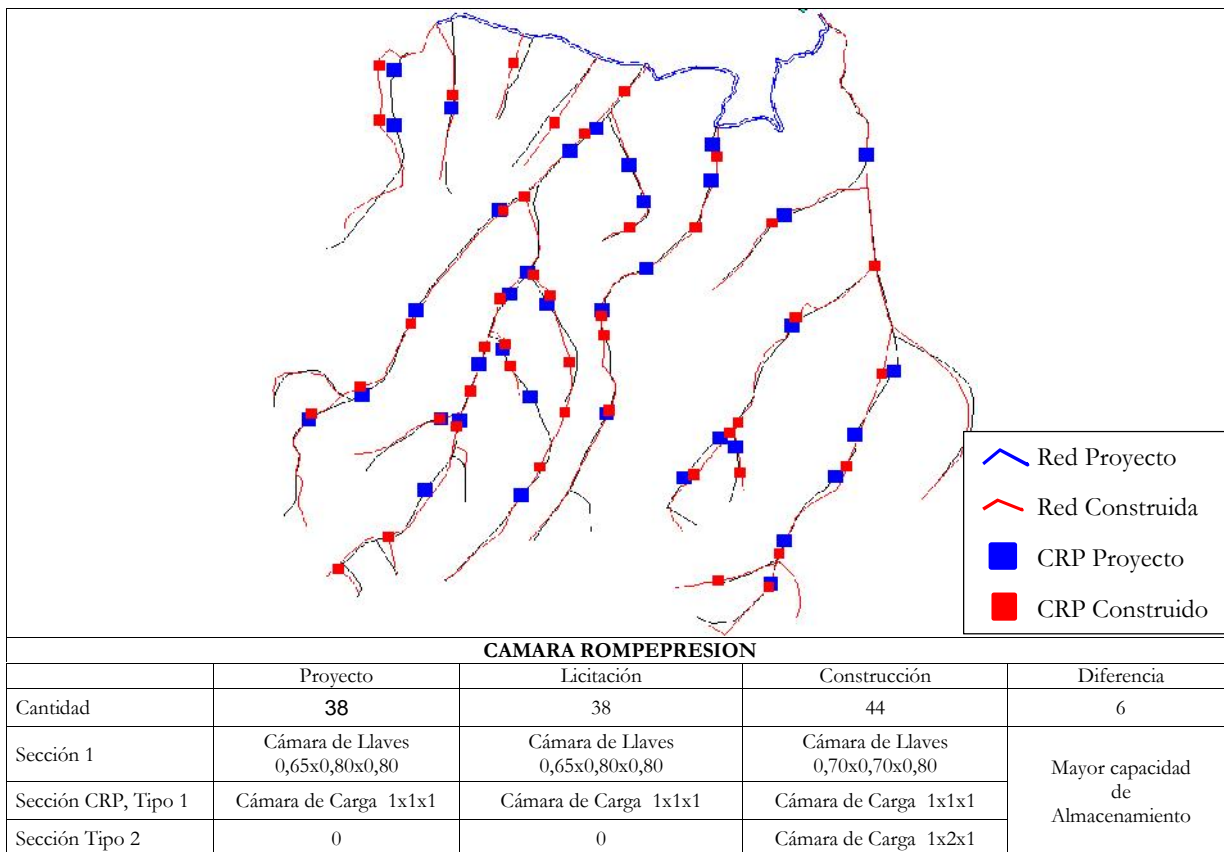
Fuente: Escobar (2015)

En la Tabla 6 se observan varios aspectos:

-) La figura inserta en la tabla 6 del sistema de riego presurizado de K'aspicancha-Kewiñajara muestra en términos generales pocos cambios de la configuración proyectada, siendo más notorio solamente en las dos últimas bajantes.
-) Las variaciones de longitudes y diámetros se encuentran en tres partes, en el proyecto, la licitación y la construcción del sistema, Estos cambios se pueden apreciar numéricamente en la tabla 6.
-) Los cambios encontrados son debidas a varias causas: replanteo topográfico deficiente, uso de tuberías de diámetros comerciales existentes en el mercado, decisiones prácticas sobre la marcha de la empresa constructora junto a la supervisión, reclamos de los usuarios, sobretodo en la ubicación de bajantes o las acometidas de los hidrantes.
-) Al igual que en el caso de Koari Bajo, estos cambios, tanto en diámetros, longitudes y tipo de material utilizado, afectan en el funcionamiento hidráulico del sistema de riego presurizado de K'aspicancha-Kewiñajara.

Otro elemento hidráulico que nos permite vislumbrar los cambios introducidos durante la construcción y que obviamente afectan el funcionamiento hidráulico final del sistema de riego presurizado, son las cámaras rompe presión (Tabla 7). Las cámaras rompe presión son estructuras hidráulicas que permiten cortar la línea de energía, cuando el desnivel es más de lo requerido, de esta manera la presión en la cámara es cero convirtiéndose de esta manera en una cámara de carga intermedia.

Tabla 7. Cambios producidos en la ubicación y el número de cámaras rompe presión construidos en el sistema de K'aspicancha-Kewiñajara



Fuente: Escobar (2015)

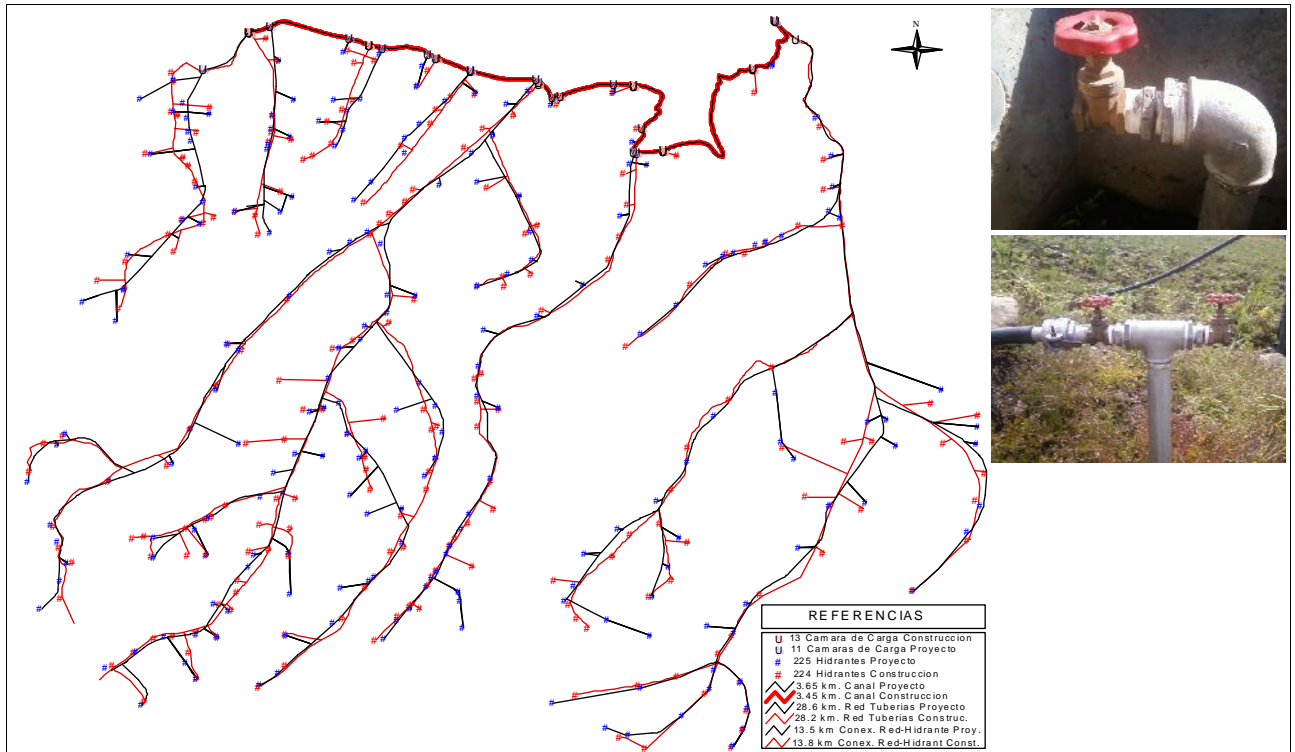
En la Tabla 7 se pueden desprender varios aspectos importantes para resaltar:

-) Variaciones en la ubicación de cámaras rompe presión en todas las bajantes del sistema, en algunos casos diferencias en la ubicación considerables.
-) También ha habido cambio en el número de cámaras rompe presión construidos, es decir, se ha incrementado en seis. Las cámaras rompe presión añadidas tienen una sección diferente.
-) Existe una ligera diferencia en una de las dimensiones de la cámara (5 cm), después son similares, cambio debido a cuestiones constructivas
-) En términos hidráulicos, naturalmente afectará el funcionamiento general del sistema, ya que la presión en estas condiciones depende directamente de la ubicación de las cámaras rompe presión, aunque es necesario una evaluación hidráulica más profunda para afirmar si estos cambios afectan negativa o positivamente en las presiones de operación que se logran en todos los hidrantes del sistema.

Otro elemento clave en el funcionamiento hidráulico de un sistema de riego presurizado son los hidrantes, sobretodo en un sistema presurizado por la presión generada gracias a los desniveles existentes, por tanto mover estos elementos en el terrenos afectará positivamente o negativamente en la presión de operación final que se logre en cada hidrante.

De acuerdo a Escobar (2015), los hidrantes fueron los componentes del sistema que más variaciones han sufrido, tal como se puede observar en la figura inserta en la tabla 8, ninguno de los hidrantes coinciden con los del proyecto original. Los puntos de color azul son los hidrantes del proyecto que eran un total de 224 y los puntos de color rojo son los hidrantes construidos, que llegan a un total de 225.

Tabla 8. Cambios producidos en los hidrantes



HIDRANTES

Tipo de hidrante	Proyecto	Licitación	Construcción	Diferencia
Simples de 1"	178	149	35	-114
Dobles de 1"	46	56	190	134
Total =	224	205	225	20
mca	30	30	variable	variable

Fuente: Escobar (2015)

Ahora bien, otro cambio importante introducido durante la construcción fue la construcción de mayor número de los hidrantes de salida doble, pues se licitaron solamente 56 de salida doble y finalmente se construyeron 190, disminuyendo por tanto los hidrantes de salida simple. Esta situación se dio principalmente por el reclamo *in situ* de los futuros usuarios del sistema. Según Escobar (2015) hubo una variación significativa en la cantidad de hidrantes simples a dobles, debido a que los usuarios solicitaron que la totalidad de los hidrantes sean dobles por la dureza de la tubería del EMRA, porque esta no se puede manipular durante la aplicación del agua con el aspersor.

Evidentemente, cualquier cambio que se introduzca al diseño proyectado durante la licitación o durante la construcción tiene repercusiones, tanto hidráulicas como económicas.

En los ejemplos explicados anteriormente se observan cambios importantes en prácticamente todos los componentes del sistema de riego presurizado, por tanto es claro que un sistema de riego presurizado finalmente construido diferirá del sistema de riego presurizado diseñado, entonces es claro que en la etapa de funcionamiento (ciclo del proyecto) se requerirá evaluar y reajustar el sistema.

En la práctica, esta evaluación y reajuste generalmente se lo está dejando a los mismos agricultores usuarios del sistema, quienes logran realizar estas labores en forma empírica, o en algunos casos abandonan el sistema, al no entenderlo o al encontrar problemas que un profesional capacitado debería poder resolver, o tal vez en otros casos, el sistema construido tiene fallas profundas que requerirán hasta de una rehabilitación del mismo.

3.6.3. Procesos de diseño y procesos de adopción tecnológica

Cuando el diseño de un sistema de riego considera cambios menores en el sistema, por ejemplo mejoramiento de las obras de captación, conducción, distribución, etc., también considera cambios tecnológicos pero no son tan traumáticos como un cambio de método de riego, que es un cambio sustancial, es decir de riego por superficie a riego por aspersión o goteo.

Esta situación, ahora bastante común en nuestro país, experimenta en la práctica dos procesos traslapados en paralelo: (1) el proceso de diseño propiamente y (2) el proceso de adopción de la tecnología de riego sustancial, es decir el proceso que ocurre para que la gente acepte el cambio de método de riego. La figura 25 trata de ilustrar un poco esta situación, con el afán de considerar no solamente elementos inherentes al diseño sino a la adopción, que a la larga es el proceso más largo, ya que cualquier tecnología pasa por varias pruebas para su aceptación final, pues depende de varios factores, desde el nivel más personal, del entorno inmediato y un entorno más externo.

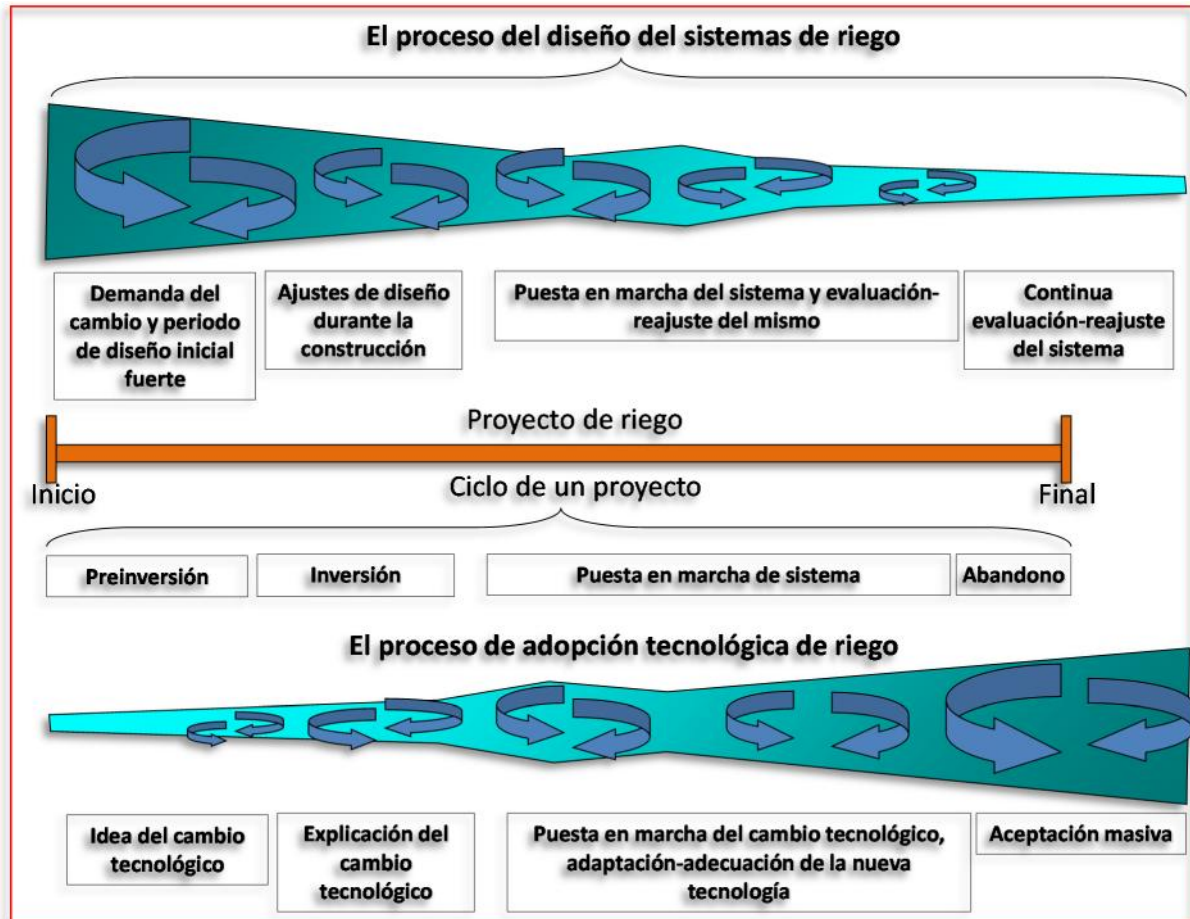


Figura 25. Esquema conceptual del diseño de sistemas de riego y el proceso de adopción tecnológica

En la figura 25, se trata de ilustrar que el proceso de diseño propiamente, es un proceso en forma decreciente, es decir, de ideas “gruesas” hacia ideas más “afinadas”, En cambio el proceso de adopción, en términos de aceptación del cambio tecnológico, es en forma creciente o ascendente, y no inmediato,

Esta forma de ver el diseño y la adopción tecnológica nos permite ver las necesidades y los momentos de apoyo técnico y dejar de pensar que los cambios se realizan inmediatamente. Existe un traslape entre el diseño y el proceso de adopción, pues si bien desde un inicio se maneja la idea del cambio tecnológico, los agricultores recién visualizan, palpan el cambio cuando se termina de construir el sistema y cuando les dicen que tienen que adquirir sus equipos de riego tecnificado en sus parcelas. Entonces, los requerimientos de capacidades en los profesionales que podrían acompañar estos procesos son muy especializados, ya que no sólo deberán lidiar a nivel de parcela, sino a nivel de todo el sistema, pues al cambiar la matriz tecnológica de conducción de canal abierto a tubería a presión, la hidráulica del sistema cambia totalmente.

Las capacidades requeridas no sólo pasan por entender mejor la hidráulica de conductos cerrados a presión, sino entender los procesos de adopción tecnológica en sus diferentes dimensiones (técnica, social, económica y cultural).

3.7. Implicancias del cambio tecnológico en sistemas colectivos de riego

El cambio tecnológico, una vez implementado, al margen de modificar la matriz tecnológica, es decir cambios de varios elementos del sistema de riego, implica también directa e indirectamente cambios en varios otros aspectos que es necesario apuntar.

Para poder abordar las implicancias del cambio tecnológico, sobre todo considerando el cambio de método de riego (especialmente de riego por superficie a riego por aspersión), es necesario contrastar las diferencias que existen entre estas formas de regar. Existen marcadas diferencias entre un método de riego y otro, así como diferentes requerimientos de conocimiento al respecto, que ya nos da pie a pensar en los cambios que sucederán una vez cambiado la forma de riego. En la tabla 9 se aprecian las principales diferencias.

Tabla 9. Diferencias en el método de riego por superficie y aspersión

SUPERFICIE (TRADICIONAL)	ASPERSIÓN (TECNIFICADO)
<ul style="list-style-type: none"> • Caudales grandes en la aplicación de agua • Aplicación de agua con variada frecuencia (> baja) • Tiempos de aplicación cortos • Costos bajos de inversión permanente • Mayor mano de obra empleada • No importa mucho si el agua es limpia o no • Requiere más experiencia para el manejo del agua en parcela 	<ul style="list-style-type: none"> • Caudales pequeños en la aplicación de agua • Aplicación de agua con mayor frecuencia • Tiempos de aplicación largos • Costos de inversión inicial relativamente altos • Poca mano de obra empleada • Requerimiento de agua limpia • Sectores con presiones similares • Requiere menos experiencia para el manejo del equipo de riego por aspersión.

De la Tabla 9 se desprenden varios aspectos:

-) Sobre todo las tres primeras diferencias sobre caudal de aplicación, frecuencia de aplicación y tiempos de aplicación, tienen directa relación con los cambios en el reparto de agua, ya que al regar por aspersión se obliga a utilizar menos caudal total por usuario, entonces el tiempo de riego para aplicar un cierto volumen será mayor.
-) El tema de costo de inversión inicial también es muy importante, ya que muchas veces este aspecto frena a los usuarios a adquirir inmediatamente los equipos de riego, alargando por tanto, el tiempo en que finalmente regarán todos por este nuevo método.
-) En cuanto a la limpieza de agua, el riego por aspersión, evidentemente requiere agua limpia, sin embargo no es determinante como en el caso de riego por goteo que si requiere agua filtrada, en cambio los aspersores generalmente utilizados tienen boquillas con diámetros suficientes que permitan el paso de agua “sucía”, aunque es importante cuidar que no ingrese arena a los conductos, que podrían desgastar éstos y los aspersores.

J El tema de mano de obra empleada en el riego y la experiencia en el manejo de agua en la parcela también es importante, que ayudan a decidirse a los agricultores por el cambio de método de riego.

3.7.1. Cambios en la infraestructura hidráulica del sistema

El riego por aspersión, para que sea posible necesariamente requiere agua presurizada en conductos cerrados y que salen por un emisor (aspersor); entonces, los cambios en infraestructura resultan también necesarios y evidentes, pues se da un cambio fuerte en la matriz tecnológica, tanto en la conducción como en la distribución y aplicación, por lo tanto, estos cambios repercutirán directamente en la gestión del agua del sistema así como en la producción agrícola bajo riego.

Un ejemplo de este cambio es el caso del sistema de riego Ch'ullkumayu. Este sistema era una serie de acequias de tierra que cubrían todo el área de riego (Figura 26), siendo las tomas rústicas, canales de tierra y la aplicación del riego era por superficie (melgas principalmente).

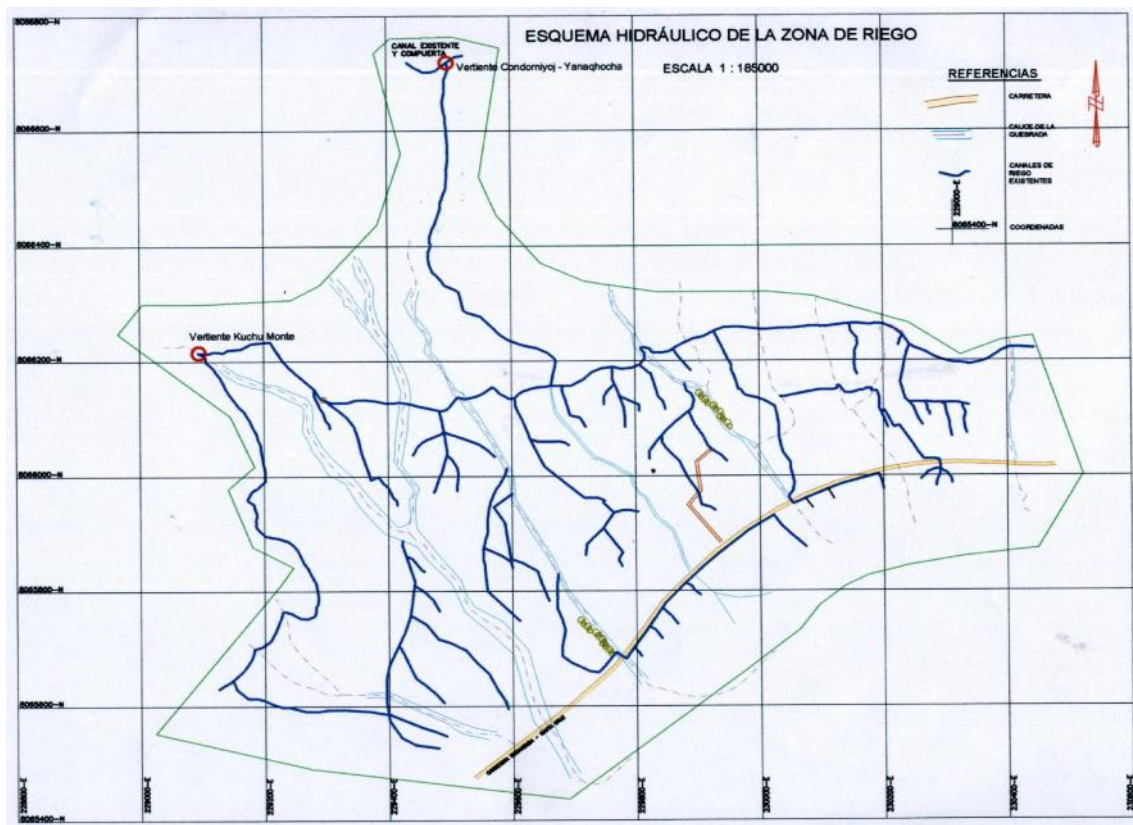


Figura 26. Sistemas de riego tradicionales en Ch'ullkumayu antes de la intervención (Montaño, 2007)

Con el cambio tecnológico, el sistema intervenido, desde la toma hasta la parcela, fue entubado, aunque el primer tramo como tubería canal, a partir del cual recién fue presurizado (configuración tipo espina de pescado) hasta los hidrantes (Figura 27).

Cabe aclarar que el sistema construido es un sistema complementario a los sistemas tradicionales o rústicos que existen. Esta es una estrategia que se ha mantenido constantemente, ya que los agricultores tienen cierta aversión al riesgo, es decir, “si pasa algo preferimos mantener nuestras acequias” señalan. Entonces, varios de los sistemas intervenidos mantienen sus sistemas tradicionales paralelamente a los mejorados, incluso cuando se revisten canales, en algunos sistemas de riego prefieren construirlos paralelo a sus acequias de tierra.

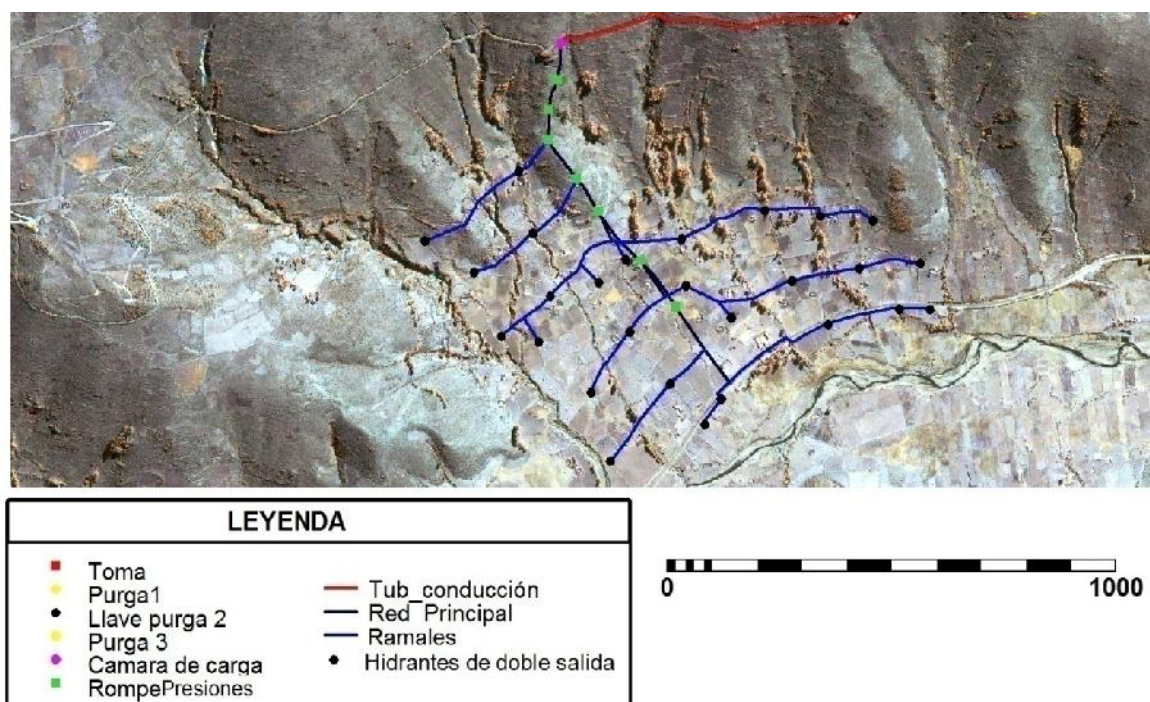


Figura 27. Sistema de riego presurizado en Ch'ullkumayu (Delgadillo y Jiménez, 2011)

Un aspecto muy importante que es necesario remarcar es que al crearse un sistema totalmente cerrado (entubado), el agua ya no es un elemento visible durante la conducción y distribución, y solamente se pone en evidencia cuando sale por los aspersores, el agricultor ya no puede tantear, o apreciar la cantidad de agua que circula.

Asimismo, al circular el agua a presión y al ser las zonas de riego generalmente irregulares topográficamente, es hidráulicamente imposible lograr una buena uniformidad en las presiones y caudales de salida en los hidrantes, tanto en el diseño como en la construcción, donde además se introducen cambios.

Otro aspecto que cambia es el acceso físico. En un sistema abierto por canales, los agricultores (sobre todo aquellos más alejados), a pesar de las pérdidas de agua, podían llevar el agua por pequeños canaliculos hasta sus parcelas, pero al cambiarse a conductos cerrados, algunas parcelas a veces quedan demasiado lejos de los hidrantes más próximos, obligándoles a adquirir más mangueras para conducir distancias más largas o a reclamar para ampliar el número de hidrantes a implementar.

En contrapartida, la eficiencia de conducción y distribución aumentan enormemente, por tanto aumentando la disponibilidad de agua en las parcelas. Resulta anecdótico en el caso del sistema de riego tecnificado de Koari Bajo, que antes de entubarse el sistema, los usuarios más alejados recibían muy poca agua, debido a las pérdidas durante la conducción por acequias de tierra, ahora con la tubería, reciben más agua que aquellos que se encuentran al inicio del sistema, porque además el agua sobrante de todas las bajantes que no logran utilizar se van hacia la cola.

No menos importante es la incorporación de otros elementos tecnológicos en todo el sistema, en sus diferentes niveles. En la Tabla 10 se puede apreciar todos estos elementos tecnológico encontrados en Mishkamayu, Koari Bajo, Ch'ullkumayu y K'aspicancha.

Tabla 10. Elementos tecnológicos en sistemas de riego presurizado

	<p>El diagrama ilustra un sistema de riego presurizado en un terreno con pendiente. Comienza con un 'Canal de cabecera' que se divide en 'Tubería-canal'. Desde estas tuberías, el agua fluye por 'Bajante' (líneas de conducción) que se conectan a 'Cámaras de carga' (6) y 'Cámaras rompe-presión' (7). Las tuberías continúan hacia los puntos de riego, equipados con 'Aspersor' (5) y 'Hidrante' (8). Se muestran diferentes tipos de tuberías, como 'Tubería PVC' (9). El sistema se divide en secciones: 'MISHKAMAYU' (parte superior) y 'CH'ULLKUMAYU, KOARI BAJO, K'ASPICANCHA' (parte inferior). Se detallan los componentes tecnológicos con imágenes y números: 1. Embudo, 2. Manguera de lona, 3. Manguera de polietileno, 4. Acople, 5. Aspersor, 6. Cámara de carga, 7. Cámara rompe-presión, 8. Hidrante, 9. Tubería PVC.</p>
Elementos tecnológicos	Características principales
Tubería Canal Principal	La tubería-canal es un conducto que funciona como canal de cabecera, no es sometida a presión, por lo tanto solo sirve para conducir un cierto caudal hacia los puntos de salida (cámaras de carga) para luego distribuir a las bajantes, localizadas en todo su trayecto.
Bajantes	Son conductos que descienden hacia la zona de riego desde un canal de cabecera (tubería canal principal). Generalmente inician en una cámara de carga y por la topografía, el agua circula por estas bajantes a presión, misma que será utilizada para que funcionen los equipos de riego por aspersión.
Cámaras de Captación	Son obras hidráulicas que sirven para captar el agua que viene de las vertientes y además son puntos de ingreso del agua al sistema de riego presurizado. Cuenta con una rejilla y malla milimétrica en el lado del ingreso de agua, para evitar el ingreso de tierra, arena, rastrojo, basura u otros.

Cámaras de Inspección	Son cámaras de hormigón ciclópeo a lo largo de la tubería-canal principal, ubicadas principalmente en cambios de dirección o en tramos largos. Sirven principalmente para la verificación y/o limpieza de arena, basura o algún obstáculo que ingrese al sistema.
Cámaras de Carga	Estas cámaras de hormigón ciclópeo sirven para garantizar una carga constante de agua al ingreso de las bajantes, de manera que no ingrese aire a las mismas, perjudicando el funcionamiento adecuado de los aspersores, generalmente se ubican en diferentes puntos de la tubería-canal y al inicio de cada bajante.
Cámaras Rompe Presión	Estas cámaras de hormigón ciclópeo sirven principalmente para cortar la línea de presión en puntos estratégicos de la bajante, de manera que ésta no sea sometida a presiones excesivas de rotura, pero garantizando una presión adecuada en los hidrantes para el funcionamiento de los aspersores.
Hidrantes	Los hidrantes son los puntos de entrega de agua en la parcela, con un cierto caudal y presión que respondan a los acuerdos de distribución de agua en el sistema. Existen hidrantes de una o dos salidas, éstas a su vez tienen una válvula para regular el paso de agua.
Acueductos	Para poder pasar una quebrada o depresión del terreno importante se pueden implementar acueductos en el trayecto de la tubería canal principal y en bajantes.
Equipo móvil de riego por aspersión (EMRA)	Los equipos móviles de riego por aspersión, son un conjunto tecnológico conformado por mangueras de polietileno o mangueras de lona en los cuales están conectados desde 1 a 4 aspersores (común 3). Con este equipo, los agricultores aplican el agua a sus parcelas simulando la lluvia.

Todos estos elementos y conjuntos tecnológicos, al igual que los conductos cerrados tienen requerimientos de operación y mantenimiento específicos, por tanto su consideración permanente es de suma importancia.

3.7.2. Cambios en la disponibilidad de agua para riego a nivel parcela

En base al caso del sistema de riego por aspersión de Koari Bajo, se demuestra el incremento en la disponibilidad de agua para riego a nivel de parcela, En la tabla 11 se presentan cuatro situaciones que se presentaron, porque este sistema una vez terminado no entró en funcionamiento directamente, ya que la mayoría de los usuarios no compraron sus EMRAs, por tanto continuaron regando con sus sistema tradicional, el cual mantuvieron por razones de disminuir riesgos, tal como se explicó en el anterior acápite,

Tabla 11. Diferencia de volúmenes aplicados por método de superficie y por aspersión

Parámetro	Sin proyecto	Con proyecto		
	Riego por superficie	Riego por superficie		Riego por aspersión
¿Quiénes?	Todos	Antiguos	Nuevos	Todos
Caudal toma (l/s)	8,9	8,54	8,54	2,93
Eficiencias (%)	Conducción*	40	70	95
	Distribución*	70	70	95
	Aplicación*	70	70	85
Caudal disponible (h)	1,74	2,93	2,93	2,25
Tiempo (h)	6	6	3	12
Volumen (disponible) recibido en parcela por turno (m3)	37,6	63,3	31,6	97,2
Volumen total recibido en parcela al mes (m3)	75,2	189,9	94,9	291,6

Fuente: López (2017)

Del cuadro 3 se desprende que incluso con la inclusión de nuevos usuarios al sistema, la disponibilidad de agua incrementa en la parcela en la situación de riego por aspersión (97,2 m³ de volumen recibido en parcela por turno), en cambio en la situación de riego por superficie, cuando los usuarios recibían todo el caudal de las fuentes de agua reunidas, lograban recibir alrededor de 40 m³ (37,6 m³), Cabe aclarar que los valores de eficiencias asumidas son conservadoras. Otro dato importante a considerar es que el caudal que recibe en la situación con riego por aspersión es una fracción del caudal total, por tanto otros usuarios riegan paralelamente.

En suma, un cambio notorio y casi general, sin duda es el incremento de la disponibilidad de agua en la parcela para todos los usuarios, por cuestiones obvias, Sin embargo, es necesario aclarar que también esta disponibilidad de agua no sólo depende de las eficiencias de captación, conducción, distribución y aplicación, sino al ser un sistema hidráulico cerrado presurizado, sobre todo en las condiciones de la cuenca Pucara (parte alta) en los cuales los sistemas son presurizados por gravedad (desniveles), dependen de la presión de operación disponible finalmente, ya que se ha podido comprobar mediante mediciones de presión y caudal en aspersores en distintos sectores de este sistema, que éstos valores varían considerablemente (heterogéneo), por tanto es necesario tener en cuenta esta situación en la medida que se quiera ajustar y compensar en aquellos sectores que notoriamente reciben menos agua por esta situación, incrementar el tiempo de turno.

Otra aclaración necesaria es sobre las mediciones convencionales de eficiencias de riego, Al ser sistemas cerrados (tuberías), las pérdidas sobretodo en la conducción y distribución son difíciles de medir por tanto las mediciones más factibles son en la entrada y la salida (aspersores), Otro elemento a considerar es que según la práctica de riego por aspersión en condiciones de ladera y en las condiciones de Pucara, se han logrado medir eficiencias de aplicaciones muy variables y más bajas que los estándares establecidos para este método de riego: entre 36,9% a 71,2% (Jiménez, 2003) y entre 17 a 47%,(Hidalgo, n.d.).

3.7.3. Cambios en la uniformidad de riego en la parcela

De acuerdo a algunos estudios realizados al respecto en la cuenca pedagógica Pucara, los valores de uniformidad de riego encontrado oscila grandemente: entre 41,7% a 71,2% (Jiménez, 2003) y entre 47% y 62% (Hidalgo, n.d.). Estos estudios también han mostrado que las uniformidades de riego obtenidas finalmente con riego por aspersión dependen bastante de la experiencia que tengan al respecto los agricultores, es decir, agricultores que inician con el nuevo método de riego logran valores de uniformidad de riego bajas mientras que los agricultores que ya cuentan con varios años de experiencia logran valores altos, claro que relativamente hablando porque en general los valores más altos, en algunos caso no superan los valores mínimos establecidos por Keller y Bliesner (2000) de 75% de UD.

Evidentemente, faltan estudios de medición de uniformidad de riego y de eficiencias de aplicación en parcelas con método de riego por superficie, que lamentablemente no se ha podido efectuar en la cuenca pedagógica Pucara, para poder contrastar mejor la situación.

Por otro lado, estas bajas eficiencias de riego deben tomarse desde una perspectiva más amplia, es decir, las pérdidas y fugas de agua del sistema son ganancias de agua para ecosistemas o usuarios de aguas abajo.

Lo que sí es obvio es que los agricultores que realizan riego por aspersión afirman que la labor de riego en la parcela es mucho más sencilla y que al regar como lluvia, el riego es más uniforme:

Con los aspersores se riega más uniforme y las papas crecen más parejito, por eso preferimos regar con los aspersores, además lo que riega como lluvia es buena para las plantas porque aprovechan mejor la humedad y cuando la planta se está marchitando recupera rápido, por eso ponemos los alambres para que el agua se pulverice, a veces cuando no se regula bien los alambres se riega sectores redondos y con los alambres se riega bien (Mariano Almendras, Sindicato Mishka Mayu Centro, 2003).

Doña Herminia Villarroel, usuaria del sistema de riego por aspersión de Koari Bajo, manifiesta al respecto lo siguiente: “Cuando estábamos regando por surquitos era muy trabajoso, porque a cada rato teníamos que estar yendo o caminando por toda la parcela para que el agua no se lo lleve la tierra, o que cuando las plantas están pequeñas de poquito teníamos que mandar por los surcos para que no le hagamos caer a las plantitas, pero regando así no mojaba bien la tierra y se secaba rapidito, Pero ahora con el aspersor le podemos poner hasta que le pase bien al suelo y las plantas aguantan bien,” (Entrevista a Herminia Villarroel, 12 de agosto de 2016, Koari Bajo),

3.7.4. Disminución de los riesgos de erosión y deslizamiento

“La erosión que se provoca con el riego tradicional en pendiente fue un problema al que muy difícilmente se podía hallar una solución. Por eso, mucho antes de pensar en el riego por aspersión se plantearon algunas alternativas de solución para el control de la erosión como la realización de terrazas de formación lenta con *qewiñas*, *qayaras* y piedras, desafortunadamente no tuvo el impacto esperado por lo que no fue aceptado en la comunidad” (Mejía, 1996). De esta manera el técnico pionero de riego por aspersión en Mishkamayu, argumentaba una de las razones centrales del por qué los agricultores se han inclinado hacia el riego por aspersión en zonas de ladera.

En la misma zona, de acuerdo a Rodríguez (2005) cuando preguntaron en un concurso de riego por aspersión a los agricultores sobre cuál fue la razón de la adopción del método de riego por aspersión, la mayoría se inclinaron por la reducción en la erosión del suelo como primera razón (79%) entre otras razones también importantes como la facilidad del manejo de los equipos (59%), la reducción del tiempo de tiempo de riego (57%) y la reducción de la mano de obra (48%) con porcentajes altos.

De noche regábamos agarrando de una lámpara o ayudados con un peón, el peón alumbraba de encima porque se regaba por melgas, sino había peón con una mano agarrábamos la lámpara y con la otra regábamos, a veces dejábamos el agua no pudiendo hacer nada soltábamos de arriba y hacíamos disminuir por donde sonaba o aumentábamos, al día siguiente nuestras papas aparecían fuera del surco y eso tapábamos con

lampitas y de esa manera hacíamos producir. Al atardecer llevábamos el agua con farolcitos por el surco, uno alumbraba con farol y vela y el otro regaba sufríamos mucho.

Si preguntamos a los agricultores al respecto, una gran mayoría responderá que con riego por aspersión, ya no hay erosión o ha disminuido. Visualmente, se puede constatar que durante los eventos de riego el escurrimiento de agua es mínimo, a pesar de que los agricultores en varios de los casos han modificado sus aspersores (ensanchado o sacado boquillas para incrementar el caudal descargado), pero aminorado por el uso de alambres como deflectores. En la foto 2 se puede apreciar la diferencia visual entre riego por superficie y riego por aspersión.



Foto 2. Diferencia de volúmenes aplicados por método de superficie y por aspersión

No existe ningún estudio en la zona que haya evaluado la erosión por causa del riego, Sin embargo, existen testimonios de agricultores al respecto:

Antes harta tierra hacíamos traer a las quebradas, ríos, pero con aspersión hemos mejorado, solo que a veces la manguera revienta, o con descuido dejamos las acequias abierta, sólo en ese caso hay problemas, (Entrevista a agricultor de Sapanani, septiembre de 2002),

Antes el río iba turbio como si fuera tiempo de lluvia, ahora el río está pues limpio (Entrevista a agricultor de Mayun Punku, septiembre de 2002),

Otros testimonios de otros sistemas de riego por aspersión también dan cuenta sobre esta situación: “En riego por superficie regábamos entre tres, cuando llegaba más agua a veces entre 4 siempre, por melgas porque el agua era harto. Pero aun así el agua se lo llevaba la tierra por el canto peor, pero máximo sabemos manejar entre 4 personas, y así para que estén en toda la parcela y el agua no se lo lleve la tierra, y en regar nos ayudaban mis hijos, mi esposa pero no pedía ayuda a otras personas ya que sólo la familia manejábamos, porque estaba, mi papá, mi hermano, mis hermanas.” (Entrevista a Víctor Villarroel, 12 de agosto 2016, Koari Bajo).

De acuerdo a Delgadillo (2003), más que riesgo de erosión (laminar) durante un riego el mayor problema que aún se cierne sobre los agricultores es el deslizamiento, que debido a las extremas pendientes, es primordial no descuidar el tiempo de riego, tal como señala el primer agricultor pionero que empezó a regar por aspersión en Mishkamayu: *ahora cada 1 hora y media no más ya regamos, normal es hora y media, seguro, si es que pasa hora y media en las faldas la tierra puede deslizarse ya*, (Entrevista al AIP, septiembre 2002).

3.7.5. Incremento del área regada debido al método de riego (parcela)

El incremento del área regada debido al cambio de método de riego por aspersión puede observarse en los siguientes aspectos:

1. Por el incremento de la eficiencia de captación, conducción, distribución y aplicación, mayor disponibilidad de agua en la parcela y a nivel de raíces, por tanto abarca mayor área.
2. Por la forma de regar “como lluvia” el área regada es mayor.

1. En el primer caso, el uso de mejores elementos tecnológicos en la captación, conducción, distribución y aplicación (tuberías, aspersores, etc.), ha permitido, al margen de conducir agua bajo presión, disminuir grandemente las pérdidas de agua hasta su llegada a la parcela. En la figura 28 se puede visualizar en qué medida se incrementa esta disponibilidad de agua en la parcela.

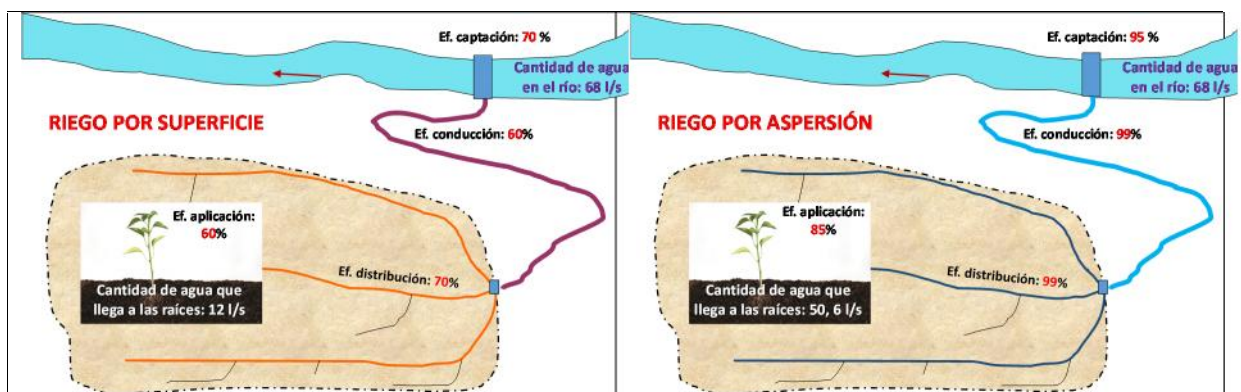


Figura 28. Diferencia de volúmenes aplicados por método de superficie y por aspersión

Si analizamos ambas situaciones, las diferencias son notables y evidentes. Aunque son valores aproximados de eficiencia, en la situación de riego por superficie el agua que llega a la zona de raíces de 68 l/s es apenas 12 l/s, en cambio en la otra situación llega 50,6 l/s.

Haciendo una diferencia directa, se logra recuperar en promedio 38,6 l/s, que automáticamente permitirá regar por lo menos 40 hectáreas más.

2. Debido a que el riego por aspersión se aplica en forma de lluvia, el área que riega depende básicamente del diámetro de mojado y los traslapes realizados, así como del tiempo de riego por cada posición. La variable de tiempo permite al agricultor definir según su criterio el área regada finalmente, aunque deberá el agricultor sopesar la lámina aplicada finalmente.

En todo caso, sigue siendo una ventaja frente al riego por superficie, en el cual para regar una parcela, el agua necesariamente tiene que recorrer todo el terreno para mojar, además, la distancia y/o el área mojada dependerá en qué condiciones está la parcela (arado o no), pendiente, el caudal de riego (más caudal avanza más).

Algunos testimonios dan fe del incremento de área con el nuevo método de riego:

“antes sembrábamos menos, 2-5 cargas³ no más, porque se necesitaba muchos peones. Regar era duro. Conseguía 5 peones pero no se regaba bien y el suelo se tornaba seco rápidamente. Ahora 10 a 20 cargas podemos sembrar porque con aspersores más tierra regamos, casi hemos triplicado el área, ahora no descansan las tierras más” (Agricultor del Sindicato Mishka Mayu Centro, Septiembre 2002).

“Por riego por superficie 10 cargas podíamos sembrar, pero por aspersión 18-20 cargas ahora podemos sembrar, el agua alcanza para más área” (Agricultor del Sindicato Sapanani, Septiembre 2002).

“Con el aspersor se avanza más, antes regábamos solo con dos cargas y algo más (2000 m²) y ahora regamos con 5 cargas (4000 m²). Se avanza el doble” (Agricultor de Mishkamayu Centro, Septiembre 2002).

3.7.6. Incremento de las posibilidades de riego en parcelas con pendientes fuertes

Con la introducción y la posterior adopción del riego por aspersión en zonas de ladera dentro la cuenca Pucara, las posibilidades de riego de parcelas ubicadas en zonas con pendiente fuerte (50 a 80%) ha incrementado. Esta situación es más manifiesta en la zona de Mishkamayu, donde las áreas en ladera donde se practica riego por aspersión incluyen zonas con pendientes considerables (foto 3).

³ Unidad de peso local. Una carga significa un peso de 113 kg en Mishka Mayu dicha cantidad alcanza para cultivar una cierta área de tierra.



Foto 3. Zonas con alta pendiente donde se riega por aspersión

Varias de las parcelas que normalmente no podrían ser regadas por métodos de riego por superficie o si fuese posible, con mucho riesgo de erosión e incluso de deslizamiento, con aspersión es muy posible. Por lo mismo, zonas que antes no se consideraban para cultivo en la actualidad por la práctica del riego, ha empujado a algunos agricultores a habilitar estas tierras.

Visto desde dos ángulos diferentes, esta situación podría considerarse, por una parte, como una ventaja para los agricultores, ya que les permite regar disminuyendo el riesgo de erosión y de deslizamientos de zonas que antes de la aspersión eran prácticamente imposibles de regar por superficie y también porque a mayor pendiente del terreno se requiere más mano de obra para regar. Pero, por otra parte, también podría verse como una desventaja, ya que está empujando a los agricultores a ampliar la frontera agrícola hacia zonas con mayor riesgo de erosión y deslizamiento, pero también a incrementar la escasez de agua de riego (misma cantidad de agua más área a regar).

El testimonio de un agricultor hace referencia al respecto: *“Ahora la fertilidad no se pierde, antes hacíamos llevar con el agua, además no hacíamos humedecer bien, ni la papa no cosechábamos así, cosechábamos poco. Ahora regamos hasta en pendientes fuertes, ya no hay riego por melgas”* (Agricultor de Totorá Khocha, Septiembre 2002).

3.7.7. Menor exposición directa del regante con el agua en la parcela

El cambio de riego por superficie a riego aspersión tiene una implicancia directa en la exposición de la gente al agua en la parcela durante el riego, debido a que cuando se riega por métodos de riego superficial el regante está expuesto directamente al agua, ya que tiene que andar junto con el agua dentro la parcela, expuesto al frío, si el riego es en zonas altas donde la temperatura muchas veces desciende o cuando su turno de riego es durante la noche. Con riego por aspersión esta situación se minimiza bastante ya que el agricultor se expone solamente cuando realiza los cambios de posición de los aspersores o cuando tiene que destapar algún aspersor obstruido (Foto 4).

Corroborando lo anterior, Delgadillo y Jiménez (2004) señalan que el riego superficial practicado en la zona (Mishkamayu), tenía la característica de ser erosiva por las altas pendientes de las parcelas y con ello la pérdida constante de la capa arable, fertilidad, etc. Asimismo, preocupaba la excesiva ocupación de la mano de obra y la labor sacrificada del riego principalmente en la noche, por las temperaturas frías que caracterizan la zona, ya que según sus derechos de agua el agricultor debe regar desde las 12 del mediodía hasta las 12 de la media noche o viceversa

Con la introducción y paulatina adopción de los equipos móviles de riego por aspersión en Mishka Mayu, estas dificultades disminuyeron notablemente, ya que ahora el agricultor sólo se ocupa de trasladar e instalar y los aspersores se encargan de regar toda la parcela. Por las noches el agricultor, no tiene que estar sufriendo las inclemencias del frío y el mojado constante de la piel, ya que su actividad de riego se resume simplemente al traslado de una posición de riego a otra, dentro la parcela entre dos personas pudiendo ser inclusive una sola persona y luego se limita al control del tiempo de riego por posición y durante ese tiempo incluso el agricultor puede dormir.



Foto 4, Diferencia de volúmenes aplicados por método de superficie y por aspersión

Un testimonio de un agricultor de Koari Bajo también hace referencia a esta situación: *“Antes cuando regábamos por superficie nos entrábamos a las parcelas, parando toda la noche para que el agua no se lo lleve la tierra y nos mojábamos pero ahora yo tengo un equipo que es para riego siempre que es todo completo, eso utilizo pero más antes cuando las primeras veces estábamos regando a veces amanecía así y bien mojadito, ahora en el físico mismo me cuido bien,”* (Entrevista a Victoriano Villarroel, 12 de agosto de 2016, Koari Bajo).

3.7.8. Mejora del control de la lámina aplicada debido al método de riego

Inmediatamente, el control de la lámina aplicada mejora o se posibilita con riego por aspersión, ya que la lámina aplicada depende solamente del tiempo de riego, pues el agua es aplicada desde la parte aérea en forma de lluvia, por tanto el agua no requiere recorrer por el suelo para mojar éste y por lo tanto infiltrar, Con riego por aspersión, el agua infiltra donde cae, siendo más bien la uniformidad de infiltración dependiente del adecuado traslape entre aspersores y laterales (Figura 29).

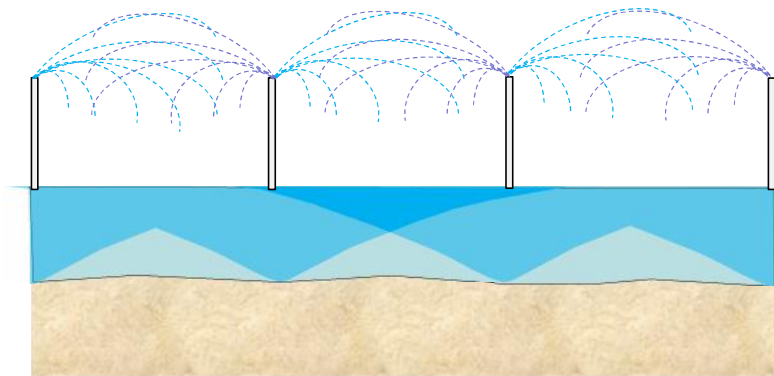


Figura 29. Lámina infiltrada después del traslape en riego por aspersión

En cambio, en riego por superficie (figura 30) el control de la lámina aplicada, sobre todo de láminas pequeñas de riego es prácticamente inexistente, puesto que para que el agua infiltre y moje toda la parcela, necesita recorrer todo el campo hasta llegar al final, entonces la lámina a infiltrar requerida finalmente dependerá de la capacidad de infiltración del suelo y no directamente del control humano, aunque al requerir el agua recorrer todo el terreno, habrá zonas donde la lámina infiltrada será mayor, sobre todo los sectores cerca al ingreso de agua ya que el tiempo de oportunidad será mayor en relación a los sectores más alejados.

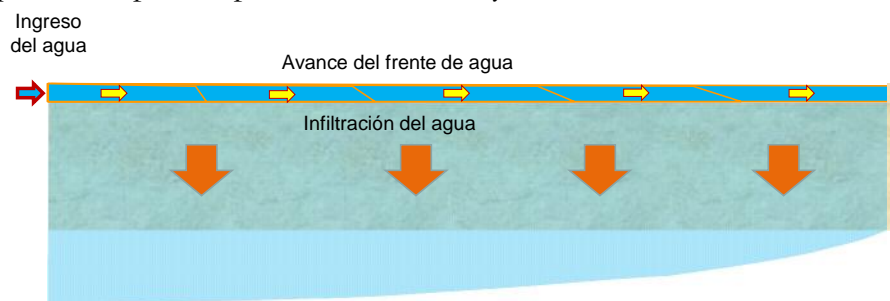


Figura 30. Lámina infiltrada después del evento de riego por superficie

Estas condiciones de la hidráulica de un evento de riego por superficie nos da cuenta del por qué éstos métodos de riego ya tienen implícita algunas pérdidas, sobre todo por percolación profunda, para lograr aplicar una lámina de riego promedio, Es claro que en la parte inicial, como el agua está más tiempo en contacto con el suelo, ésta infiltrará más profundamente que en la parte final de la parcela, En cambio, con el método de riego por aspersión podríamos aplicar, si nos proponemos o necesitamos, 1 mm de lámina de agua.

Un testimonio de un agricultor se refiere a este cambio: *“Antes cuando regábamos a mano, no hacíamos remojar bien, poco sabíamos cosechar, ahora con esto hacemos remojar a 3 horas, 2 ½ horas dependiendo del suelo, en algunos suelos no puede humedecer, pero en 3, 2 ½ hora remoja”* (Agricultor de Totora Khocha, Septiembre 2002).

3.7.9. Disminución de la mano de obra dedicada a la actividad del riego

La disminución de la mano de obra dedicada a la actividad del riego puede suceder en dos niveles, a nivel de sistema y a nivel de parcela:

A nivel de sistema, la mano de obra disminuye porque ya prácticamente no es necesaria la vigilancia de los puntos posibles de robos de agua, el recojo y traslado del turno de agua ya no existe pues prácticamente es abrir y cerrar válvulas. Además, disminuye la dedicación a la operación y sobre todo al mantenimiento de la infraestructura (se eliminan las limpiezas de acequias y disminuyen la limpieza o rehabilitación de las obras de toma rústicas) centrándose ahora en la limpieza de cámaras (de carga, rompe presión, de inspección, desarenadores, etc.).

A nivel de parcela, es donde tal vez se nota más la disminución de mano de obra dedicada al riego, ya que con riego por superficie, sobre todo en parcelas en ladera, el requerimiento de mano de obra es mayor pero también la necesidad de gente con experiencia en el manejo de agua en la parcela. En cambio, con riego por superficie, la mano de obra disminuye drásticamente porque ya no es necesario manejar el agua dentro la parcela, solamente se requiere instalar los equipo móviles de riego por aspersión y de tiempo en tiempo moverlos de posición.

De acuerdo a López (2017), las personas que se requieren para el manejo del equipo en parcela depende al material de manguera o accesorios que utilizan, ya que según los usuarios que con el material de polietileno se necesitan dos personas para trasladar o instalar el equipo, mientras que con la manguera de lona hasta 1 sola persona podría manejar el equipo ya que este material es fácil de manipular: *“Para llevar o instalar el equipo se puede llevar de una persona y se logra instalar el equipo en la parcela en 10 min, tanto en poner mangueras e instalar, ya que sólo le envolvemos y cargando todo en uno junto con los aspersores facilito podemos llevar,”* (Entrevista a José Paulo, 11 de agosto de 2016, Koari Bajo).

Otro agricultor opina al respecto los siguiente: *“El equipo podemos instalar rapidito nomas, sólo que la manguera de polietileno es pesado para llevar, aunque uno nomas podemos llevar pero de dos siempre es más fácil ya que uno jala de arriba y el otro de abajo para que llevemos más rápido, porque hasta para cambiar de posición de dos siempre es ya que le podemos maltratar a la planta al estirar la manguera por eso tenemos que levantar y de uno no se puede, Pero después es fácil nomas ya que una vez que está instalado le soltamos el agua del hidrante y los aspersores funcionan nomas,”* (Entrevista a Juvenal Almendras, 12 de agosto de 2016, Koari Bajo),

De acuerdo a Delgadillo (2003), reduce el uso de mano de obra dedicada al riego, siendo más notorio en zonas en ladera donde el riego superficial requiere más mano de obra, Así

por ejemplo, en Mishkamayu las personas dedicadas durante un evento de riego (sobretudo, trasladar el equipo y mover de posición) son 1 a 2 personas, contrastantes con el número de participantes que antes requerían para regar una parcela por superficie (4 a 5 personas por evento de riego) además con presencia continua en la misma parcela (Delgadillo, 2003).

Ahora bien, otra implicancia directa de la disminución de mano de obra dedicada al riego, sobre todo a nivel parcelario, ha resultado en un beneficio importante para los agricultores, el cual es dedicar este tiempo ganado (ahorrado) a otras actividades. Es común ver ahora que durante el riego el agricultor realiza otras actividades como ser deshierbe, aporque, control fitosanitario o simplemente se queda a controlar el tiempo de riego y vigilar que los aspersores estén regando uniformemente.

López (2017), reporta que finalizada la instalación del equipo móvil de riego por aspersión y una vez regulada la presión mediante la apertura de llaves, el agricultor se fija si todos los aspersores están funcionando y si todo está bien, el agricultor dispone de su tiempo en otras actividades por el tiempo de riego en cada posición. (López, 2007)

Testimonios de agricultores pueden corroborar esta situación:

“Ahora colocamos en hora, por ejemplo si colocamos en hora exacta, hasta que riegue nos vamos a trabajar: como sembrar, cortar y después venimos a cambiar y de nuevo nos vamos. Solo depende de mantener el agua limpio, pero si el agua mantienes sucio, se llena al vertedor (embudo), eso hay que limpiar, pero eso lo pueden hacer también los niños” (Agricultor de Totorá Khocha, Septiembre 2002).

“Hasta que este regando desyerbamos, aporcamos o sino, los lugares donde el aspersor no riega, regamos con el agua sobrante” (Agricultor de Mayun Punku, Septiembre 2002).

3.7.14. Cambios en la gestión del agua en el sistema de riego presurizado

Cambios en los derechos al agua

Los cambios que pudiese haber a nivel de derechos de agua, una vez que un sistema ha sido intervenido y cambiado de matriz tecnológica y de método de riego (de riego por superficie a riego por aspersión), se refieren principalmente al cambio en la expresión del derecho de agua. Definitivamente cambiará por un detalle muy simple el cual es, el método de riego por aspersión exige entrega de agua con menores caudales (0.2 a 1 l/s por aspersor), este simple hecho hace que la expresión varíe inmediatamente, pues se deberá ajustar los tiempos entregados y también podría cambiar la frecuencia del turno.

Otro elemento que podría cambiar, más fruto del proceso de intervención general es el número de usuarios, el cual es generalmente una exigencia de los financiadores pero también una presión social interna de la comunidad (de las nuevas generaciones) que exigen su espacio. A raíz de estos cambios, también podrían variar sus derechos de agua en su conjunto, pues en muchos casos, no se añade más agua al sistema (solamente lo que se gane

con la mejora de la eficiencia general del sistema) sino deberán compartir la escasez de agua entre más usuarios.

Otros cambios que suelen pasar suele darse a nivel de las obligaciones de los usuarios y a nivel de las sanciones. Este aspecto muchas veces es fruto del trabajo del componente de asistencia técnica que generalmente tienen entre sus términos de referencia el de consolidar estos aspectos en el sistema intervenido, aunque también es cierto que la operatividad de las nuevas obligaciones o sanciones establecidas, suelen quedar en los papeles.

Cambios en la distribución de agua

Un cambio directo e inmediato, incluso antes de implementar el nuevo sistema, específicamente si consideramos el cambio de riego por superficie a riego por aspersión, son los cambios en el caudal y el tiempo de turno por usuario, pues es un hecho que con la nueva forma de regar, el caudal que antes recibían los usuarios será relativamente menor, por tanto para compensar la cantidad a recibir, deberán aumentar el tiempo que recibe ese caudal menor en cada turno.

Esta situación inmediatamente también repercutirá en el número de usuarios que riegan simultáneamente, pues es obvio que si el usuario recibe menos caudal por turno, el agua sobrante deberá ser utilizada por otro (u otros) usuario (s) más, dependiendo de la cantidad de agua sobrante.

Una relación muy útil que nos ayuda a entender estos cambios en el reparto de agua es la relación de caudal, volumen y tiempo. En la figura 31 se expresa esta relación.

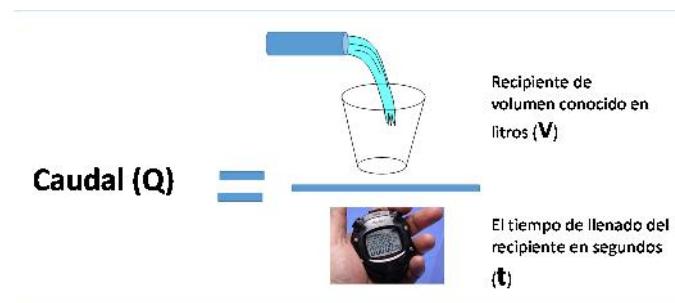


Figura 31. Lámina infiltrada después del evento de riego por superficie

Las principales aplicaciones de esta relación son las siguientes:

1. Para conocer el valor del Caudal (Q) mismo, conocido el volumen de un recipiente y el tiempo de llenado
2. Para determinar el Volumen (V) recibido, almacenado o almacenable, conocido un tiempo y un caudal
3. Para saber el tiempo (t) necesario de entrega de un volumen definido, tiempo de vaciado o llenado de un estanque, conocido el caudal y el volumen

Sobre todo las relaciones 2 y 3 nos sirven para definir, primero el volumen que recibía con su turno antes del cambio y para conocer el tiempo que debe recibir el mismo volumen que antes recibía, con diferente caudal, resultado del empleo de aspersores.

El siguiente ejemplo nos podría ilustrar mejor esta situación (Figura 32):

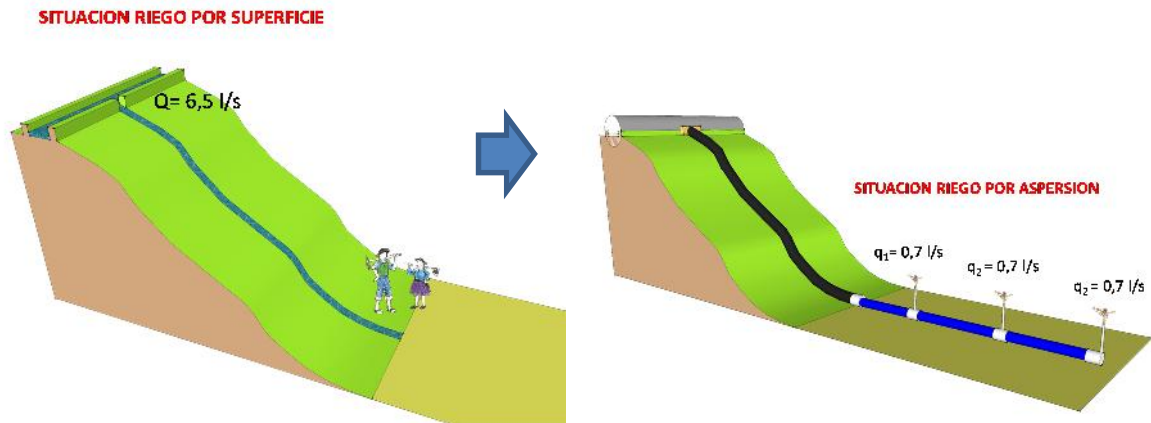


Figura 32. Comparación de situaciones de riego por superficie y aspersión

En la tabla 12 se resumen los resultados del cambio, ya que varían los caudales recibidos por los usuarios y los tiempos de entrega. Esta situación sucede claramente cuando se da por sentado que el usuario deberá recibir la misma cantidad de agua equivalente a su turno de riego (derecho de agua), siendo que es evidente el cambio de caudal entregado por razones obvias.

Tabla 12. Comparación de situaciones de riego por superficie y aspersión

Párametro	Riego por superficie	Riego por aspersión
Caudal promedio recibido por usuario (l/s)	6,5 (monoflujo)	2,1 3 aspersores (multiflujo)
Tiempo de riego (horas)	12	37,1
Volumen recibido (m ³)	280,8	280,8

Obviamente, verificando el caudal que recibirá en la nueva situación el usuario, resulta que podrían regar simultáneamente más usuarios, en este caso, podrían regar 3 usuarios simultáneamente. No entraremos en detalle sobre otras situaciones que podrían presentarse, pero lo evidente es que los cambios en caudal y tiempo son efectivos.

Además de estos cambios, podemos observar los siguientes:

-) Cambia el reparto de agua en diferentes aspectos: caudal, tiempo, frecuencia, programación, modalidad, etc.
-) Cambia la forma de entrega del agua, pues generalmente en un sistema abierto, el agua se recibe en la fuente de agua, o en un punto de reparto específico, en cambio en sistemas

presurizados, el agua lo recibe en hidrante y más concretamente en los emisores (aspersores).

- J) Cambia también algo muy básico que es la visibilidad del agua, pues, el agua ya no se ve pues circula por conductos cerrados, por tanto el usuario ve el agua solamente cuando utiliza los aspersores y el agua sale asperjado, por tanto el usuario fácilmente no percibe el caudal recibido visualmente sino solo percibe si hay menor o mayor presión y por el diámetro de mojado.

Cambios en la operación

La operación también cambia fuertemente, pues, el agua es conducida por conductos cerrados y la operación consiste básicamente en la manipulación principalmente de válvulas, Asimismo, al circular el agua a presión por tuberías y por el uso de cámaras rompe presión, que permite que el agua salga a la atmosfera, la operación se complejiza pues los usuarios deben ajustar el caudal de ingreso al sistema o al lateral o bajante, mediante manipulación de válvulas de ingreso para que en función al número de salidas (aspersores armados), no rebalse el agua de las cámaras rompe presión,

Tal vez, la operación se facilita enormemente a nivel de parcela, pues solo consisten en el armado y traslado de los EMRAs de una posición a otra. Por lo mismo las mujeres, y niños pueden operar sin mayores dificultades estos equipos en las parcelas tal como se aprecia en la foto 3. Esta situación por el contrario en riego por superficie es de mayor dificultad, pues los niños no podrían manejar el agua durante el riego de una parcela adecuadamente, sobre todo en parcelas con pendiente, como es el caso de la cuenca Pucara.

Cambios en el mantenimiento

Los cambios en el mantenimiento también se hacen muy evidentes, ya que se concentra en tareas de verificación de ingresos (limpieza de cámaras desarenadores, filtros, para evitar el ingreso de elementos dañinos u obstrucción de los conductos cerrados. Por lo demás la tarea de mantenimiento se minimiza, ya que al contrario de canales abiertos y peor aún de tierra, las tareas de limpieza resultan ser tareas bastante pesadas y arduas que requieren el concurso de ingentes cantidades de usuarios, cosa que ya no sucede en sistemas presurizados. Aunque, por el contrario esto debilita a la organización ya que disminuyen cada vez más los momentos de convivencia social entre los comunarios, momentos que también son festivos y sirven para ayudarse entre todos. Y lo otro, es que existe la sensación en los usuarios de sistemas mejorados es que el mantenimiento ya no es tan necesario como en sistemas de canal abierto, lo cual induce a errores de mantenimiento que podrían costarles caro a todos, pues olvidan hacer tareas pequeñas pero necesarias de limpiar (filtros, cámaras) y muchas veces podrían obstruirse los tubos y la situación se tornaría muy complicada.

Tal vez esto si es un cambio fuerte entre sistemas tradicionales y mejorados o presurizados, pues una reparación ya no se realiza con una azadón o picota, sino se requiere comprar elementos externos como pintura, grasa, o incluso se requieren en algunas situaciones mano de obra calificada que normalmente no hay localmente, lo cual hace que los usuarios tengan que aportar en efectivo y ya no cuenta tanto su jornal.

Cambios en la organización

Los cambios en la organización a nivel de sistema de riego cuando éste sufre cambios en la infraestructura, y considerando que es un cambio tecnológico fuerte (cambio de riego por superficie a riego presurizado), pueden darse a nivel de la estructura organizativa, es decir, podrían incluirse nuevas carteras, sobre todo considerando que la asistencia técnica impulsa el tema de operación y mantenimiento, por tanto podría darse cambio a este nivel, Después algo que podría pasar es que en el mantenimiento y la operación también podrían requerirse cambios organizativos, ya que requerirán nuevas carteras.

3.7.4. Otros cambios posibles

Otros cambios posibles podrían ser relacionados a los cambios de género, que haya una mayor diversificación de cultivos, incorporación de nuevas tecnologías en el proceso de producción, incremento de la producción y la productividad de cultivos, entre otros.

Sin embargo, para poder hablar con mayor propiedad sobre estos cambios, es necesario estudios a mayor detalle y en sistemas con larga trayectoria. En el caso de la cuenca Pucara, Mishkamayu y Ch'ullkumayu podrían cumplir con estos requerimientos, no así Koari Bajo y K'aspiancha, que son sistemas relativamente más nuevos.

4. Reflexiones finales

La tecnología, en esencia, considera tres aspectos centrales: el artefacto o artefactos, el conocimiento asociado a su uso (información, destreza, aptitud) y un objetivo concreto, por lo mismo es necesario evitar la confusión común de considerar un artefacto como una tecnología en sí mismo.

También es importante destacar conceptos tales como adopción y adaptación, los cuales están involucrados en los procesos de innovación tecnológica, el cual debe ser entendido como la decisión para empezar a usar algo tal como una idea, un plan, un nombre o, un nuevo artefacto, es decir, una innovación.

Debido a que un artefacto casi nunca es aceptado tal cual vino desde la entidad que la generó o desarrolló, concebido para desempeñar una o varias funciones específicas, experimenta durante el proceso de adopción ciertas modificaciones, cambios (adaptaciones) en alguno(s) de sus componentes físicos, así como en alguna(s) de su(s) función(es) específica(s); en respuesta a requerimientos y criterios locales de los nuevos usuarios sobre la nueva tecnología (criterios sociales, técnicos, económicos, etc.), Asimismo, es necesario considerar que la adaptación tecnológica es bidireccional, es decir que tanto los que adoptan los productos o elementos tecnológicos, o quienes desarrollan la tecnología, tienen o deberían tener la capacidad para adaptarse, un margen de maniobra (adaptabilidad), adecuarse, para que las posibilidades de adopción sean mayores.

Por la naturaleza de los procesos de adopción que se han suscitado y se suscitan en la cuenca Pucara, se plantea considerar ambas perspectivas, considerando el hecho de que los desarrolladores de la tecnología no son sólo aquellos que generan o desarrollan en las fábricas, o industrias los diferentes productos o elementos tecnológicos (aspersores, goteros, tuberías, otros accesorios, etc.) sino también aquellos que generan o diseñan los cambios tecnológicos en el sistema de riego (diferentes niveles), utilizando estos elementos o productos tecnológicos, con una cierta configuración de diseño particular, los cuales responden a objetivos también muy específicos.

El diseño de un sistema de riego bajo gestión colectiva implica: Un proceso de cambio iterativo, interactivo y colectivo de la matriz tecnológica del sistema de riego tradicional, con el concurso de varias disciplinas, en respuesta a una demanda concreta de cambio, Al involucrar el diseño cambios traumáticos en el sistema, se genera en paralelo un proceso de adopción tecnológica con una dinámica y necesidades de apoyo propias.

El cambio tecnológico, una vez implementado, al margen de modificar la matriz tecnológica, es decir cambios de varios elementos del sistema de riego, implica también directa e indirectamente cambios en varios otros aspectos, sobre todo considerando el cambio de método de riego (especialmente de riego por superficie a riego por aspersión).

Finalmente, es necesario resaltar que la ausencia de instancias de capacitación a agricultores, la falta de asistencia técnica, la formación de nuevos cuadros de profesionales que trabajan en esta área, y en general, el bajo nivel de institucionalidad existente para apoyar el desarrollo del riego en forma efectiva, sumado a una política de inversión centrada fuertemente en la infraestructura, está obstaculizando los procesos de innovación tecnológica en riego en nuestro país.

Bibliografía

2004. Delgadillo, O.; Jiménez, J. 2004. Riego por aspersión en condiciones de ladera: Un caso de innovación tecnológica de riego en la Microcuenca de Mishka Mayu (Cochabamba). En: Compendio de Tecnologías locales para el aprovechamiento y manejo de suelos, agua y cobertura vegetal. MACA-VDR. JICA-Dirección de Riego y Conservación de Suelos y Agua. p.: 97 – 123.
- Arteaga, A.; Medellín, E.; Santos, M.J. 1995. Dimensiones sociales del cambio tecnológico. Nueva Antropología, vol. XIV, núm. 47, marzo, 1995, pp. 9-22. Asociación Nueva Antropología A.C. Distrito Federal, México.
- Cari Condo, J. 2015. Identificación y caracterización de los cambios introducidos en la construcción del Sistema de riego por aspersión KoariBajo. Reporte de investigación. Proyecto Cuenca Pedagógica Pucara. Cochabamba, Bol. 48 p.
- Cruz, R. 2009. Valoración de los recursos hídricos del municipio de Tiraque estudio hidrológico de la micro-región Tiraque Valle, Informe final, Proyecto COAGUA: Compitiendo por el agua: entendiendo el conflicto y la cooperación en la gobernanza local del agua, Cochabamba, Bolivia, 68 p.
- Cruz, R. 2010. Características climáticas de la cuenca hidrosocial Pucara. Reporte preliminar. Proyecto GIRH. Cochabamba, Bol. 14 p.
- Delgadillo, O, 2004 Aproximación a las prácticas campesinas de manejo de suelo y agua, con énfasis en los valles Alto y Central de Cochabamba. Centro AGUA, Cochabamba, 132 p.
- Delgadillo, O. 2003. Criterios de adopción y adaptación de tecnologías de riego por aspersión en sistemas de riego por gravedad manejado por agricultores. Tesis MSc. Universidad de Wageningen, Holanda. 96 p.
- Delgadillo, O.; Durán, A. 2009. Gestión multisectorial y los desafíos para la gestión campesina del agua. In: Jacobi, P.; De Almeida, P. (Ed.). 2009. Gobernanza del Agua y de las políticas públicas en Latinoamérica y Europa. Ed. Anablumme. GOVAGUA. Sao Paulo, Brasil. Volumen I. p.: 7-48 p.
- Delgadillo, O.; Durán, A. 2011. Informe académico final -Proyecto GIRH. Centro AGUA-UMSS. Cochabamba, Bolivia, 58 p.
- Delgadillo, O.; Jiménez, J. 2011. Aprendizajes de las experiencias de innovación tecnológica de riego por aspersión en zonas montañosas de Bolivia. II Reuniao Sulamericana para Manejo e sustentabilidade da irrigacao em Regioes Áridas e Semiáridas. Cruz das Almas, Bahia (3 al 7 de abril de 2011). 22 p.
- Delgadillo, O.; Lazarte, N. 2007. Gestión de los sistemas de aprovechamiento de agua en el municipio de Punata, Proyecto de Investigación: “Escenarios Futuros de uso de agua, como herramienta de planificación del aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos en Punata”. ASDI-DICyT. Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua. Cochabamba, Bolivia. 65 p.
- Delgadillo, O.; Lazarte, N. 2007b. Inventario de pozos perforados en el abanico de Punata, Proyecto de Investigación: “Escenarios Futuros de uso de agua, como herramienta de planificación del aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos en Punata”.

- ASDI-DICyT. Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua. Cochabamba, Bolivia. 8 p.
- Doorman, F. 1991. A framework for rapid Appraisal of factors that influence the adoption and impact of new agricultural technology. Society for applied Anthropology. p.: 235 – 244.
- Escobar, L. 2015. Análisis de los cambios introducidos en la construcción del sistema de riego por aspersión K'aspi Cancha como elementos para el reajuste de su funcionamiento y la distribución del agua. Reporte de investigación. Proyecto Cuenca Pedagógica Pucara. Cochabamba, Bol. 67 p.
- FAO. 2000. Irrigation in Latin America and the Caribbean in figures. FAO. Rome, Italy. p, 107.
- Gerbrandy, G.; Hoogendam, P. 1998. Aguas y acequias, Los derechos al agua y la gestión campesina de riego en los Andes Bolivianos. PEIRAV-PLURAL. Cochabamba, Bolivia. 397 p.
- Gobierno Municipal de Tiraque. Plan de Desarrollo Municipal de Tiraque (2009-2013). Fundación Agua Tierra Campesina ATICA. Tiraque, Cochabamba.
- Hidalgo, L. n.d. Evaluación del Riego parcelario (Aspersión) en parcelas de ladera en la comunidad de Ch'ullkumayu, Municipio de Tiraque. Tesis de grado aún no defendida. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, UMSS. Cochabamba, Bolivia.
- Hoogendam, P.; Ríos, C. 2008. Manual de Riego Tecnificado para los valles, Proyecto de Innovación Estratégica Nacional en Riego PIEN – Riego. Cochabamba, Bol. 170.
- INE. 2001. Censo Nacional de Población y Vivienda. Datos extraídos de la página web de Ine (www.ine.gob.bo).
- Jiménez, J. 2003. Eficiencia de riego por aspersión en condiciones de ladera en la parte baja de la microcuenca de “Mishkamayu” (Cochabamba). Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, UMSS. Cochabamba, Bolivia. 92 p.
- Jiménez, J. n.d. Evaluación del proceso de innovación tecnológica con riego por aspersión en la comunidad de Ch'ullku mayu (provincia Tiraque). Tesis de posgrado aún no defendida. UMSS, Escuela de Posgrado. Cochabamba, Bolivia.
- Keller, J.; Bliesner, R. 2000. Sprinkle and Trickle irrigation. Blackburn Press. New York. 652 p.
- López, V. 2017. Análisis de los cambios en la práctica de riego parcelario por la nueva tecnología de riego por aspersión en la comunidad de Koari Bajo – Tiraque. Tesis de grado. Cochabamba, Bol. 100 p.
- Mayta, A. 2012. Disponibilidad de agua subterránea. Programa SIDAGUA. Cochabamba, Bolivia. 41 p.
- Mayta, A.; Alfaro, V. 2009. Uso actual de tierra en la cuenca hidrográfica Pucara. Proyecto GIRH: Estrategias para la gestión integral de recursos hídricos en cuencas de Bolivia. Informe Técnico N° 2. Cochabamba, Bol. 28 p.
- Mejía, A. 1996. Riego por aspersión en laderas en la comunidad de Mishka Mayu (Cochabamba). 16 p.
- MMAyA-VRHR, 2012. Inventario nacional de sistemas de riego. PROAGRO-GIZ. La Paz, Bol. 38 p.

- Mollinga, P. 1998. On the waterfront: Water distribution, technology and agrarian change in a South Indian canal irrigation system. Wageningen. 299 p.
- Montaño, H. 2007. Diseño de un sistema de riego por aspersión presurizado por gravedad en la comunidad de Chullcu Mayu, Provincia Tiraque. Tesis de posgrado. UMSS, Escuela de Posgrado. Cochabamba, Bolivia. 121 p.
- Montes de Oca, I. 1992. Sistemas de riego y agricultura en Bolivia. Hisbol. MACA-CIIR. La Paz, Bol. 236 p.
- Rhoades, R. 1989. The role of farmers in the creation of agricultural technology. In: Farmer First: Farmer innovation and agricultural research. 1989. Edited by Robert Chambers, Arnold Pacey, and Lori Ann Thrupp. Intermediate Technology Publications. London, Great Britain. p. 3-9.
- Rocha, R.; Mayta, A. 2007. Dinámica del cambio del uso de tierra en Punata (1983-1996-2005) Proyecto de Investigación: “Escenarios Futuros de uso de agua, como herramienta de planificación del aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos en Punata”. ASDI-DICyT. Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua. Cochabamba, Bolivia. p. 41 p.
- Rodríguez, R. 2003. Estudio de los principales factores que influyeron en la innovación tecnológica del riego parcelario en la microcuenca de Mishkamayu (Provincias Carrasco y Tiraque – Cochabamba). Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, UMSS. Cochabamba, Bolivia. 76 p.
- Rogers, E.M. 1983. Diffusion of innovations. Third Ed. Collier Macmillan Publishers. London, GB. 453 p.
- Rojas, F. 2006. Caracterización global de la Hidrología con fines de determinar la oferta potencial de agua para el Abanico de Punata, (Capítulo 1 y 2). Centro Agua, LH, UMSS, Cochabamba, Bolivia.
- Tornatzky, L.; Fleischer, M. 1990. The processes of technological innovation. Ed. Lexington books. Massachusetts, USA. 290 p.
- Vázquez, S. 2007. Caracterización del uso del agua en el abanico de Punata. Tesis de grado. FCAYP-UMSS. Cochabamba, Bol. 143 p.
- Villaret, J. 1995. Conceptos sobre sistemas de producción. Sucre, Bol.