

Dep.

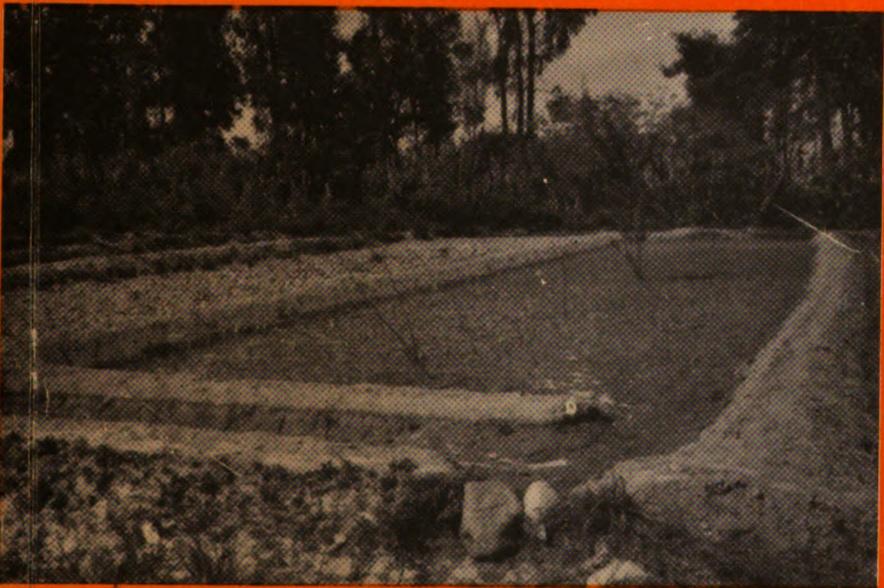
Biblioteca



DIRECCION REGIONAL PARA LA ZONA ANDINA

# Planteo Secuencial de la Operación de Riego para la Distribución, Entrega y Administración del Agua

J. A. LUGUE

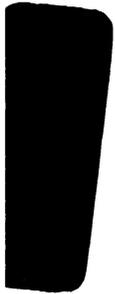


**Instructivo**  
**(Versión preliminar)**



L966p 1978

LIMA - PERU, 1975



PLU 30. 1. 1900

100  
100  
100

- PLANTEO SECUENCIAL DE LA OPERACION DE RIEGO -  
Distribución, Entrega y Administración  
del Agua

J. A. Luque

Versión preliminar

LIMA  
1975



### ACLARACION

El presente material de trabajo constituye una parte del Instructivo o Manual Operativo que se refiere al proceso secuencial de la Operación de Distritos y Sistemas de Riego.

Su objetivo es únicamente, actuar como guía y material de trabajo para la Operación en las conferencias y ejercicios relativos a este tema específico, la "Operación de Riego", materia que forma parte de los cursos y eventos que a distintos niveles se llevan a cabo en la Zona Andina.

Enfatizando sobre este aspecto básico de la tecnología del riego, cabe consignar que el presente material incluye un breve tratamiento de los procedimientos o métodos de entrega y el desarrollo, sucinto dada la índole de la publicación, de las tres etapas operacionales que se estima cubre la mayor parte del tema.

El Manual Operativo o Instructivo Integral que considera además requisitos previos a la Operación y trata con mayor detalle estos pasos o etapas, se encuentra en proceso de elaboración, testado y ajuste y su confección definitiva constituye una actividad programada dentro del Proyecto de Apoyo a organismos nacionales que forma parte del Programa de Desarrollo del Riego en la Zona Andina, en colaboración con la Dirección General de Aguas del Ministerio de Agricultura del Perú.

Jorge A. Luque

Lima, Febrero de 1975



- PLAN -

Metodología de base  
=====

- PLANTEO SECUENCIAL DE LA OPERACION DE RIEGO -

1. INTRODUCCION

1.1. Análisis de los Procedimientos o Métodos de Distribución de Agua

1.1.1. Distribución del agua por Demanda Libre.

1.1.2. Distribución volumétrica por turnado o "tandeo".

2. FASES OPERACIONALES

2.1. Introducción a la etapa Fase Operacional Primera

2.2. Introducción a la etapa Fase Operacional Segunda

2.3. Introducción a la etapa Fase Operacional Tercera

3. ANALISIS Y DESARROLLO DE LAS PAUTAS RELATIVAS A LA OPERACION

3.A. Desarrollo de la etapa operacional primera: Planteo de las Curvas de Demanda Hídricas

3.A.1. Definición y Caracterización de los Cultivos, grupo de cultivos y su relación con el Periodo de riego

3.A.2. Bases para el cálculo del Requerimiento hídrico de los cultivos

3.A.3. Los Indices volumétricos unitarios mensuales o Coeficientes de riego

3.A.4. Ajuste de las áreas cultivadas y regadas en la unidad bajo operación

3.A.5. Cálculo del requerimiento o volumen bruto unitario de consumo de la Cédula

3.A.6. Primer planteo del Balance

3.A.7. Cálculo y graficado de las Curvas de demanda globales



- 3.A.7.1. Cálculo volumétrico de la Demanda global
- 3.A.7.2. Análisis de los valores de Caudal continuo o gasto medio
- 3.A.7.3. Cálculo y análisis de los valores de Dotación o relación "caudal/superficie"
- 3.A.7.4. Graficación de las curvas de Demanda
- 3.B. Desarrollo de la etapa operacional segunda: Cuantificación de la Demanda a diferentes niveles y su diagramación
- 3.B.1.
- 3.B.1. Análisis del volumen correspondiente a cada parcela o propiedad
- 3.B.2. Procesado para la entrega y distribución volumétrica del agua por "tandeo" o turnado
- 3.B.2.1. Característica de los caudales de entrega y de manejo
- 3.B.2.2. Determinación del turnado base y tiempos de riego
- 3.B.2.3. Análisis del ordenamiento progresivo en los laterales con las superficies actualizadas bajo riego
- 3.B.2.4. Cálculo de los tiempos de riego para entrega volumétrica por turnado, a nivel predial o de regante
- 3.B.2.5. Diagramado para riego
- 3.B.2.6. Implementación de planillas de turno de riego a nivel de propiedad o regante
- 3.C. Desarrollo de la etapa operacional tercera: Administración y Control de la Entrega y Distribución a nivel de Regante
- 3.C.1. El Padrón de regantes y su actualización
- 3.C.2. El Balance de asignación y entregas a nivel mensual
- 3.C.3. Análisis del movimiento y control de las entregas



### III

3.C.3.1. Los Partes diarios de entrega

3.C.3.2. El control volumétrico de las Entregas

3.C.4. Aplicación y uso de las órdenes de riego

4. BIBLIOGRAFIA DE TRABAJO

4.1 Bibliografía

---

5. PLANTEO GRAFICO DE LOS PARAMETROS Y PAUTAS QUE INTERVIENEN  
EN EL PROCESO SECUENCIAL DE LA OPERACION DE RIEGO

5.1. Modelo para análisis, en Diagrama de Flujo



- PLANTEO SECUENCIAL DE LA OPERACION DE RIEGO -  
Distribución, Entrega y Administración del  
Agua

Jorge A. Luque

1. INTRODUCCION

Analizando en forma integral y a todos sus niveles el proceso conocido como "Operación de Distritos de Riego", se plantea de inmediato dos requisitos que pueden considerarse como básicos para una operación exitosa y continuada:

- a) la necesidad de contar con una serie de <sup>datos</sup> ~~datos~~ previos, pautas y parámetros, elementos necesarios al mecanismo de la operación misma.

Estos se refieren fundamentalmente a los recursos naturales (agua y suelo), a las explotaciones o cultivos, a la infraestructura y características de la red, del área y, a los recursos técnicos y humanos disponibles, entre otros.

- b) la conveniencia de proceder secuencialmente en forma ordenada para el logro de una operación optimizada o satisfactoria, según un planteo progresivo que considera una a una las variables del problema.

De acuerdo a dichas premisas, uno de los primeros aspectos que deben ser considerados y resueltos en consecuencia es el proceso normativo, implementado a sus diferentes niveles, comenzando por la cabecera del Distrito, sede del ente administrativo del área organizada bajo riego, hasta los sub-sectores y más aún, unidades básicas de riego donde actúan en forma directa los operadores, canaleros y distribuidores de agua.

Penetrando en profundidad en este mecanismo, en etapas posteriores, se llega a considerar la relación directa con el usuario a través del sistema de trasvasamiento de pau-

tas: "técnico-regante", parte de la tecnología que se define como "Operación a nivel de Parcela".

En este breve trabajo que involucra el planteo secuencial de la distribución, entrega y administración del agua caracterizada como "Operación técnica a nivel de Distrito", se asume que los requisitos previos al proceso operativo han sido complementados, es decir, que ya se conoce los parámetros de uso y de diseño que intervendrán en la operación. Es la secuencia lógica de trabajo.

Ello es así porque el estudio de estos antecedentes ha sido considerado en su oportunidad dentro del evento donde, el aspecto de la operación misma constituye sólo una parte del desarrollo del curso, si es que el mismo se encara con este espíritu de integración.

Como aclaración previa al planteo y análisis del uso del recurso, se hace necesario referirse a los dos procedimientos básicos para la distribución y entrega del agua que corrientemente se aplican, dentro de los varios sistemas posibles.

En los métodos o modalidades adoptadas por las diferentes áreas para la entrega del agua al regante, cabe destacar y diferenciar dos métodos básicos que se definen técnicamente como: a) entrega en demanda libre y, b) distribución o entrega por el sistema de tandeo o turnado progresivo permanente, en función del ordenamiento de las propiedades de la sección regada; ambos se cumplen con asignación volumétrica previa.

Esta diferencia de criterio y uso para el manejo del recurso, fundamenta las presentes consideraciones, expuestas a modo de:

### 1.1. Análisis de los Procedimientos o Métodos de distribución del agua

Cabe enfatizar en primer lugar que dentro de cualquiera de los procedimientos considerados para la entrega del agua a la unidad parcelaria, debe aceptarse la condición básica de que el monto o volumen que el agricultor-regante recibe en su propiedad, debe estar en relación, lo mas estrecha posible, con las necesidades previamente establecidas de sus explotaciones o cultivos, es decir, que en todos los casos la entrega es de por sí "volumétrica" y en función del área real de cultivo. Para que ello sea factible se considera y acepta:

- a) que se cuenta con un medio o elemento que permite valorar o medir el volumen de agua entregada. Puesto que este volumen es igual al producto de dos variables Caudal por Tiempo, lo más corriente en estos casos es que, conocido el caudal de entrega correspondiente al lateral en uso, se derive a la compuerta del regante dicho flujo por un determinado tiempo, pudiendo con - signar así finalmente en la planilla respectiva el pro ducto resultante:

$$\boxed{Q \text{ (m}^3\text{/s)} \times T \text{ (seg)} = V \text{ (m}^3\text{)}} \quad (1)$$

- b) que se conoce en función de cálculos previos, las necesidades de los cultivos a regar, a fin de establecer una demanda justa acorde con el sentido racional del uso del recurso.

Estas premisas deberán complementarse con el criterio general de que el técnico responsable o el regante, ya sea de por sí o aleccionado convenientemente por un eficiente servicio de acción extensiva, está en condiciones de conocer cuando el cultivo ha alcanzado el umbral crítico de humedad que define la necesidad de un nuevo riego; esto es de gran importancia en la entrega por demanda li-

bre, sobre todo.

De tal modo, ambos procedimientos responden en principio a las necesidades reales de las explotaciones; además el método de distribución por rotación continua o "tandeo", encuadra por la razón anterior, en el sistema de entrega volumétrica por turnado al considerar caudal en función de tiempo con la ventaja de las entregas periódicas y continuadas. Por ello se estima que este sistema constituye una de las expresiones más viables y racionales dentro de la metodología analizada.

Resumiendo los dos criterios o modalidades básicas, puede establecerse entonces los siguientes principios aplicativos:

1.1.1. Distribución del agua por demanda libre

Este método tiende a ser el más usado en aquellas áreas bajo riego donde la infraestructura de apoyo ha alcanzado un grado de desarrollo conveniente, es decir, donde se entrega con el volumen medido en todo momento y se posee, por ejemplo, un aforador cada cierto número de hectáreas (50, 80, 100, etc.); además todas las propiedades cuentan con una compuerta toma de manejo graduable, se conoce con bastante aproximación las pérdidas por conducción y distribución y, la densidad del distrito regado no ha alcanzado aún las características de "minifundio" o área densificada crítica.

Ambas condiciones favorables no están siempre presentes. Por otra parte, se insiste sobre los dos aspectos siguientes:

- a) que el agricultor, de por sí o convenientemente asesorado, sabe en qué momento efectuar determinado riego, el cual debe responder a las necesidades del cultivo y,
- b) que en la época de mayor demanda (mes pico) la acumulación de pedidos de entrega puede ser satisfecha en forma ordenada y correcta. Esto último suele resultar problemático y difícil de cumplir en áreas densificadas o, en aquellas zonas con gran subdivisión parcelaria, dado que resulta materialmente imposible entregar, controlar y aforar una gran cantidad de parcelas a la vez que no han sido ordenadas previamente para la entrega. No debe olvidarse que algunos distritos de riego, o, mejor dicho la mayoría de los distritos regados de cierta antigüedad y desarrollo, superan fácilmente los 300, 500 ó más regantes por dicha unidad de área los cuales, en los meses de verano y a partir de principio de la estación, tratarían de recibir el agua con mayor regularidad y frecuencia (6 a 9 días término medio por ejemplo) en razón de la alta evapotranspiración de los cultivos durante dicho período para las zonas templadas.

Desde luego no debe desconocerse que la aplicación del sistema de entrega de "demanda libre", fundado en la verdadera exigencia de los cultivos, se acerca mucho a la condición "ideal"; lo dificultoso es su aplicación efectiva en el medio rural pues, dentro de un segundo aspecto complementario, requiere una sólida infraestructura bien implementada. Mas adelante se considera el grupo de planillas de apoyo para operar con este sistema. No debe olvidarse por otra parte el objetivo primordial de este material de apoyo es hacer real el accionar operativo en la campaña, con el mayor sentido de aplicación.

#### 1.1.2. Distribución volumétrica por turnado o "tandeo"

Como ya se ha adelantado este procedimiento consiste, esencialmente, en entregar el agua de riego en forma ordenada y progresiva dentro de una sección determinada, avanzando lateral por lateral, rama por rama y acequia por acequia, estableciendo así determinado tiempo de entrega o "uso" del agua para cada compuerta de cabecera de parcela o propiedad, en función del tiempo de turno relacionado a su vez con el volumen de entrega por aplicación.

Este tiempo no es arbitrario sino que tiene como base el concepto de "tiempo unitario" calculado para

sección, en función de la superficie de la parcela. Usando el glosario de términos básicos para modelos operacionales, puede establecerse estas sencillas ecuaciones:

$$\boxed{\text{TUNIT} \times \text{SUPAR} = \text{TRIEGO}} \quad (2)$$

El tiempo unitario de riego (TUNIT) surge de:

$$\boxed{\text{TUNIT} = \frac{\text{TTURN} - \text{TDEM}}{\text{ASEC}} = \text{min/ha.}} \quad (3)$$

- TUNIT:** Tiempo unitario de riego o tiempo de riego correspondiente a la unidad de área (corresponde a tiempo/hectárea).
- SUPAR:** Superficie de la parcela, predio o propiedad a regar.
- TRIEGO:** Tiempo de riego correspondiente a la parcela o propiedad regada, para ese período o ciclo.
- TTURN:** Tiempo de turnado total base proveniente del intervalo de riego asumido (días, horas y minutos).
- TDEM:** Tiempo de demoras calculado en razón del avance progresivo del agua en la red (demora inicial mas demora intermedia expresada en minutos).
- ASEC:** Area de la sección regada (sub-sector y/o sección de riego).

Cabe enfatizar que el tiempo de turnado no se elige de modo ocasional, ya que proviene del intervalo de riego, calculado primero y ajustado después con el procedimiento definido como "análisis de la lámina y cálculo del intervalo de Riego" planillado.

Las determinantes básicas para dicho cálculo son, entre otras: grupo de suelo a los fines de riego, profundidad de mojado, porcentaje de aprovechamiento de la capacidad de almacenamiento de humedad útil para el cultivo (lámina neta real), evapotranspiración del cultivo en mm/día o consumo diario de lámina, y, eficiencia de aplicación o manejo.

Dado que a cada sección corresponde un determinado caudal de entrega ( $Q_i$ ) el que a su vez está influido por la "dotación" en el momento de aplicarse el riego, la resultante de esta combinación de tiempo de riego controlable por caudal de entrega a modo de "mano de agua" dada (QIENTR) da como resultado el volumen adecuado para cada aplicación o riego, puesto que, según la ecuación (1) vista con anterioridad:

$$\text{Tiempo} = \text{TUNIT (min/Ha)} \times 60 \text{ (Fac.sec.)} \quad (5)$$

y

$$\text{Caudal} = \text{QIENTR (lit/seg)} \quad (6)$$

entonces:

$$\frac{\text{TUNIT (min/Ha)} \times 60 \text{ (fac.Seg)} \times \text{QIENTR (lit/seg)}}{1000 \text{ (factor a m}^3\text{)}} = \text{m}^3/\text{ha} \quad (7)$$

donde:

QIENTR = caudal de entrega o entrada en toma de unidad agraria, predio o propiedad.

Esta cuota así lograda corresponde entonces al volumen por aplicación o entrega, en razón del tiempo asignado a la unidad de área primero y a la propiedad después. Todo este aspecto se desarrolla en su oportunidad más adelante. Aquí sólo se fija el concepto, que constituye el punto de partida, lo que se sugiere que quede bien aclarado.

Dentro de este breve comentario, queda definido asimismo cada uno de los tiempos relacionados con los diferentes niveles: el tiempo/hectárea (TUNIT), el tiempo de riego correspondiente a cada propiedad (TRIEGO) y finalmente, el tiempo real disponible de la sección regada que encuadra con el tiempo neto de turno (KRIEGO) y que es igual a:

$$\text{KRIEGO} = \text{TTURN} - \text{TDEM}$$

Recuérdese que estamos usando la simbología corriente de aplicación en los modelos de riego. Se insiste en este lenguaje por las proyecciones futuras que se derivan de estos razonamientos.

Es recomendable al efecto, establecer una denominación y simbología lo más uniforme posible, a modo de glosario básico cuyo propósito es que responda a las exigencias modernas que plantea la actual técnica computacional que, cada vez en mayor medida, interviene en el procesado de las variables y, poco a poco, se va a ir introduciendo dentro de la presente tecnología mediante los modelos operacionales.

Para completar estos conceptos y sin pretender influir en forma definida sobre la adopción del sistema de "turnado o tandeo" cabe consignar que los problemas de sub-división extrema o minifundio, bastante usuales por cierto en las áreas regadas, encuentran una solución más viable en este procedimiento de entrega.

Esto es así porque el conocimiento anticipado de los tiempos de entrega permite establecer en forma previa un tiempo mínimo para las parcelas menores (TMIN), compatible con el proceso de la operación. La mayor viabilidad en las soluciones es lo que permite recomendar prioritariamente este sistema de entrega.

Es así que este procedimiento de entrega del agua por "tandeo" o turnado, está fuertemente aplicado en varias zonas de riego americanas, especialmente en la Argentina, y, una vez que se establece la unidad o sección de riego más adecuada para el turno, el sistema funciona sin problemas, para cualquier área de

Distrito. A lo que debe prestarse atención preferente es al hecho de que la superficie de dicha sección-unidad encuadre den - tro de límites lógicos o compatibles para que todo el distrito funcione en un mismo momento turnando sus secciones en forma paralela y conjunta fluyendo así el agua continuamente a través de todas las ramas, con el caudal de entrega sub-dividido convenientemente. En las colonias modernas, planificar y subdividir según áreas semejantes las unidades y predios a regar, facilita mucho la operación de cada sección.

Puesto que se está considerando los requisitos básicos que hacen a este sistema de distribución, cabe consignar que aquí también debe cumplirse el postulado relativo al caudal de entrega a sección y a propiedad o al caudal denominado de distribu - ción (QIENTR) el cual deberá ser mayor o, en último término, igual que el caudal de manejo (QIMAN), recomendado para su empleo por el regante, dentro de la propiedad.

Se cumple entonces que:

$$\boxed{\text{QIENTR} \geq \text{QIMAN}} \quad (9)$$

Volvemos a enfatizar sobre el hecho de que el agua corre continuamente por los elementos mayores de la red y, recién entra en turnado, en cada cabecera de sección-unidad de riego, a través del lateral de segundo orden o la rama lateral de tercer orden que la alimenta.

Dicho mecanismo se visualiza mejor mediante un gráfico como se muestra en la Figura o Cuadro No. 1.

## 2. FASES OPERACIONALES

La aplicación de uno u otro procedimiento dentro del proceso corriente de la Operación de Riego, así como otros as-

pectos de su desarrollo, requieren la implementación de un paquete de diferentes elementos de trabajo constituidos por planillas o cuadros de apoyo, que se diligencian o resuelven partiendo de un conjunto de requisitos previos, comunes.

La técnica para su desarrollo e implementación se irá considerando paulatinamente en este material a modo de instructivo, a medida que se avanza progresivamente en el detalle del procedimiento operacional.

A fin de ordenar secuencialmente entonces el desarrollo progresivo de la operación que se menciona en el párrafo anterior, se estima conveniente dividir este proceso dinámico en tres etapas o partes diferenciadas que pueden definirse como:

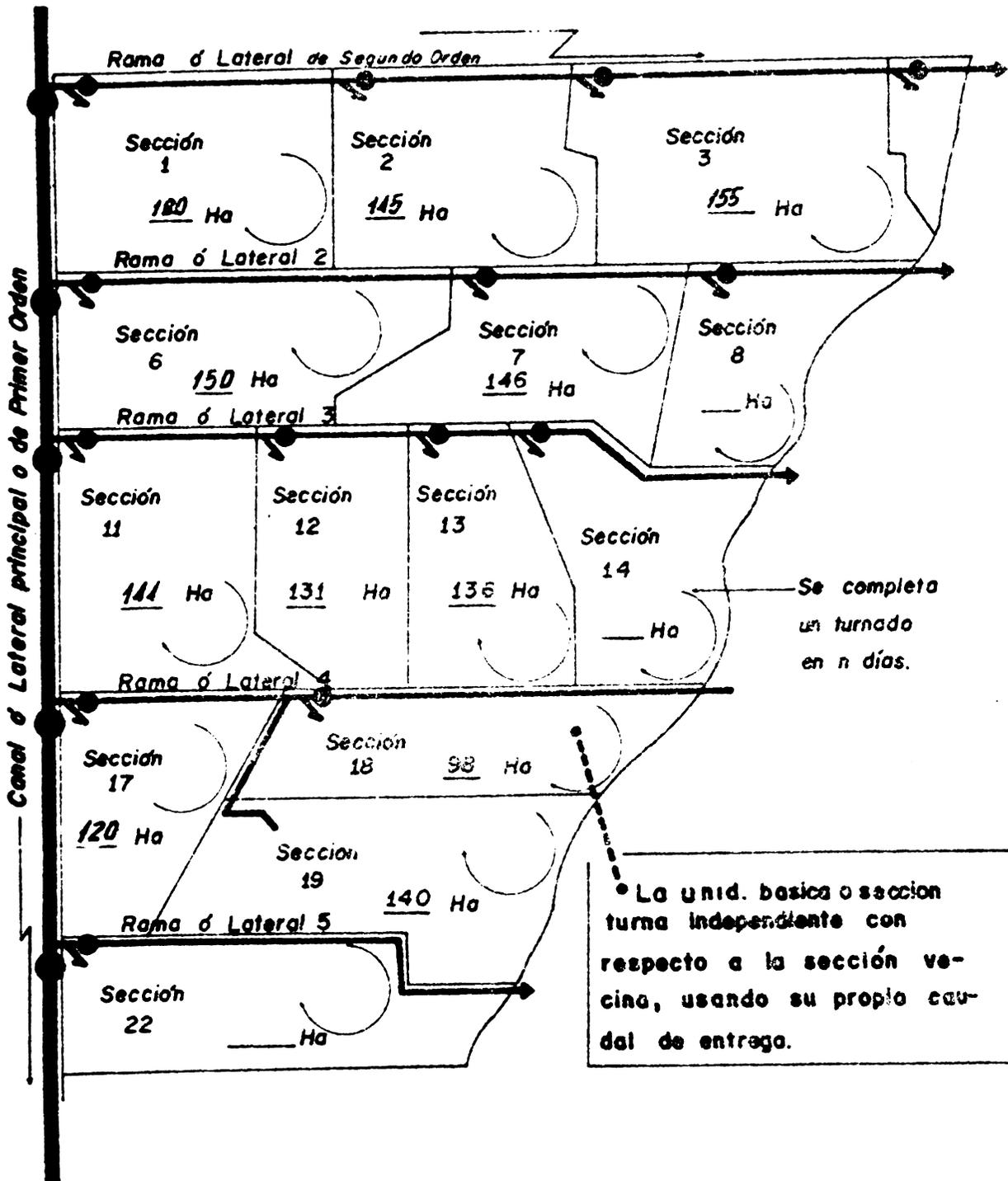
2.1. Fase o Etapa Operacional Primera: planteo de las Curvas de Demanda básicas.

Incluye el análisis y procesado de los elementos y antecedentes vinculados fundamentalmente con el aspecto de las Explotaciones o Cultivos y su Consumo de agua, hasta completar la confección de las respectivas Curvas de Demanda hídrica global, a nivel de sección por ejemplo en cuanto hace a área y en lateral de Segundo Orden en lo relacionado con la red. Se asegura así la entrega del agua al grupo de propiedades que sirve este lateral al actuar como Toma de la unidad operativa o en la "Sección-unidad de riego". En otros casos, la cuantificación se cumple sólo a nivel de Sector de riego y aún, de Distrito, cuando estos últimos tienen poca extensión.

2.2. Etapa Operacional Segunda: Cuantificación de la demanda a diferentes niveles - Diagramado para la Entrega

# APLICACION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION POR TURNOS EN UN DISTRITO DE RIEGO

*Rotacion continua con entrega turnada*





Avanzando más allá del objetivo alcanzado en la primera etapa a nivel de sección o de lateral, se procede a ratificar las demandas globales, usando los consumos unitarios de los coeficientes volumétricos de riego pero cuantificando lo que ello representa en demanda. desde el predio, es decir, volumen bruto calculado con la incidencia de las eficiencias a partir de la unidad, predio o parcela e integrando luego progresivamente, es decir, avanzando como cultivo, parcela, colonia o cooperativa y sección-unidad.

En esta fase se define tanto el consumo predial como así también el de cada sección o unidad técnico-operacional de riego. De lo anterior se desprende que:

- i) Es viable, conociendo la cédula de cultivos definitiva para el área y sus superficies parciales, lograr las curvas de demanda a nivel de sector por ejemplo, sin calcular y planificar previamente los consumos unitarios que corresponden a cada propiedad o parcela, ya que se ha tomado áreas conjuntas o grupo de ellas según las estadísticas globales consistentes que se posee en la Administración de riego a nivel de: distrito-sub-distrito-sector-sub-sector-colonia o cooperativa de riego; ello está de acuerdo a las denominaciones adoptadas y al grado de profundidad en el procesado estadístico. En gran medida, estos datos son privativos de la Dirección de Planes de Cultivo y Riego.

Hasta este nivel se trabaja en muchos distritos regados, entregando el agua en toma de sector o de lateral por ejemplo y dejando librado a los agricultores o sus organizaciones representativas (Junta o comisión de Regantes) definir el uso que cada cual hará del recurso que se recibe, el cual generalmente se turna para su distribución por parte del mismo regante.

- ii) Dado que el sistema de operación anterior no resuelve aspectos vitales de la distribución, como son el ajuste y control de la relación: consumo calculado/volumen entregado, se considera que el organismo que administra y distribuye el agua debe ir más allá de la unidad general y definir en forma precisa, en función de tiempo y de volumen, el agua que corresponde a cada lateral, a cada grupo de propiedades y finalmente a cada predio o parcela.

En este último caso, también se llega por agrupación y sumatoria a la curva de demanda de la sección-unidad por ejemplo, pero partiendo de la unidad menor (predio o parcela) cuyo consumo o necesidad de agua para el período queda así

perfectamente consignado (procedimiento centrífugo). La base de ello ha sido la aplicación del coeficiente unitario volumétrico de riego a los cultivos regados en cada predio.

Por otra parte, este último procedimiento es de aplicación forzosa en la mayoría de los casos en que los padrones de uso del agua no se encuentran actualizados y hay que recalcular todo el consumo, desde el predio o parcela, hasta el distrito, revisando y ajustando superficies de cultivo lo que debe hacerse tomando en cuenta predio por predio, en razón de que la superficie asignada, cultivada y regada para el ejercicio, año o período agrícola, cambia de acuerdo al plan de siembras de cada agricultor-regante, plan que a su vez debe ser analizado y, en última instancia, ratificado ya sea por la Administración Técnica de riego, oficinas locales de la Zona Agraria o, el Plan de Cultivo y Riego, ente de contralor para las siembras y cultivos.

Esta ratificación con tendencia al ajuste o limitación de áreas, se lleva a cabo en función de las masas de agua calculadas como disponibles tanto para el área considerada como así también para el ejercicio o período agrícola. La experiencia muestra que en la mayoría de los distritos regados, el agua obra como factor limitante.

En cierta medida, esta técnica de ajuste progresivo (a veces es necesario hacerlo repetidas veces en el periodo) se convierte en un proceso de "retroalimentación" que modifica los parámetros relativos a "grupos de cultivos", "porcentual de cultivos", "requerimiento volumétrico a diferentes niveles". Esta situación aparece muy clara en los modelos y diagramas de flujo básicos que se confeccionan en torno a la Operación.

En esta etapa se lleva a cabo asimismo el diagramado general por unidades de volumen, tiempo y avance en la red para la entrega a las distintas unidades ubicadas en el área donde se ha de operar.

Este planteo es el que usualmente cumple el equipo o la Jefatura de Operación de cada "macro-unidad" o Distrito de Riego actuando, como y así ha indicado, en forma progresiva, hasta dejar perfectamente establecida la demanda de cada una de las Secciones caracterizadas como unidades básicas de operación.

Se tiene así conocimiento de la exigencia hídrica de los cultivos, de las superficies regadas a todos los niveles, conformando la relación "área-volumen" de acuerdo a las exigencias del manejo y la distribución.

En lo que hace al cálculo de las Curvas de demanda hídrica, es interesante consignar que las mismas pueden producirse, dentro de un proceso secuencial perfectamente definido, a través de dos flujos: a) el que corresponde a las características del distrito y su división progresiva en sub-distrito-sector-sub-sector-sección de riego-colonia o cooperativa; b) en razón de la infraestructura de servicio y su apoyo físico para la entrega, es decir, la ubicación y número de las compuertas tomas.

Aquí la secuencia puede ser como sigue: canal matriz - canal principal - canal de conducción a área - lateral de primer orden - lateral de segundo orden - (rama) - lateral de tercer orden, etc.

Se ha considerado todos estos elementos en forma centrípeta, es decir, de mayor a menor. Desde luego, es sólo uno de los criterios que puede adoptarse ya que la decisión en este punto la tomará el Administrador o Intendente de riego en virtud de las características del área, los cultivos y el tipo de infraestructura con que cuenta para la distribución del agua.

### 2.3. Fase Operacional Tercera: Balance y Administración del recurso

Esta última parte de la Operación considera esencialmente los elementos de apoyo analíticos y gráficos mínimos necesarios para el balance y control: el grupo de Planillas y Cuadros de asignación y entrega, elementos de análisis, etc. que se recomienda sean implementados y procesados en forma permanente por las autoridades de riego; es decir, la Administración Técnica y sus oficinas o secciones de apoyo.

Se trata del conjunto de cuadros y elementos a considerar, los que no obstante son suficientes para una operación continua. Constituye el apoyo final a todo lo anterior y fundamentalmente como ya se consignara, cumple funciones de balance o técnica contable del recurso.

Como es lógico, este grupo básico de elementos es susceptible de ampliación, mejoramiento, etc. según lo estime conveniente las autoridades en riego, pero cabe hacer presente que, con un juego de planillas básicas de este tipo, ya es dable "manejar" el recurso a nivel de administración y llevar el balance de demandas y entregas de agua, por predio o regante, en forma satisfactoria.

### 3. DESARROLLO DE LAS PAUTAS RELATIVAS A LA OPERACIÓN

De acuerdo al ordenamiento establecido en tres grandes fases, cabe considerar en primer lugar:

#### 3.A. Desarrollo de la Etapa Operacional Primera: Planteo de las Curvas de Demanda básicas

En función de los elementos y parámetros que conforman el conjunto de requisitos previos al proceso de la operación misma, contamos con datos relativos a los recursos naturales agua y suelo, a los cultivos explotados, a la infraestructura de servicio, etc.

Considerados estos elementos en un proceso secuencial lógico, el análisis se inicia a partir de un recurso natural por ejemplo, para continuar con cultivos o explotaciones aplicadas al mismo, recurso agua como disponibilidad y, finalmente, incidencia de modalidades y sistemas.

No obstante, resulta más expeditivo o directo para el operador en esta síntesis, iniciar el desarrollo de la primera fase operativa partiendo de las explotaciones presentes para luego establecer su necesidad hídrica, cuantificando así por proyección sobre las diferentes unidades de riego la demanda. Sobre ésta se hará incidir las eficiencias, la influencia del suelo, con relación a los intervalos de aplicación, llegando finalmente a la adopción de una modalidad de entrega y procediéndose al diagramado con fines operativos definidos.

Este segundo criterio más práctico se adopta

aquí en el accionar operativo, considerando el siguiente aspecto como punto de partida:

3.A.1. Definición y caracterización de los Cultivos, Grupo de cultivos y su relación con el período o tiempo

Cabe reiterar que, aunque existe muchas variantes en cuanto hace a la planilla o cuadro de presentación analítica y gráfica a confeccionarse en cada caso, se ha adoptado en este Instructivo y con relación a toda la secuencia, lo que se ha considerado más sencillo de interpretar, con un contenido suficiente como para hacerlo aplicable en operación.

Ello no invalida la circunstancia de que, si el operador se siente inclinado a presentar los cuadros de apoyo en forma diferente o con un número de columnas que implica mayor abundancia en datos, puede hacerlo si es que ello facilita el logro del objetivo final: contar con una cifra o dato consistente que sea de inmediata aplicación en el proceso operacional que se desarrolla.

Hecha la salvedad anterior, se pasa a considerar los elementos de apoyo para cumplir esta fase del cálculo de demanda global o básica.

Partiendo del parámetro o línea "Cultivos", se recomienda:

- i) Proceder a confeccionar un Listado de los Cultivos a modo de cédula básica (aún no porcentualizada) donde se considera todos los cultivos presentes y/o a regar, según se muestra en el Cuadro No. 2, adjunto.

Como es usual generalizar en cuanto hace a las explotaciones y colocar por ejemplo "Hortalizas" de

ciclo corto , es recomendable completar el listado anterior con un detalle de la Agrupación de los cultivos con fines riego , según se muestra en la planilla complementaria del Cuadro 2, que también se agrega adjunto.

Por su sencillez, dichos elementos de apoyo no necesitan explicación complementaria.

- ii) Seguidamente y a fin de darle consistencia al concepto de Cédula de cultivos, se procede a fijar la superficie cultivada o sembrada y el porcentual correspondiente a cada cultivo, con relación al área global de trabajo, pudiendo adoptarse para tal propósito el Cuadro N° 3 que se agrega cuyo detalle puede considerarse ya ajustado si se trata de superficies dadas como definitivas.

Como en esta primera etapa se establece la demanda en función básica (global), la unidad a considerar será en este caso, partiendo de mayor a menor y dentro de un concepto 'centripeto', el Distrito en primer lugar, luego el sub-distrito, etc. hasta concluir como corrientemente ocurre, con el Sector de riego o la unidad de base.

Ello es así en primera instancia porque muchas administraciones de agua inician el proceso operacional dentro de este concepto de 'primera aproximación al consumo o demanda. Se establece entonces una curva de demanda básica hasta nivel de sector a modo de unidad de área, que en gran medida coincide con la infraestructura en el lateral de primer o segundo orden desde allí se entrega el agua al regante en forma continua, dejando librado la usuario las etapas posteriores de 'volumen/predio', caudal/tiempo, 'turno de riego' etc.

Si la unidad de Operación Junta o Comisión de Regantes está suficientemente implementada (tanto en recursos humanos como técnicos) como para continuar de por sí el proceso de distribución del agua al predio, la entrega del agua hasta este nivel será sumamente sencilla por parte del Jefe de Sector, ya que su cometido se limita a establecer en toma de lateral que sirva al sector (o sub-sector) el caudal de paso continuo (QIENTR) fundamentalmente, el cual corresponde cualitativamente a la superficie servida.

A este nivel, la curva de demanda refleja el consumo del área respectiva bajo estudio o demanda global de agua de la unidad de base considerada.

Para cumplir con este propósito, se proseguirá entonces el procesado relativo a la fase A. el cual se completa con los pasos siguientes, en lo que hace a las explotaciones.

- iii) Caracterizar y ubicar los cultivos con relación al periodo de riego.

Para tal propósito se recomienda apelar al apoyo gráfico, logrado a través de un diagrama de situación como el que se sugiere en el Cuadro N° 4 que fija la incidencia mensual de los cultivos, a modo de ejemplo.

LISTADO O CREDULA DE CULTIVOS

Cuadro No 2

Distrito \_\_\_\_\_

Sub-distrito \_\_\_\_\_

Sector \_\_\_\_\_

Sub-sector \_\_\_\_\_

Período, año \_\_\_\_\_

C U L T I V O	CICLO ASUMIDO días	OBSERVACIONES
1. Frutales de Hojas Caducas	180-270	El período y meses de riego debe ajustarse con la encuesta y observaciones regionales.
2. Frutales de Hojas Perennes	210-300	
3. Plátano	Todo el año	
4. Vid	150-180	
5. Alfalfa	Todo el año	
6. Pasturas regadas	Todo el año	
7. Sorgo Forrajero	130-160	
8. Caña de Azúcar	270-360	
9. Algodón	180-270	
10. Arroz	150-180	
11. Maíz (Grano)	120-150	
12. Maíz (Chala-Choclo)	90-120	
13. Sorgo (Grano)	120-150	
14. Papa	140-160	
15. Camote	120-150	
16. Yuca	210-270	
17. Hortalizas mayores	120-180	
18. Hortalizas menores	30-120	
19. Legumbres y Menestras	120-150	
20. Trigo y otros Cereales	120-150	
21. Cucurbitáceas	120-150	
22. Tabaco	140-160	
23. Flores	Todo el año	
24. Forestales	Todo el año	

**NOTA:** El ciclo asumido se interpreta a los efectos de su relación con el riego.



AGRUPACION DE LOS CULTIVOS CON FINES DE RIEGO

Planilla complementaria del  
CUADRO Nº 2

GRUPO	CULTIVO
Forestales	Eucalipto Vivero Forestal Alamo, otros
Frutales de hojas Caducas	Manzano Peral Membrillero Duraznero Ciruelo
Frutales de hojas Perennes	Cítricos Tropicales Olivo, otros
Pasturas bajo riego	Gramalote Crotalaria Sudón Pangola, etc.
Hortalizas generalmente con más de 4 meses de período vegetativo.	Tomate Pimiento Maíz según variedad Ajo Cebolla (bulbo) Coliflor Repollo
Hortalizas menores (hasta 4 meses de período vege- tativo).	Ají Poro (puerro) Beterraga (remolacha) Zanahoria Maíz según variedad Apio Nabo Perejil Lechuga Vainita (chaucha) Cebolla de hoja Rabanito



Hoja No 2

Continuación Cuadro Agrupación de Cultivos

GRUPO	CULTIVO
Legumbres y Menestras	Frijol Arveja Arvejón Fallar Haba Lentejas Loctao Moquegua (poroto) Chileno (poroto) Garbanzo
Cucurbitáceas	Sandía Melón Zapallo, etc.
Cereales	Trigo Cebada Centeno







Las explotaciones pueden ordenarse prioritariamente por grado de importancia dentro del distrito o, sino, por orden alfabético. Por lo común se asume el primer criterio.

Esta gráfica es de valor al ir considerando la demanda mes por mes, ya que nos permite establecer "a priori" qué cultivos deben ser tenidos en cuenta para el cálculo de la demanda; para seguir el ejemplo que se adjunta, si tomamos en cuenta el mes de setiembre, pongamos por caso, deberemos considerar la demanda en el área de riego para la Alfalfa en sus diferentes tipos, la Vid, las Explotaciones hortícolas (aclarar en los grupos de cultivos), los Cereales y las Pasturas regadas.

Hasta qué grado puede ajustarse la Cédula de cultivos con relación al área, depende de varios factores, tales como:

- a) Epoca en que se plantean las curvas de demanda globales anticipadas. Corrientemente, las mismas se llevan a cabo entre los meses de abril a junio (luego del gran período de cosechas del verano) y la consistencia de los datos relativos a superficie cultivada y regada en el sector o en el distrito, dependerá de la prontitud con que los productores han diligenciado la tramitación relativa a la presentación de planes de cultivo.
- b) Infraestructura estadística dentro de la Administración de Riego (corrientemente Oficina de Estadística y Padrones) que mantiene "al día" los datos del área cultivada y regada. Aunque esta operación es sencilla en los distritos donde predomina el cultivo permanente (frutales, vid, etc.) se hace compleja en aquellas zonas donde las explotaciones anuales son prioritarias y además, debe considerarse el establecimiento porcentual básico de los "cultivos de pan llevar". Ello hace fluctuar año a año y aún mes a mes la superficie destinada a determinadas explotaciones y se requiere una gran experiencia en la zona para ajustarse lo más posible a situaciones reales.

Un caso concreto se produce por ejemplo con el cultivo del maíz, que es usual sembrar en forma que se denomina "continua" pero que, no obstante, debe ajustarse a un cierto calendario lógico ya que, al entrar en explotación cada vez cierta superficie de maíz dentro del total cultivado con dicha especie, varía el requerimiento/área. Ello se complica más si, al mismo tiempo, concluye el ciclo de otro parcial o superficie sembrada con anterioridad y que en ese mes, es susceptible de cosecha. Esto incidirá directamente sobre el rol de entregas en función de tiempo.

Con idea de normalizar en este aspecto, se ha considerado por ejemplo para una región ejemplo, el siguiente Calendario para el Cultivo del Maíz:

MAIZ (Grano):

Primera siembra: mes de Enero.  
Segunda siembra: mes de Marzo.  
Tercera siembra: mes de Junio.  
Cuarta siembra: mes de Agosto.

El ciclo o período básico a los fines del riego, es de 120 a 140 días.

MAIZ (Chala-choclo):

Primera siembra: mes de Abril.  
Segunda siembra: mes de Agosto.  
Tercera siembra: mes de Diciembre.

El ciclo o período básico a los fines de riego varía en función del propósito, pero puede encuadrarse, previa declaración de los productores, entre 100 a 150 días.

Para los modelos operacionales, esta circunstancia debe tenerse en cuenta estableciendo dentro del detalle de los cultivos (1,n) la diferenciación como por ejemplo: MAIZG1, MAIZG2, etc. para el destinado a grano y MAIZH1, MAIZH2, etc. para el que se aplica a chala y/o choclo. Cuando se trata de cultivos de nombre largo, cabe recordar la conveniencia de trabajar con un máximo de seis caracteres a los efectos de la compilación y demás. Ejem: en Hortalizas Myores, HORMA1, HORMA2, etc. y en las de menor ciclo, HORMI1, HORMI2, etc.

3.A.2. Cálculo del requerimiento hídrico en los cultivos, como base para el logro de los coeficientes volumétricos de riego

Caracterizados los cultivos o explotaciones, se define su requerimiento hídrico en función de la metodología existente o recomendada al efecto.

De acuerdo a los elementos aportados con anterioridad al proceso de la operación misma y según Instructivo que obra también como material de trabajo, se procede al cálculo del Uso consuntivo y Lámina neta de reposición, expresada luego en volumen, incrementada por la eficiencia de aplicación y llevada finalmente a índice o coeficiente, según una metodología ya establecida.

( PLANILLA EJEMPLO )

# SITUACION DE LOS CULTIVOS DENTRO DEL PERIODO ANUAL Y DE RIEGO

DISTRITO: \_\_\_\_\_

SUB-DISTRITO: \_\_\_\_\_

SECTOR: \_\_\_\_\_

AÑO: \_\_\_\_\_

CUADRO N°: 4

CULTIVOS	M E S E S											
	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.
<i>Alfalfa, Tipo Nueva</i>												
<i>Alfalfa, Tipo Semilla</i>												
<i>Alfalfa, Tipo Pasturas</i>												
<i>Vid. (Uva de Mesa)</i>												
<i>Frutales, de Pepino</i>												
<i>Frutales, de Manar Ulsenala</i>												
<i>Tomate</i>												
<i>Pimiento</i>												
<i>Exp. Hortícolas</i>												
<i>Melz y Sorgos</i>												
<i>Cereales</i>												



(ver bibliografía).

Recuérdese que, para el área, se preconiza el empleo de tres procedimientos básicos para el Cálculo de Uso consuntivo o necesidades de riego en los cultivos; en el instructivo a que se ha hecho mención de esta misma serie del IICA, se ha incluido las tablas y cuadros de apoyo necesarios para desarrollar fundamentalmente dos de ellos: el de Blaney y Criddle ajustado y, el de Christiansen (Utah, Harg.).

En consecuencia, el operador puede recurrir a dicha bibliografía para completar esta parte de la fase primera.

Tan sólo a título ilustrativo, se acompaña una copia de la planilla de trabajo que es de uso corriente en el procedimiento más extendido: el de Blaney y Criddle ajustado. La misma se incluye en el Cuadro No. 5.

Su llenado escapa a los objetivos de este manual operativo, pero interesa consignar que, en este caso, se arriba en la columna 9 al valor de "Lámina neta o de reposición", expresada en mm. valor, que surge como consecuencia de restarle al uso consuntivo real, la precipitación efectiva del área bajo estudio, en caso de que la misma obre como variable. Se enfatiza sobre este particular porque en el procedimiento de Christiansen (Utah), la tabla de uso corriente entrega el dato como uso consuntivo mensual y, en consecuencia, hay que tenerlo en cuenta.

Para el caso particular de los Distritos de la Costa del Perú, esta diferencia no obstante queda prácticamente anulada si se recuerda que la precipitación efectiva de esta región, es por lo común inferior a los 50 mm. anuales y, difícilmente se presenta un mes donde deba cumplirse un descuento de lámina; se

reitera no obstante que logrados los valores del U.C. del cultivo por el procedimiento Christiansen conviene "chequear" o verificar si en algún mes, hay descuento de lámina por precipitación efectiva.

Tanto en uno como en otro procedimiento, si no se efectúan deducciones en este sentido, el U.C. mensual del cultivo así como la lámina de reposición son iguales. Debe entenderse este concepto como "lámina neta a nivel de parcela", ya que hasta ahora, dentro del procedimiento no se ha hecho intervenir ninguna de las eficiencias que inciden incrementando esta lámina neta; ello se considerará en el siguiente paso, al caracterizar los consumos volumétricos mensuales.

### 3.A.3. Indices volumétricos unitarios mensuales o coeficientes de riego.

Dado que el término "coeficientes de riego" tiende a generalizarse entre los operadores y programadores vinculados a la agricultura de regadío, se ha considerado oportuno mantener dicha denominación básica, pero adicionándole los términos "coeficientes volumétricos de riego mensuales" a fin de acercarlos más al valor que representa. No debe olvidarse que dentro de un concepto estricto, desde hace bastante tiempo se ha definido al verdadero coeficiente de riego como la relación "caudal/superficie", siendo su unidad en consecuencia: lt/seg. Ha.

En este caso y asimilando dicho término pero enfatizando el criterio volumétrico de representación, la unidad que se trata de representar con los coeficientes vo

# CALCULO DE USO CONSUNTIVO Y LAMINA NETA O REQUERIMIENTO DE RIEGO

Cuadro No 5

CULTIVO \_\_\_\_\_ DISTRITO \_\_\_\_\_ SECTOR \_\_\_\_\_  
 SUB-DISTRITO \_\_\_\_\_ SUB-SECTOR \_\_\_\_\_

MESES	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	$\frac{10 + K_1}{10 + 17.8}$ $\frac{10 + K_2}{21.6}$	INSOLACION O RESPL. SOLAR P.	F. = $\frac{10}{K} \times P.$ (U.C. Potencia) cm.	COEFICIENTE DE CULTIVO K	UC. CULTIVO Pue. x K x I mm.	PRECIPITACION EFECTIVA (O, J, P) mm.	LAMINA NETA O DE REPOSICION (U.C.-P) mm.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ENERO (1)								
FEBRERO (2)								
MARZO (3)								
ABRIL (4)								
MAYO (5)								
JUNIO (6)								
JULIO (7)								
AGOSTO (8)								
SEPTIEMBRE (9)								
OCTUBRE (10)								
NOVIEMBRE (11)								
DICIEMBRE (12)								
AÑO (T)								

PROCEDIMIENTO BLANEY Y CRIDDLE AJUSTADO



lumétricos mensuales es:  $m^3/Ha \times 10^{-3}$ , es decir, el consumo volumétrico mensual dividido mil, de modo tal que un coeficiente de 1,4 por ejemplo, represente  $1.400 m^3/Ha$  y, siendo mensuales, lógicamente por ese lapso.

De otro modo, es válido afirmar que el coeficiente es un volumen mensual en la unidad de área, expresado directamente en miles de metros cúbicos. Este concepto se ha considerado en el desarrollo de la planilla de procedimientos.

Para calcular el coeficiente o índice volumétrico cultivo por cultivo puede seguirse la metodología que se expresa en el Cuadro No. 6. Las columnas indican de por sí los elementos que intervienen para su llenado, pero no obstante se hará una breve síntesis de la metodología:

- i) En la columna 1, se consigna el mes analizado dentro del correspondiente periodo de riego, para el cultivo que se anota en la parte superior izquierda.
- ii) En la columna 2, se anota su requerimiento de lámina neta, expresado en mm y obtenido por uno de los métodos consignados en el punto 3.A.2.
- iii) En la columna 3, este valor se lleva a volumen ( $m^3/mes$ ) por unidad de área (Ha), para lo cual se multiplica el valor de la columna 2 por el factor 10.
- iv) En la cuarta columna, se coloca el volumen bruto o consumo de agua, por hectárea y por mes, para lo cual se ha incrementado el volumen neto anterior en función de la Eficiencia de aplicación o manejo.

$$VOL. BRUTO (m^3/Ha.mes) = VOL. NETO \times \frac{1}{Efic.}$$

A los efectos de la aplicación de esta simple ecuación, el valor de la Eficiencia es de tipo "unitario", no porcentual, es decir, que al consultar en una tabla de apoyo y establecer una eficiencia de 65% por ejemplo el valor de  $Efic=0,65$ .

El volumen así incrementado y conocido desde este momento como "volumen bruto a nivel de parcela", se anota en la columna 4.

El aspecto de la Eficiencia de aplicación y manejo, conocido también como de uso consuntivo en función de riego es de gran importancia y su desarrollo como tema, se ve, como capítulo aparte, donde se analiza los diversos criterios existentes.

No obstante, el operador o programador de riego puede tener dificultades para asumir una cifra a este respecto; con el propósito de facilitar esta toma de decisión, se agrega adjunto al presente Instructivo el Cuadro N° 7 que se refiere a Eficiencia de esta naturaleza en sistemas de riego por superficie, según Ames (Keller y Mc Culloch) y, el Cuadro No. 8 que considera esta misma eficiencia en sistemas de riego más avanzados.

La mayoría de los manuales de riego actuales incluyen planillas o cifras que se refieren a estas pérdidas, las que se producen en razón de la aplicación volumétrica sobre áreas extendidas o, en un sentido inverso, la eficiencia o grado de aprovechamiento del agua según sistema de riego adoptado, característica de suelo, cultivo, parcela y otros factores.

Se recomienda que, de ser viable, el operador debe aportar además un criterio propio sobre la base de los cuadros anteriores máxime si es que median antecedentes, experiencias, conocimientos de la zona, de los cultivos y las modalidades del uso

# INDICES VOLUMETRICOS UNITARIOS MENSUALES O REQUERIMIENTOS DE RIEGO A NIVEL DE PARCELA...

DISTRITO \_\_\_\_\_ SECTOR \_\_\_\_\_ AÑO O PERIODO \_\_\_\_\_

SUB DISTRITO \_\_\_\_\_ SUB SECTOR \_\_\_\_\_

CULTIVO \_\_\_\_\_

Cuadro N° 6

<b>MESES</b>	<b>REQUERIMIENTO NETO A NIVEL DE PARCELA</b>		<b>Consumo o Volumen bruto según eficiencia por sistemas de Riego considerados</b>	<b>Consumo o índices volumétricos de Riego. Coeficiente unitario de Riego</b>	
	Lámina m.m.	m <sup>3</sup> /mes	Para Ef. = _____ m <sup>3</sup> /Ha mes	En miles de m. <sup>3</sup>	En miles de m. <sup>3</sup> redondeado en 150 m <sup>3</sup>
<b>JULIO</b>					
<b>AGOSTO</b>					
<b>SETIEMBRE</b>					
<b>OCTUBRE</b>					
<b>NOVIEMBRE</b>					
<b>DICIEMBRE</b>					
<b>ENERO</b>					
<b>FEBRERO</b>					
<b>MARZO</b>					
<b>ABRIL</b>					
<b>MAYO</b>					
<b>JUNIO</b>					
<b>AÑO</b>					



**EFICIENCIAS DE APLICACION O MANEJO PARA SISTEMAS DE RIEGO**

**POR SUPERFICIE -**

**Manual ANES, Keller y Mc Colloch, 1962.**

CUADRO Nº 7

TEXTURA DEL SUELO Y TOPOGRAFIA.	SISTEMA DE RIEGO		
	MELGAS	SURCO O CORRUGACION.	MELGAS EN CONTORNO
1.- Arenoso	%	%	%
a) Bien nivelado	60	40 - 50	45
b) Nivelación insuficiente	40 - 50	35	30
c) Quebrado o pendiente	-	20 - 30	20
2.- Medio, profundo			
a) Bien nivelado	70 - 75	65	55
b) Nivelación insuficiente	50 - 60	55	45
c) Quebrado o pendiente	-	35	35
3.- Medio, poco profundo			
a) Bien nivelado	60	50	45
b) Nivelación insuficiente	40 - 50	35	35
c) Quebrado o pendiente	-	30	30
4.- Pesado			
a) Bien nivelado	60	65	50
b) Nivelación insuficiente	40 - 50	55	45
c) Quebrado o pendiente	-	35 - 45	30



**EFICIENCIAS DE APLICACION O MANEJO PARA SISTEMAS DE  
RIEGO POR ASPERSION Y NEBLASIZADO -**

**Manual ANES, Keller y Mc Calloch, 1962.**

**CUADRO N 8**

LAMINA DE AGUA APLICADA	EVAPOTRANSPIRACION MAXIMA EN MM/DIA		
	5 mm o menos	5-7,5 mm.	7,5 o más mm.
<u>mm.</u>	VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO 0-6,4 Km/h.		
25	68%	65%	62%
50	70%	68%	65%
100	75%	70%	68%
125	80%	75%	70%
	VELOCIDAD DEL VIENTO PROMEDIO 6,4-16 Km/h		
25	65%	62%	60%
50	68%	65%	62%
100	70%	68%	65%
125	75%	70%	68%
	VELOCIDAD DEL VIENTO PROMEDIO 16-24 Km/h		
25	62%	60%	58%
50	65%	62%	60%
100	68%	65%	62%
125	70%	68%	55%



del agua por parte del regante, etc.

v) Continuando, se observa que la quinta columna, tiende ya a expresar el volumen anterior en forma de "coeficiente" o índice, para lo cual, se divide el valor de la columna cuatro por 1000 (es decir, se aplica el factor  $10^{-3}$ ).

De tal modo, un consumo de  $1235 \text{ m}^3/\text{Ha.mes}$ , queda reducido a 1,235.

vi) Como esta expresión anterior tiende a usar índices que estarían compuestos por una cifra del tipo de "punto flotante" que tomaría hasta tres caracteres en algunos casos (el ej. anterior 1,235), se estima oportuno "truncar" dicho valor mediante el criterio de "redondear" cualquier cifra volumétrica de esta naturaleza o más o menos  $50 \text{ m}^3$ .

A los efectos del riego, este truncado no tiene ninguna influencia sobre el consumo, ya que no debe olvidarse que estamos "asumiendo enteros" al introducir un factor de eficiencia para pasar de consumo neto a volumen bruto.

En consecuencia, y continuando con el ejemplo anterior, el valor de 1,235 quedaría mejor expresado y con un sentido más real a los fines de su aplicación, como 1,25 (ya que 1,235 se acerca más al valor 1,250).

Algunos operadores van más allá en el truncado y consideran sólo los índices o coeficientes volumétricos mensuales, de 100 en 100 metros cúbicos, es decir, según escala: 1,00, 1,10, 1,20, etc.....

Creemos que es más recomendable, usar intervalos de 0,05, es decir, adoptar la escala de: 1,00, 1,10, 1,15, 1,20, 1,25, etc. con  $50 \text{ m}^3$  de diferencia mínima entre dos coefi-

cientes.

La cifra así lograda y ajustada, se consigna entonces en la columna No. 6 del cuadro que estamos considerando, lográndose de tal forma, por cultivo y por mes, el respectivo "coeficiente".

Una vez cumplido este procedimiento para todos los cultivos incluídos dentro de la cédula que corresponde al área bajo estudio, se confecciona una planilla general o cuadro resumen, a modo de tabla de doble entrada, correspondiente en el sentido horizontal (de abscisa) a los cultivos y, en el sentido vertical (de columna u ordenadas) a los meses del año.

Es obvio recordar que para cada cultivo, sólo se llenará, los meses que corresponda a su periodo de riego.

A modo de ejemplo se agrega adjunto el Cuadro No. 9.

3.A.4. Ajuste anual o para el periodo, de las áreas plantadas y regadas en la unidad bajo estudio.

A esta altura del proceso ya se cuenta con los cultivos presentes en el área y su requerimiento o necesidad volumétrica mensual de agua por lo que puede pensarse como próximo paso secuencial, el cálculo de las curvas de demanda.

No obstante, la experiencia muestra que se hace necesario antes de proceder al cálculo de la demanda hídrica global y por unidad de área, ajustar la correspondiente cédula de cultivos y, fundamentalmente su porcentual que adquiere así carácter más definitivo.

Esta tarea como ya se ha mencionado, parte de la Administración de riego respectiva pero, por lo común, la

**INDICES O COEFICIENTES VOLUMETRICOS MENSUALES DE RIEGO**

DISTRITO: \_\_\_\_\_ SECTOR: \_\_\_\_\_  
 SUB DISTRITO: \_\_\_\_\_ AÑO o PERIODO AGRICOLA: \_\_\_\_\_

( Unidades en  $10^3$  )

C U L T I V O S	M E S E S D E L A Ñ O												PROMEDIO ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1	8	9	4	8	6	7	8	9	10	11	12	13	14
(1)													
(2)													
(3)													
(4)													
(5)													
(6)													
(7)													
(8)													
(9)													
(10)													
(11)													
(12)													
SEÑALA													



completa o, la lleva a cabo, en su totalidad, el equipo responsable de los Planes de Cultivo y Riego.

Aún no se ha efectuado el balance de disponibilidades versus sus requerimientos, ya que no tenemos cuantificadas las demandas todavía en proyección sobre el área, pero cuanto más puede acercarse el operador, desde el principio, a lo que es el porcentual cierto de cultivos en la zona, mayor será su grado de seguridad en el momento de efectuar el balance y asumir la decisión de limitar o no, el área parcial de algunos cultivos.

Aunque este ajuste puede llevarse a cabo sobre las mismas planillas anteriores (Cuadro No. 3), algunos técnicos prefieren contar con otra planilla más de listado de las explotaciones, que caracterizan como "Final reajustada" y reemplaza a la anterior. Como ejemplo se acompaña adjunto el Cuadro No. 10 donde se puede volver a consignar, para clarificar el aspecto del periodo de riego del cultivo, el ciclo estimado en días (o en meses del ciclo).

La columna número 5 referida a porcentual, adquiere gran relevancia en oportunidad de efectuar el primer planteo de "consumo unitario" del área, cifra expresada en  $m^3/Ha.$  que confeccionada en unidad de tiempo (por periodo en forma global o por mes en forma ajustada) nos permite adelantar un primer balance de "Disponibilidad vs Demanda", según se verá seguidamente.

Dentro del diagrama orgánico, el ajuste que efectúa una unidad determinada o equipo responsable del dato definitivo (comúnmente Planes de Cultivo y Riego según se ha expresado), puede hacerse de una vez o en iteraciones sucesivas hasta lograr, al entrar en balance una buena coordinación con la disponibilidad

hídrica para el área y, lo que es importante tener en cuenta, adquirir así un sentido real traducido en una respuesta concreta de los productores, quienes modificarán y ajustarán a su vez las respectivas áreas parciales, en función de la recomendación que a tal efecto pueden llevar a cabo las entidades designadas para ese propósito: las Zonas Agrarias, las Administraciones de Riego, las Comisiones de Regantes, las Uniones de Cooperativas, el Banco Agrario mediante un plan de créditos orientados, etc.

Dentro del mecanismo computacional, esta operación se definiría entonces como una "retroalimentación" al block "Superficie cultivada y regada a considerar", en la Línea de Cultivos.

### 3.A.5. Cálculo del Requerimiento o Volumen Bruto Unitario de la Cédula

En razón de contar ya con los valores referidos al requerimiento volumétrico unitario, por mes y por cultivo, es dable efectuar un primer análisis de esta Cédula o Porcentual, logrando de este modo el consumo unitario bruto de los efectos del primer planteo o balance tentativo.

Si partimos del coeficiente o índice volumétrico mensual de riego y, cultivo por cultivo, establecemos su requerimiento en función de su porcentual proyectado sobre la unidad (proporción unitaria o tanto por uno), la sumatoria de estos consumos parciales nos lleva al requerimiento total por Ha. de cédula tipo.

Esta cifra es de indudable valor para enfrentarla a la disponibilidad hídrica y lograr así, en un primer ba





lance, analizar las posibilidades de satisfacer los requerimientos hídricos dentro del criterio estocástico que se ha asumido.

Siguiendo el armado del Cuadro No. 11, vemos que la columna 1, se refiere a los cultivos presentes en la cédula; la columna 2, a sus coeficientes o índices volumétricos de riego respectivos; este análisis conviene llevarlo a cabo mes por mes, puesto que en función de dicho lapso hemos caracterizado el recurso disponible. La columna 3, transforma el coeficiente anterior en  $m^3/Ha$ . En la columna 4 se consigna el porcentual de cada uno de los cultivos presentes, dato que se obtiene del cuadro anterior No. 10, columna quinta. En la siguiente columna del presente cuadro (quinto) se lleva el porcentual anterior a proporción unitaria y, finalmente, en la columna sexta se obtiene el consumo unitario "ponderado" según porcentual, para lo cual se multiplica el valor volumétrico de la columna 3 por la respectiva proporción consignada en la columna 5.

La sumatoria de la columna seis nos da el total del volumen unitario, considerado en este caso como:  $m^3/Ha.mes$ .

Esta cifra ya es válida para considerarla como "demanda unitaria" y enfrentarla a la "disponibilidad hídrica mensual" respectiva.

No obstante y, con el objeto de reflejar lo más posible la situación real que se plantea en el sistema, aún no se ha tenido en cuenta las pérdidas que ocasiona la distribución y el transporte del agua dentro del sector o distrito, circunstancia ésta que se engloba entonces dentro del concepto de "Eficiencia de conducción y distribución", al pie de la planilla.

Aquí también existe criterios y técnicas de estimación, ta-

les como las tablas generales por área y distancia, el nomograma de pérdidas por infiltración en canales basado en la Ecuación de E.A. Moritz, etc.

Por lo común, éste es un valor que se asume dentro de límites bastante estrechos; así por ejemplo, para áreas donde se practica los sistemas de riego superficiales por gravedad, se asume los siguientes valores en redes con cauces de conducción no revestidos:

1. Distritos con predominio de suelos sueltos.	Grandes	Efic.= 66 %
	Medianos	Efic.= 68 %
	Chicos	Efic.= 70 %
2. Distritos con predominio de suelos medianos	Grandes	Efic.= 74 %
	Medianos	Efic.= 78 %
	Chicos	Efic.= 82 %
3. Distritos con predominio de suelos compactos	Grandes	Efic.= 85 %
	Medianos	Efic.= 87 %
	Chicos	Efic.= 90 %

Como en el caso anterior, estos valores porcentuales se llevan a relación unitaria o, se expresan en  $1/XX$ .

De tal forma, si se relaciona el volumen unitario total hallado anteriormente (a nivel de parcela), con este coeficiente de eficiencia se logra un volumen bruto representativo, prácticamente "a nivel de Toma" que expresa de un modo real el requerimiento unitario de todo el área.

Este es el valor que se enfrenta con la disponibilidad hídrica.

### 3.A.6. Primer Planteo de Balance

Se ha considerado en la presente metodología, este as -





pecto adicional de un "primer planteo de balance" con el objeto de que, las autoridades responsables del manejo del recurso y, en particular, el equipo de Planes de Cultivo de Riego, obtenga una primera cifra orientadora de las posibilidades de cultivos regados para el periodo.

Es en razón de ello que se recomienda este balance tentativo, el cual es sumamente sencillo y surge por sí sólo, ya que se cuenta con los datos necesarios como para llevarlo a cabo.

Si planillamos dichos datos según se muestra en el Cuadro No. 12, se observa que:

- i) En la primera columna, se coloca los meses del año.
- ii) En la segunda columna, se anota la disponibilidad hídrica calculada según el criterio estocástico asumido, mes por mes.
- iii) En la tercera columna, se consigna el volumen bruto mensual requerido preferentemente elaborado "a nivel de Toma" para el área.
- iv) Efectuado el balance o recurriendo al enfrentamiento de ambas cifras, en la cuarta columna se consignará: el correspondiente déficit mensual si la demanda supera a la disponibilidad o el superávit o exceso si es mayor el recurso, en la quinta columna.
- v) Finalmente, en la sexta columna se establece el porcentaje de déficit o de exceso según lo que se ha obtenido.

Diligenciada esta planilla, se efectúa el análisis del caso, se caracterizan los meses o el periodo crítico y, se efectúa las recomendaciones que se estime oportunas.

El balance final, que puede efectuarse de la misma manera pero una vez confeccionadas las curvas de demanda reales para las áreas tipo, ratificará en función de ajuste estas primeras recomendaciones.

### 3.A.7. Cálculo y Graficado de las Curvas de Demanda Globales

A los efectos del planteo y resolución de las respectivas curvas de demanda hídrica en los diferentes niveles de toda la zona o el distrito bajo estudio, contamos con los siguientes elementos básicos:

- 1°) Area total de cada unidad sectorizada, en función del siguiente esquema preconizado en el país por las instituciones encargadas de reglamentar y normalizar a este respecto:
  - i) Distrito (la unidad mayor con relación a la cuenca usufructuada)
  - ii) Sub-distrito
  - iii) Sector
  - iv) Sub-sector
  - v) Unidad básica operativa, conocida también como Unidad de base a modo de Sección de riego, si es que se ha seleccionado y calculado el área de la misma en razón de operaciones anteriores o, por tratarse de Cooperativas y de sociedades agrícolas con toma propia, que accionan operativamente en forma independiente, con superficies fijas.
- 2°) Superficie global o total cultivada y regada dentro de cada una de las unidades anteriores. En las áreas ya desarrolladas, por lo común el área regada de la unidad, (un sector por ejemplo) coincide con la superficie total cultivada dentro de dicho sector. (No hay fracciones en blanco)
- 3°) La superficie parcial cultivada y regada de cada cultivo y sus porcentuales respectivos; la sumatoria de estos parciales, coincidirá con el total regado en la unidad analizada.
- 4°) Ubicación a nivel de mes, del periodo de requerimiento hídrico para cada uno de los cultivos de la cédula pre

**BALANCE DE DISPONIBILIDAD O RECURSO HIDRICO versus DEMANDA**

**CUADRO 12**

CEDULA O PORCENTUAL N° \_\_\_\_\_ PERIODO AGRICOLA: \_\_\_\_\_

DISTRITO: \_\_\_\_\_ SECTOR: \_\_\_\_\_

SUB-DISTRITO: \_\_\_\_\_ SUB-SECTOR: \_\_\_\_\_

AREA CONSIDERADA: \_\_\_\_\_

MESES	VOLUMEN DISPONIBLE (m <sup>3</sup> /mes)	VOLUMEN REQUERIDO (m <sup>3</sup> /mes)	DEFICIT (m <sup>3</sup> /mes)	EXCESO (m <sup>3</sup> /mes)	PORCIENTO D. o E. (%)	Obs.
1	2	3	4	5	6	7
ENERO (1)						
FEBRERO (2)						
MARZO (3)						
ABRIL (4)						
MAYO (5)						
JUNIO (6)						
JULIO (7)						
AGOSTO (8)						
SETIEMBRE (9)						
OCTUBRE (10)						
NOVIEMBRE (11)						
DICIEMBRE (12)						
TOTAL (13)						



sente.

Todos estos aspectos ya se han tratado y analizado en los acápites anteriores.

Aunque se conocen diversas metodologías tendientes al logro del consumo global, cuyo cálculo se define como curvas de demanda, se desarrollará sucintamente en este Instructivo uno de los procedimientos más sencillos que consiste en ir integrando y sumando mes por mes, el requerimiento global de los cultivos presentes en dicho lapso, en forma ordenada.

Cabe a esta altura del proceso, consignar que se ha considerado paralelamente dos enfoques definidos en cuanto hace al punto de partida para el cálculo de las curvas de demanda en todos los niveles:

- a) Curvas de demanda en función de área, criterio éste más corriente que establece el consumo según las unidades consideradas en el punto 3.A.7.1.
- b) Curvas de demanda en función de la infraestructura y ubicación de las tomas de entrega en la red. La Ingeniería de Riego acostumbra proyectar los consumos, al llevarlos al concepto de "caudal continuo" ( $Q_i$ ), sobre las tomas de servicio respectivas, con relación a:
  - i) Río o fuente principal de agua.
  - ii) Toma del sistema matriz o punto inicial de captación.
  - iii) Toma del canal principal de servicio, que puede coincidir o no con el anterior.
  - iv) Toma del lateral de primer orden.
  - v) Toma del lateral del segundo orden.
  - vi) Toma del lateral de tercer orden o rama secundaria si la hubiere.

En la medida en que se produzca la coincidencia de "red-unidad de área" se facilitará la correlación entre ambos criterios, ya que, por ejemplo, es usual que la toma del canal principal corresponda al distrito, la del canal de servicio puede asimismo servir a éste o a un sub-distrito, la toma del lateral de primer orden a un sector, la del lateral de segundo orden a un sub-sector y la del lateral de tercer orden a una unidad básica o sección de riego.

Cuando un área tipo - un sector por ejemplo - es servido por más de una toma de primer orden, se hace necesario normalizar previamente este aspecto, dentro del acápite "recurso hídrico disponible", fijando perfectamente los límites de cada fuente de agua.

Más aún, cuando sucede que un mismo cauce sirve a dos sectores diferentes, la proporción porcentual del recurso disponible estará dada por la respectiva proporción de las áreas regadas ponderadas, es decir, en razón de superficie cultivada e incidencia de cada cultivo en el consumo general.

A este respecto, un criterio recomendable consiste en elaborar para cada sector o unidad, el requerimiento básico unitario en función de la respectiva cédula, proyectando este consumo sobre el área en cuestión. En otras palabras, se establece el requerimiento volumétrico ponderado para cada unidad o sector según lo desarrollado en el punto 3.A.5.

De tal forma, se logra una representatividad real de cada unidad y una correlación satisfactoria entre: "toma de infraestructura y área".

En todos los casos, se establece como cálculo obligado tam-

bién el logro del requerimiento en función del área, ya que par-  
timos de datos de "superficie-cultivo" para cuantificar y pro-  
yectar los consumos.

### 3.A.7.1. Cálculo volumétrico de la Demanda global

A fin de ordenar y simplificar el desarrollo del cálculo correspondiente a la demanda global hídrica en áreas determinadas, se remite al operador a la planilla de apoyo que se muestra a través del Cuadro N° 13, la cual se diligencia a los niveles ya previamente tratados.

Aunque se emplea planillas adaptadas a modelos operacionales bajo estudio, se estima que ello no confundirá al lector.

Su procesado es el siguiente:

- i) En la columna 1, se colocan ordenadamente los cultivos que entran en el mes considerado; corrientemente, se parte de los meses de agosto o setiembre, época que coincide con el principio del periodo en la mayoría de las cuencas regadas.
- ii) En la columna 2, se coloca el valor del Coeficiente o Índice volumétrico de riego correspondiente al cultivo, para el mes considerado. (COEVOR)

De otro modo y si no se trabaja con los coeficientes volumétricos, puede colocarse el valor de la lámina bruta unitaria mensual de cultivo a nivel de parcela, extraída del procedimiento de cálculo de consumo o requerimiento mensual que se haya seleccionado (LAMBA).

- iii) En la columna 3, los valores anteriores se llevan a volumen expresado en  $m^3/Ha$  para el mes considerado, por cultivo (VOLPA).

En acápites anteriores se ha descrito el procedimiento para lograr estos valores, ya sea partiendo del coeficiente de riego o de la lámina bruta.

- iv) En la columna 4, se consigna las superficies parciales correspondientes a cada cultivo dentro de la unidad de área considerada (CULTI).

- v) En la columna 5, se coloca el producto de la col. 3 x la col. 4, es decir, se halla el volumen parcial mensual por cultivo (VOLPAR).
- vi) En la columna 6, el valor o volumen anterior se incrementa en función de la Eficiencia de conducción y distribución según se ha analizado en el punto 3.A.5.

Para el desarrollo de la curva de demanda se recomienda ~~considerar dicha eficiencia~~ Este valor bruto incrementado (VOPADI) se obtiene según hemos visto, de multiplicar el volumen parcial por la eficiencia asumida como coeficiente del tipo:  $1/0,XX$  es decir, que

$$VOPADI = VOLPAR \times \frac{1}{0.XX}$$

Vuelve a recordarse que los términos y simbología mencionados en este Instructivo y que definen los parámetros, se caracterizan por adaptarse a su aplicación en modelos de tipo computacional, ya que incluso esta metodología, la del cálculo de Curvas de Demanda hídricas ya ha sido tratada dentro de ese enfoque y se cuenta con Diagramas de Flujo operacionales adaptados a su aplicación para futuros modelos en lenguaje Fortran.

- vii) En la columna 7, se consigna el valor que debe adicionarse al volumen anterior para el caso de que se presente la exigencia de otros requerimientos adicionales, como podría serlo el denominado "Requerimiento de Lixiviación" en áreas salinizadas, etc.

En este caso, este volumen adicional, independiente del anterior, se sumará para lograr el valor de la columna siguiente. Corrientemente y en razón de el más generalizado en este aspecto es el mencionado Req. de Lixiviación, se ha denominado a esta adición: LIXI, en el lenguaje operacional.

- viii) En la columna 8, se obtiene finalmente el volumen bruto total requerido a nivel de Toma para cada uno de los cultivos o explotaciones dentro del mes considerado (VOLTA).

Como se describiera en el punto anterior,  $VOLTA = VOPADI + LIXI$ . En el caso de no contar con volúmenes adicionales,  $VOPADI = VOLTA$ .

Finalmente, la sumatoria de todos los volúmenes parciales de los cultivos, nos da el consumo mensual total bruto (VOLTAM), dato que corresponde a un punto de la Curva de Demanda, en el periodo. Se contará con tantos puntos para la curva como meses corresponden al periodo de riego.

### 3.A.7.2. Cálculo de los valores de Caudal continuo mensual me -

# DESARROLLO DE LA CURVA DE DEMANDA (I)

Cuadro N° 13

DISTRITO \_\_\_\_\_

RIO \_\_\_\_\_

SUB DISTRITO \_\_\_\_\_

CANAL \_\_\_\_\_

SECTOR \_\_\_\_\_

MES O PERIODO \_\_\_\_\_

SUB SECTOR \_\_\_\_\_

CULTIVOS	COEFIC. VOLUM. DE RIEGO m <sup>3</sup> /Ha x 10 <sup>-3</sup>	REQUER. POR MES m <sup>3</sup> /Ha.	SUPERFICIE REGADA Has.	VOLUMEN PARCIAL MES m <sup>3</sup>	INCREM. VOL. por EFIC. DIST. m <sup>3</sup>	INCREM. POR OTROS REQUER. m <sup>3</sup>	VOLUMEN REQUER. EN TOMA m <sup>3</sup>
(i,n)	COEVAR (i,n)	VOLPA (i,n)	CULTI (i,n)	VOLPAR (i,n)	VOPADI (i,n)	LIXI (i,n)	VOLTA (i,n)
1	2	3	4	5	6	7	8

$$VOLPAM = \bar{x} VOLPA$$

$$SUPRYM = \bar{x} CULTI (i,n)$$

$$VOLTAM = \bar{x} VOLTA (i,n)$$



dio requerido

A fin de satisfacer la demanda volumétrica planteada en el punto anterior, se hace necesario calcular cuál será el caudal que debe entregarse en toma, para que al cabo del lapso considerado (un mes para las curvas de demanda de punto mensual) se haya entregado el volumen consignado.

Continuando con la sencilla metodología desarrollada a través de la planilla anterior, se remite el operador a la continuación de aquélla, según se muestra en el Cuadro No. 14: "Desarrollo de la Curva de Demanda (II) "

Procediendo ordenadamente:

- i) En la columna 1, se consigna los meses del año, a fin de anotar en el renglón correspondiente, el valor mensual de cada parámetro.

En la presente planilla estos meses se presentan en orden cronológico, comenzando por Enero y numerados del 1 al 12, en razón de la aplicación que se le da a este cuadro en el modelo operacional.

De otro modo, es corriente iniciar el periodo con el mes en que comienza a "crecer" la demanda de riego (generalmente agosto o setiembre) según ya se ha mencionado en el punto anterior.

Para la graficación, es recomendable ubicar en el centro del diagrama el o los meses de mayor consumo, a fin de que la curva pueda visualizarse mejor, según se verá más adelante, al proceder a dicho paso.

- ii) En la columna 2, se anota el volumen total bruto de cada mes, obteniendo de la sumatoria de la columna 8 del cuadro anterior (VOLTAM)
- iii) En la columna 3, se coloca la cantidad de segundos que corresponde a cada mes considerado, pero dividido por 1000 a modo de factor (F). Agosto (2.678,4); Setiembre (2.592,0, etc.). Se lo designa SEGME (básicamente es  $SEGME \times 10^{-3}$ ).
- iv) En la columna 4 se consigna el resultado de dividir el valor de la col. 2 por la col. 3, obteniéndose así el caudal continuo ( $Q_i$ ) expresado en lit/seg. por la natu

raleza de los términos.

De otro modo: CAUDAM = VOLTAM % SEGME. Cuando se trata de grandes áreas y se espera valores de caudal mayores, se prescinde de dividir los segundos/mes por mil en la col. 3 y el resultado se expresa directamente en  $m^3/\text{seg}$ .

- v) Se obtiene de tal modo valores puntuales para cada mes que condicionan en consecuencia la curva de demanda expresada como caudal continuo a nivel de toma, en la unidad de área considerada.

### 3.A.7.3. Cálculo de los Valores de Dotación, o Relación: Caudal/ Superficie

Hasta este punto se ha obtenido la curva de demanda en dos unidades corrientes, volumen y caudal, las que son suficientes para el proceso operacional respectivo.

No obstante, resulta muy conveniente asimismo conocer los valores de "dotación" como se les designa comúnmente, es decir, el caudal continuo que correspondería para cada unidad hectárea, mes por mes, expresada dicha relación entonces en: lit/seg.Ha.

Cabe consignar aquí que ésta es la acepción más antigua que encuadra dentro del concepto de "coeficiente de riego", aunque a fin de evitar confusiones se seguirá designando aquí este valor como "dotación".

La importancia que tiene este valor de "dotación" radica en su aplicación en Ingeniería de riego, como base para el diseño y dimensionamiento de la red de servicio, ya que es fundamental conocer el "mes pico" de dotación (corrientemente en pleno verano para la mayoría de las zonas) a fin de diseñar con dicha capacidad los canales o, como es recomendable, aún con un

# DESARROLLO DE LA CURVA DE DEMANDA (II)

Cuadro N° 14

DISTRITO \_\_\_\_\_

RIO \_\_\_\_\_

SUB DISTRITO \_\_\_\_\_

CANAL \_\_\_\_\_

SECTOR \_\_\_\_\_

MES O PERIODO \_\_\_\_\_

SUB SECTOR \_\_\_\_\_

M E S	REQUERIMIENTO EN TOMA (m <sup>3</sup> / mes)	FACTOR TIEMPO (seg. / mes)	CAUDAL CONTINUO (lit. /seg.)	DOTACION REL : Q/Sug. (M. /seg. Ha.)
MES (1,12)	VOLTAM (1,12)	SEGME x 10 <sup>3</sup>	CAUDAM (1,12)	DOTAM (1,12)
1	2	3	4	5
ENERO (1)				
FEBRERO (2)				
MARZO (3)				
ABRIL (4)				
MAYO (5)				
JUNIO (6)				
JULIO (7)				
AGOSTO (8)				
SETIEMBRE (9)				
OCTUBRE (10)				
NOVIEMBRE (11)				
DICIEMBRE (12)				
AÑO (T)	VOLTAT	_____	CAUPAM : E CAUDAM	DOPRAM : E DOTAM



Se usa trazos o colores diferentes para evitar confusión en los parámetros analizados.

El gráfico del Cuadro No. 15 que se muestra como ejemplo, ilustra sobre el particular. De tal modo, queda definida hasta aquí, la caracterización de la DEMANDA, cumpliéndose el primer objetivo.

### 3.B.Desarrollo de la Etapa Operacional Segunda: Cuantificación de la Demanda a diferentes niveles. Diagramación y Turnado

En esta parte del proceso de entrega, manejo y control del agua que encuadra asimismo dentro del concepto amplio o general de "Operación de Riego", se establece el detalle cuantificado de la demanda para cada predio o parcela, se definen los sistemas de distribución del agua y, se calcula el turno/unidad, tiempo/hectárea y otros parámetros ya mencionados en la primera parte general.

Entrando de lleno en materia, se calcula en primer término:

#### 3.B.1. Volumen correspondiente a cada parcela o propiedad

Contando por una parte con la superficie actualizada del predio en lo que hace área cultivada y regada en el periodo y, por otra parte, con los consumos respectivos en función de mes y cultivo, puede calcularse el volumen asignado a la propiedad sobre la base del llenado de una planilla de trabajo como la que se muestra en el Cuadro N° 16.

- i) Para ello, en la primera columna se colocan los cultivos, según orden decreciente del área cultivada y regada.

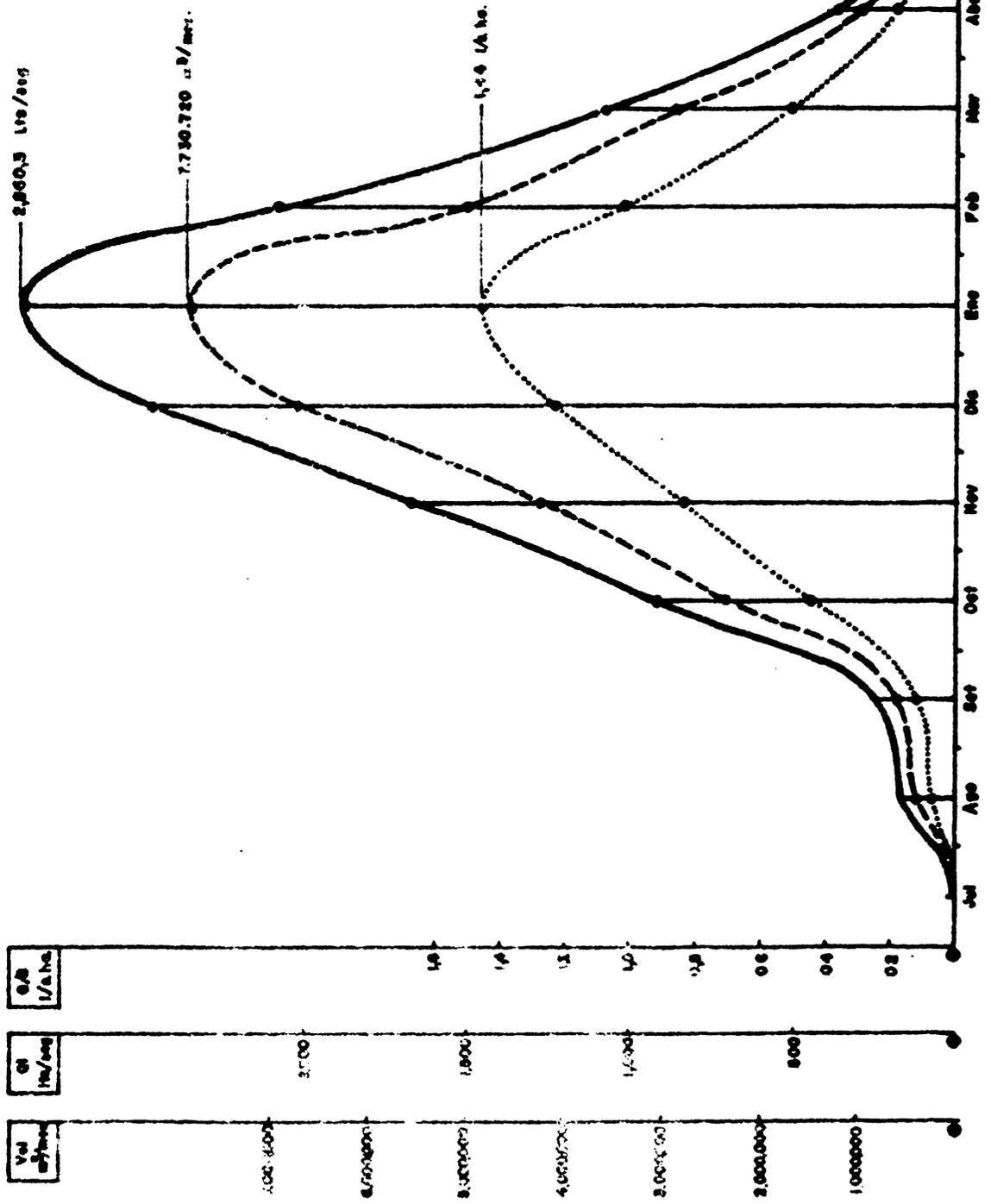
Recuérdese que un mismo cultivo puede figurar más de una vez (el maíz por ejemplo) cuando cambia su



# CURVA DE DEMANDA MULTIPLE

DISTRITO: ..... SUB DISTRITO: .....  
 SECTOR: ..... CANAL: .....

CUABRO N°: ..... **15**



### LEYENDA

- VOLUMENES MENSUALES
- - - - - CANAL CONTINUO REQUERIDO
- ..... OUTFLOW; RELACION CANAL - SUPERFICIE



fecha de siembra y, en consecuencia, varían también sus coeficientes volumétricos mensuales. (Ver punto: 3.A.1.iii.b)

Es óbvio recalcar que la sumatoria de las áreas parciales destinadas a explotación, concordará al final con la superficie del cultivo/periodo.

- ii) En la segunda columna se consigna el valor del coeficiente volumétrico mensual, según lo visto anteriormente. Dada la complejidad de la mayoría de las cédulas unitarias prediales en razón de la presencia de los "cultivos de pan llevar fluctuantes según época" esta planilla de volumen asignado debe efectuarse mes por mes, aunque ello requiera mayor detalle o trabajo.
- iii) En la tercera columna se anota el volumen unitario que resulta de multiplicar la col. 2 por 1,000. si es que estamos trabajando con coeficientes volumétricos corrientes, de expresión X,xx.
- iv) En la columna cuarta se anota la superficie parcial correspondiente a cada explotación o cultivo en el lapso considerado, según lo actualizado y ya aprobado por Planes de Cultivo y Riego.
- v) En la columna quinta finalmente, se consigna el producto de los valores de la 3a por la 4a, es decir, se cuantifica en metros cúbicos por mes, el volumen correspondiente a cada cultivo.

Al final de esta quinta columna, la sumatoria de estas cifras nos dará el volumen total correspondiente a la parcela o predio.

Con este valor base, considerado mes por mes y agrupando las propiedades según unidad básica de riego, luego sub-sector, sector, etc. hasta llegar a distrito, se puede re-elaborar las curvas de demanda de área respectivas o, lo que es lo mismo, verificar los valores o "chequear" las curvas globales confeccionadas según el procedimiento descrito en el punto 3.A.7.

Si en un distrito o área regada se logra coincidencia entre las cifras obtenidas por ambos procedimientos (el centrípeto y el centrífugo) es decir, de distrito a parcela y, de parcela a distrito respectivamente, puede decirse que se conoce a satis -

facción la demanda hídrica a todo nivel en el área bajo jurisdicción de la administración respectiva.

Hasta este punto llega por lo común el proceso de detalle o cuantificación de los requerimientos hídricos en el procedimiento de entrega por Demanda libre.

Esto es así puesto que, como se verá más adelante en la planilla de balance, al dejar establecido el volumen predial mes por mes se complementa uno de los dos aspectos básicos de dicho balance.

La satisfacción de dicha necesidad por parte del ente administrador de aguas es el otro aspecto que complementa el proceso y, dicha entrega se producirá en función de la demanda que haga conocer oportunamente el responsable del predio, a través de los formularios de predio de riego.

Esto nos está indicando que mediante la adopción de la demanda libre, el procedimiento operacional se simplifica considerablemente, siempre que dicho sistema pueda ser aplicado exitosamente. De tal forma el mecanismo de entrega se facilitará en todo sentido.

No obstante, se continúa la presente etapa o fase operacional considerando el otro procedimiento de distribución, en razón de que, allí donde se aplica la demanda libre por pedido del usuario, se ha constatado discrepancias significativas entre "volumen asignado" al predio por una parte y "volumen recibido" en el mes o predio considerado, por las dificultades que tiene el regante para pedir el agua oportunamente. Se asume por ello que al manejar el agua en forma secuenciada con turnos de recibo continuos, puede lograrse un mayor ajuste en el balan

**VOLUMEN ASIGNADO POR PARCELA, PROPIEDAD O REGANTE**

CUADRO N° 16

DISTRITO: \_\_\_\_\_  
 SECTOR: \_\_\_\_\_  
 CANAL: \_\_\_\_\_  
 LATERAL: \_\_\_\_\_

NOMBRE: \_\_\_\_\_  
 CODIGO: \_\_\_\_\_  
 Mes: \_\_\_\_\_  
 Período o  
 Año Agrícola: \_\_\_\_\_

CULTIVOS	Índice o coeficiente volumetrico mensual	Volumen Unitario (m <sup>3</sup> /Ha)	Superficie cultivada y regada (Has)	Demanda o volumen parcial asignado (m <sup>3</sup> /mes)
1	2	3	4	5
<b><u>VOLUMEN TOTAL</u> PREDIO O REGANTE</b>				<b>m<sup>3</sup>/ mes: _____</b>



ce real hídrico parcelario, al mismo tiempo que se cumple el proceso operacional en forma más completa.

### 3.B.2. Procesado para la entrega y distribución volumétrica por turnado o tandeo

El conocimiento del volumen asignado a cada parcela o propiedad, según se ha desarrollado en el punto anterior, facilita el procesado correspondiente a la entrega del agua turnada.

Los fundamentos de este procedimiento de entrega se han considerado en el acápite 1.1.2. y, en el análisis efectuado en el punto general 1.1., se ha establecido que la entrega volumétrica se lleva a cabo en función de dos variables inter-relacionadas entre sí: Caudal y Tiempo.

Cabe efectuar entonces algunas consideraciones en lo que respecta a la primera variable, el aspecto caudal.

#### 3.B.2.1. Características de los caudales de entrega y de manejo

Con relación a este factor, puede establecerse las siguientes bases de trabajo comunes:

- i) El caudal de entrega (QIENTR) que sirve a la propiedad, dependerá del gasto que entra a la "boca-toma" o, a la "compuerta", del lateral o rama que sirve a la unidad básica de riego considerada.

Ambos valores, caudal y área, se relacionan a través de la "dotación" correspondiente al mes

o periodo, es decir a la relación caudal/superficie que, como sabemos, se expresa en la curva de demanda según la unidad: lt/seg.Ha.

A título de ejemplo se muestra en el Cuadro N° 17 los diferentes valores que asume el caudal para distintas unidades básicas de riego o secciones, dentro de los límites de dotación que pueden presentarse en diferentes momentos del periodo de riego. (0,40 a 0,80).

- ii) Si como es usual, el área regada durante el periodo se mantiene prácticamente constante y se considera la ecuación:

$$Q_i \times T = L \times S$$

(Caudal por tiempo = lámina por superficie)

Se cuenta aquí con dos variables prácticamente independientes de tipo constante (lámina y superficie) y, dos variables más fluctuantes, caudal y tiempo, las que a su vez se hallan relacionadas entre sí, para producir el volumen requerido.

Una vez establecido el tiempo de riego para el área, si se adopta el criterio de mantener dicho tiempo-base en todo el sector para ordenar secuencialmente el regante en el proceso de entrega, el caudal es el único factor que queda como variable independiente.

Ello lo confiere al procedimiento la denominación de "entrega volumétrica a caudal variable y tiempo constante" que es uno de los sistemas más usados y con el que se logran resultados satisfactorios.

Se recuerda qué dificultoso sería usar el factor "Tiempo" como variable dependiente y, por ende, cambiante. A cada cambio de tiempo (o de turno) correspondería confeccionar un nuevo "rol" de distribución.

Debe entenderse no obstante, que el caudal no varía constantemente sino en ciertos intervalos de tiempo (cada semana, cada quincena, cada mes) en razón del ajuste que debe lograrse entre el requerimiento hídrico de los cultivos y la masa de agua disponible. Pero como ya el área a regar está ajustada por PCR de acuerdo a la disponibilidad hídrica, el mayor factor que incide para la variación estacionaria de los caudales es la necesidad de la planta, la cual ha sido previamente calculada o, mejor dicho, "estimada" con procedimientos ya consignados.

- iii) Las variaciones anteriores del caudal se producen dentro de ciertos márgenes, que la investigación y la experien-

VALORES DE LOS CAUDALES DE ENTREGA PARA DISTINTAS AREAS  
Y DOTACIONES DE : 0.40 - 0.60 - 0.70 y 0.80 l/seg.Ha.

CUADRO Nº 17

AREA DE LA SECCION CON- SIDERADA	Dotación según época de distribución (l/seg.Ha.)			
	0.40	0.60	0.70	0.80
	C a u d a l			
	l/s.	l/s.	l/s.	l/s.
90	36	54	63	72
100	40	60	70	80
120	48	72	84	96
140	56	84	98	112
150	60	90	105	120
160	64	96	112	128
180	72	108	126	144
200	80	120	140	160
220	88	132	154	176
250	100	150	175	200



lación  $R/T = 1$ , ya que puede darse también que se necesite dos turnos para aplicar un riego ( $R/T = 1/2$ ) y aún, cuatro turnos ( $R/T = 1/4$ ).

R = tiempo de aplicación o riego de la planta.

T = tiempo o intervalo de turno o entrega del agua al predio.

Se cuenta con varios procedimientos tendientes a la obtención del "tiempo de riego" o intervalo, los que pueden consultarse en los manuales de riego que se cita en la bibliografía. La ca si totalidad se basa en enfrentar la lámina neta (a consumir) con la evapo-transpiración del cultivo.

Sobre dicha base, puede confeccionarse una sencilla planilla como se muestra en el Cuadro N° 18, que obra a modo de guía para la determinación del intervalo y tiempo de riego.

Sumariamente, su procesado es el siguiente:

- i) En la parte superior se considera el cultivo a analizar y el área donde el mismo se explota, a los efectos de la in cidencia de los factores agro-climáticos.
- ii) En la primera columna, se coloca la cifra correspondiente a la capacidad de almacenamiento de humedad útil seleccionada de acuerdo al grupo de suelos dominante en el área bajo estudio. Este valor se expresa en la unidad mm/dm y se obtiene del agrupamiento de los suelos que se ha efectuado con anterioridad mediante su caracterización fundamental en suelos suelos sueltos (arenosos, livianos), francos (o medianos) y, pesados (arcillosos o, compactos).

El estudio y clasificación de los suelos a los fines del riego constituye un gran capítulo que ha sido considerado aparte y te ma sobre el cual se cuenta con material bibliográfico e instruc tivo de la serie.

- iii) En la segunda columna, se consigna la profundidad conside rada de mojado a los fines del riego para este tema, la bibliografía de trabajo cuenta con tablas de consulta según cultivos y tipo de suelo; no obstante, más real será la cifra asumida en esta columna cuanto más experiencias regionales y/o locales se logren a través de los Centros Regionales de Investigaciones Agrícolas, Laboratorios de Cooperativas Agrarias, unidades y equipos de trabajo de las Direcciones Generales del Ministerio de Agricultura y de ONERN, etc. Esta profundidad se registra en dm.
- iv) En la tercera columna se anota la lámina neta calculada que surge de multiplicar la columna 1 x 2. Al multipli - car mm/dm x dm, el resultado se obtiene en mm.
- v) En la columna cuarta se consigna el valor de la "lámina neta real" que surge de establecer un porcentaje del va-



# CÁLCULO PARA AJUSTE DE LÁMINA Y DETERMINACIÓN DEL INTERVALO DE RIEGO

ULTIMO : \_\_\_\_\_ CUADRO N° 18

ISTRITO : \_\_\_\_\_ SUB-SECTOR : \_\_\_\_\_ SECTOR : \_\_\_\_\_

ASADO EN EL PROCEDIMIENTO EDAFOLÓGICO, CON PARÁMETROS AJUSTADOS A CULTIVO, SUELO Y ÁREA

GRUPO DE SUELO (Cep. clase. H <sub>2</sub> O dH en mm/ha)	PROFUNDIDAD CONSIDERADA DE MOJADO (cm)	LÁMINA META CALCULADA mm.	LÁMINA META REAL (O <sub>2</sub> U de Lem. suelo)(mm.)	EVAPORACION ESTACIONAL MEDIA (mm/día)	VALOR RELATIVO COEFICIENTE k	EVAPO-TRANSPIR. SEG./EPOCA (mm/día).	INTERVALO RIEGO CALCULADO (días)	INTERVALO RIEGO AJUSTADO (días)	EFICIENCIA ASUMIDA DE APLICAC. (%)	LÁMINA BRUTA REQUERIDA (mm.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Verano Orob.-Prim. Invierno						
				Verano Orob.-Prim. Invierno						
				Verano Orob.-Prim. Invierno						



Ej: 7,4 días puede ser 7 días, si es que deseamos que la planta "trabaje" más holgadamente u, 8 días si es que el cultivo en ciertos casos puede ir un poco más allá del umbral crítico asumido.

La adopción de un intervalo que constituye el "turno-base" TTURN está influido a su vez por otros factores que, en la mayoría de los casos el operador hace intervenir en función de experiencia. En modelos operacionales se ha establecido TTURN = ITEMPO.

Un ejemplo concreto aclaratorio puede ser el siguiente: asumiendo que con el intervalo calculado se ha obtenido la cifra 7,7 días, no obstante el operador ha adoptado el tiempo-base de 8,16 días, es decir 8 días y cuatro horas. Lo ha inducido a ello, entre otros, los siguientes argumentos: asumir un turno de 8 días base; permitir la rotación del día semanal dentro del sistema de entrega turnada (8 días es una semana y un día), sumarle una fracción tal que además permita el corrimiento progresivo de la hora de turno (se corre 4 horas por turno) de modo tal que todos los regantes, a su debido tiempo y en forma progresiva secuenciada, regarán alternativamente de día, de tarde y de noche.

Esta circunstancia surgida del ejemplo se aclara más adelante al considerar los turnos por predio o regante.

- x) A los efectos de contar con el dato de "lámina bruta" que oportunamente puede verificar las láminas y volúmenes calculados anteriormente por los procedimientos empíricos ya mencionados (punto 3.A.2.), se considera y coloca en la columna 10 la eficiencia de aplicación adoptada según punto 3.A.3 (ver Cuadros N° 7 y 8).
- xi) Finalmente, en la columna 11, se obtiene la lámina bruta resultante a nivel de parcela o, lámina bruta requerida, expresada en mm. Para ello ya se ha visto que se relaciona la Lámina neta real con la Eficiencia, según la Ecuación:  $Lam. bruta = Lam. neta real \times 1/Ef.$

Se cuenta así con el intervalo de riego o lapso para turno-base y, se ratifica un valor de lámina que, repetido en el periodo, permite cuantificar el consumo y ajustar los datos de requerimiento anteriores.

### 3.B.2.3. Ordenamiento progresivo en los laterales de las superficies actualizadas bajo riego a nivel predial

Al considerar la distribución y entrega del agua en detalle preio por predio o regante por regante, se hace imperativo coordinar los dos parámetros de situación que concurren a este paso: ubicación osituación

del predio con respecto a la red de distribución o servicio y superficie actualizada, aprobada y regada para cada una de estas unidades menores.

Contamos con el apoyo de los croquis de distrito, sector y sub-sector confeccionados corrientemente a escala entre 1:5.000 a 1:20.000 (depende del tamaño de la unidad de área) y, del padrón distrital de regantes con sus superficies actualizadas por cultivo.

El detalle de la superficie aprdada y ordenada entonces puede presentarse en función de lateral de red (generalmente lateral de segundo orden) consignando el número de orden del regante en el sentido en que avanza el agua (desde el nacimiento del lateral hasta su extremo), según se van presentando las tomas de propiedad.

Una planilla resumen de este tipo se muestra en el Cuadro N° 19, aunque en la misma se ha vuelto a anotar pautas que no son del todo necesarias pero que se han incluido sin embargo porque la experiencia muestra que, al presentarse situaciones dudosas o no debidamente aclaradas (repetición de nombre de regantes, por figurar así en distintas unidades parcelarias o, por llamarse igual). En este caso, el número de padrón o código deja debidamente aclarada la cuestión. Se insiste asimismo sobre la actualización de las superficies cultivadas y regadas.

Al diligenciar una planilla de este tipo, con todas las pautas que hacen a la caracterización exhaustiva de cada propiedad, se lleva a cabo prácticamente una actualización del padrón de regantes con el agregado de que los mismos se presentan en el cuadro debidamente ordenado geográficamente en función de la red

DETALLE DE SUPERFICIE APROBADA DE CULTIVOS

DISTRITO \_\_\_\_\_  
 SUBDISTRITO \_\_\_\_\_  
 SECTOR \_\_\_\_\_  
 SUBSECTOR \_\_\_\_\_

FUENTE DE AGUA O RIO \_\_\_\_\_  
 CANAL \_\_\_\_\_  
 LATERAL DE PRIMER ORDEN \_\_\_\_\_  
 LATERAL DE SEGUNDO ORDEN \_\_\_\_\_

PERIODO, MES, AÑO: \_\_\_\_\_

Hoja Nº \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ Hojas

Nº de Orden	Nº de Padrón o Código	Usuario o Regante	Superficie de la propiedad		Detalle de Cultivos		Observac.
			Regada Has.	Total Has.	Cultivo y/o época siembra	Superf. cultivo has	



de servicio y con sus cultivos actualizados.

3.B.2.4. Cálculo del Tiempo de Riego para entrega volumétrica por turnado, a nivel de predio o regante

Con los parámetros ya establecidos y las pautas logradas según los procedimientos desarrollados, se está en condiciones de establecer el tiempo de riego real a asignar a cada unidad regada.

Para ello debemos volver a los parámetros expuestos en el punto 1.1.2 que fundamentan el sistema de distribución por turnado, desarrollando aún más estos conceptos.

Este mayor detalle enfatiza los siguientes aspectos.

a) Tiempo unitario de riego o tiempo correspondiente a la unidad de área dentro del turno (TUNIT). Su unidad de medida usual es min/Ha.

Dentro de la forma más sencilla, si imaginamos que una sección o área regada tiene un sólo cultivo con X hectáreas, al dividir el tiempo disponible de turno (TTURN) por el área regada, por ejemplo ASEC, se obtiene el tiempo unidad correspondiente en min/Ha, si es que previamente hemos convertido el tiempo de turno en minutos.

b) En el sistema de distribución no obstante entra también otra variable (usualmente no considerada en muchos distritos) que corresponde al tiempo "muerto" o tiempo de "demoras" compuesto principalmente por lo que tarda el agua en llegar de la

toma a la primera propiedad (demora inicial o TDEM1) y, las demoras parciales al producirse un cambio de rama, lateral de tercer orden, etc. (TDEM2). El total se conoce como tiempo de demoras (TDEM) y, a fin de prorratearlo entre todos los regantes de la unidad básica, se acostumbra restarlo previamente del tiempo total de turno; en modelos operacionales se lo conoce como JTEMPO.

De tal forma, el tiempo calculado disponible o tiempo neto de riego para el turno será igual a:

Tiempo total de turno base - tiempo de demoras

De otro modo:

$KTEMPO = ITEMPO - JTEMPO$  (recuérdese la simbología ya citada)

Luego, el tiempo unitario de riego, como se consignara en la ecuación incluida en el punto 1.1.2, será igual al tiempo de turno o turnado (TTURN), menos tiempo total de demoras (TDEM), dividido por el área regada (ASEC). (Ec.3)

c) el tiempo de riego para el predio, surge en consecuencia de proyectar el tiempo unitario sobre la superficie parcial correspondiente al predio. De una forma sencilla, si por ejemplo el tiempo unitario es de 75 minutos/Ha y la propiedad posee 5 Ha., el tiempo de riego será  $75 \times 5 = 375$  minutos, o 6 horas 15 minutos.

Pero la situación se hace compleja porque dentro de la propiedad, como ya se consignara, hay una <sup>sola</sup> cédula de cultivos y no una explotación, que puede ser o no numerosa y que podría incluir asimismo, un cultivo repetido en diferentes épocas de siembra.





A fin de ordenar este aspecto del problema y resolverlo secuencialmente, se desarrolla un procedimiento similar al de la planilla 16 incluida en el punto 3.B.1, pero asignando tiempo en vez de volúmenes.

Se resuelve el mismo parámetro en forma indirecta, puesto que, haciendo el caudal fijo, el volumen es dependiente del tiempo de riego.

Como elemento base para el desarrollo, se sugiere el trazado del Cuadro N° 20, cuyo procesado es el siguiente:

- i) En la primera columna se consigna los cultivos ordenados a semejanza de lo procesado en el Cuadro N° 16 anterior, ya mencionado.
- ii) En la segunda columna se coloca el consumo o volumen parcial asignado al cultivo, dentro del predio, usualmente para el mes considerado.
- iii) En la tercera columna se consigna el caudal medio de entrega que se espera en función de los cálculos previos de disponibilidad hídrica, en función del área correspondiente que sirve. Una base efectiva para este parámetro la da la dotación del mes que surge de la curva de demanda (relación caudal/superficie), ya que:

$$\text{Si } \text{DOT} = \text{Qi}/\text{SUP} ; \text{Qi} = \text{SUP} \times \text{DOT} \text{ (DOT = dotación)}$$

Para mostrar un ejemplo, si en una sección de 150 Ha. se espera una dotación de 0,65 lt/seg.Ha para el mes de noviembre, el caudal respectivo de entrega (QIENTR) será:

$$\text{Qi} = 150 \text{ (Ha)} \times 0,65 \text{ (lt/seg.Ha)} = 97,50 \text{ lt/seg. es}$$

decir, entre 95 a 100 lt/seg. (En todos los casos debe tomarse medidas enteras y admitir un rango de variación). Este gasto debe ser verificado a nivel de toma, y, ajustado.

- iv) En la cuarta columna se anota el tiempo parcial de turno calculado para el cultivo analizado, tiempo que surge de:

$$\text{Si } \text{VOL} = \text{Qi} \times \text{TIEM} \text{ luego } \text{TIEM} = \frac{\text{VOL}}{\text{Qi}} \times \text{Fc}$$

Continuando con el ejemplo, si un cultivo requiere en

su área parcial un  $V_{01} = 2.800 \text{ m}^3$ , el  $Q_i = 100 \text{ lt/seg.}$  deberá aplicarse durante:

$$\frac{2.800}{100} \times \frac{1000}{60} = 633 \text{ min.}$$

El Factor de relación  $\frac{\text{lt}}{\text{min/seg}}$  (1000) y  $\frac{\text{min}}{\text{seg}}$  (60) puede reemplazarse por la cifra 16,66.

v) Finalmente, la sumatoria de los tiempos parciales de cultivo nos integra el tiempo total para el predio en su parte regada, según cédula aprobada oportunamente por PCR, es decir, se obtiene el tiempo total por turno. (Recuérdese que PCR= Plan de Cultivo y Riego)

No obstante, efectuado este cálculo y logrado un valor para el tiempo, éste deberá ser reajustado o corregido una vez calculados todos los tiempos de las parcelas que integran una misma unidad básica, sección o sector regado, de modo tal que el tiempo que insume un riego en todos los predios, encuadre dentro del tiempo de turno disponible (KTEMPO).

Es muy importante reiterar aquí que para que ello se produzca en forma satisfactoria, el valor del caudal de entrega no se elige de modo arbitrario, sino que es la "alícuota" de la curva de demanda calculada en gasto continuo ( $Q_i$ ), proyectada sobre el área de la unidad de riego a la que sirve. El tiempo real logrado aquí, debe coordinar con el tiempo teórico calculado para cada riego en la unidad, puesto que se ha trabajado con parciales de cultivo que, en última instancia, dan sumatorias iguales para el área considerada, ya sea esta unidad de base, sector o distrito.

Este ajuste, aún variando proporcionalmente las cifras totales, no afecta la corrección del procedimiento por cuanto en todo momento se mantiene también la "alícuota" de tiempo que corresponde a cada propiedad en función de los requerimientos de su cédula particular.

Es obvio recalcar que tal situación tiende a solucionarse de por sí o lleva muy poco ajuste, a medida que la cédula es más simple y requiere menos cálculos, hasta llegar según se ha visto a la situación ideal que plantean las áreas con cultivos permanentes, donde el tiempo de riego predial ( $TRIEGO$ ) = tiempo unitario ( $TUNIT$ ) x sup de la parcela ( $SUPAR$ ).

Un factor muy corriente que incide para que las entregas reales sean menores de los volúmenes calculados, lo constituye la circunstancia de que por lo común recurso agua y, en consecuencia, el parámetro Caudal ( $Q_i$ ) actúa como factor limitante y se produce una reducción proporcional de la entrega volumétrica en la medida en que el gasto que entra por la toma, es menor que el calculado y/o esperado de acuerdo al pronóstico de masas de agua disponibles.

Ello hace que los valores surgidos de los cálculos que se

# COEFICIENTES DE ENTREGA POR CULTIVO (TIEMPO UNIDAD)

Cuadro N° 24

DISTRITO: \_\_\_\_\_

SUB DISTRITO: \_\_\_\_\_

CANAL: \_\_\_\_\_

SECTOR: \_\_\_\_\_

SECCION DE RIEGO: \_\_\_\_\_

SUB SECTOR: \_\_\_\_\_

TURNO BASE: \_\_\_\_\_

CULTIVO: \_\_\_\_\_

MES	VOLUMEN REQUERIDO POR HA. (m <sup>3</sup> )	CAUDAL CONTINUO EN TOMA (lt./seg.)	COEFICIENTE DE ENTREGA EN (min/Ha.)	OBS
1	2	3	4	5
ENERO				
FEBRERO				
MARZO				
ABRIL				
MAYO				
JUNO				
JULIO				
AGOSTO				
SETIEMBRE				
OCTUBRE				
NOVIEMBRE				
DICIEMBRE				
AÑO				



# TIEMPO DE RIEGO PARA ENTREGA VOLUMETRICA POR TURNADO

Cuadro N° 22

SECTOR \_\_\_\_\_

PREDIO \_\_\_\_\_

SUB SECTOR \_\_\_\_\_

NOMBRE \_\_\_\_\_

CANAL \_\_\_\_\_

CODIGO \_\_\_\_\_

LATERAL \_\_\_\_\_

TURNO \_\_\_\_\_

PERIODO, TRIMESTRE, MES \_\_\_\_\_ (e)

CULTIVOS	COEFICIENTE EN TIEMPO DE RIEGO PARA TURNO (min./Ha.)	SUPERFICIE CULTIVADA Y REGADA (Has.)	TIEMPO PARCIAL POR CULTIVO (min./Turno)
1	2	3	4
SUPERFICIE TOTAL CULTIVADA Y REGADA		Has.	
TIEMPO TOTAL DE RIEGO			min.
TIEMPO TOTAL DE RIEGO POR TURNO AJUSTADO			

(e) El lapso considerado depende de las fluctuaciones de la cedula de cultivos

CAUDAL MEDIO DE ENTREGA: \_\_\_\_\_ lit/seg.



Como en el caso o procedimiento anterior también aquí deberá considerarse un ajuste y correcciones con tendencia al "redondeo" de los valores hasta lograr que, manteniendo la relación de alícuotas - ya sea en función de volumen requerido o, en razón de la superficie servida - la sumatoria de los tiempos parciales "cierre" con el tiempo total de turno disponible.

### 3.B.2.5. Diagramado del riego

Con los elementos expuestos así elaborados, se está en condiciones de proceder al diagramado del riego, el cual consiste en planillar cada predio titular o regante, de acuerdo al orden establecido en la red ya consignada en el cuadro anterior N° 19, pero, en este caso, referidos a los tiempos de riego, que le corresponde a cada uno.

Como se trata de un diagramado para la entrega del agua por turno, en forma progresiva, el total de las propiedades que conforman una unidad básica o sección conforman un turnado completo, el cual debe cerrar para el tiempo base de turno establecido, incluyendo las demoras.

A su vez, como ya expresamos que el tiempo total de turno es igual al tiempo disponible de riego más el tiempo de demoras, se hace necesario consignar también en el cuadro las demoras existentes, reales y ubicadas en su situación con respecto a los factores: regantes y tiempo.

Para ello se sugiere el diagramado del Cuadro N° 23 que se muestra de ejemplo y que considera una vez cumplimentados los datos del predio:

- i) En la columna 5 el tiempo efectivo de riego asignado a la propiedad o regante, según la superfi-



**DIAGRAMA DE OPERACION DE RIEGO**

Hoja N° de \_\_\_\_\_

CANAL \_\_\_\_\_

LATERAL DE 1° ORDEN \_\_\_\_\_

LATERAL DE 2° ORDEN \_\_\_\_\_

TURNO \_\_\_\_\_

DISTRITO \_\_\_\_\_

SUB DISTRITO \_\_\_\_\_

SECTOR \_\_\_\_\_

SUB SECTOR \_\_\_\_\_

PERIODO O AÑO \_\_\_\_\_

Cuadro N° 23

ORDEN DE RIEGO N°	TITULAR O USUARIO	CODIGO PROPIEDAD N°	SUPERFICIE REGADA Has.	TIEMPO EN minutos			Lateral y/o Obs
				de riego	de demora	TOTAL minutos	
1	2	3	4	5	6	7	8



cie regada de la columna 4.

- ii) En la columna 6, el tiempo de demora calculada para el avance del agua en la red, según el planeamiento que en este aspecto se llevará a cabo en oportunidad del análisis de la red de servicio y ubicación de tomas (Ello forma parte de los estudios previos a la Operación o "Requisitos" para el riego).
- iii) En la columna 7, el tiempo total acumulado, hasta que, al procederse a la entrega del agua a la última propiedad y contabilizar la última demora, este tiempo total cerrará con el tiempo de turno respectivo; usando un ejemplo anterior, si el tiempo de turno total es de 8 días y 4 horas, el tiempo total acumulado debe cerrar a los 11.760 minutos.

Existe otros modelos de planillas o "cronogramas de Turno" en los cuales, este proceso secuenciado se presenta en función de hora calendario, día, etc.

Al respecto, cabe recomendar como planilla complementaria de la anterior, el cronograma de turnos de entrega que se muestra en el Cuadro N° 24 donde cada propiedad o regante se ubica en las columnas 5, 6 y 7, dentro del año agrícola y con respecto al mes, el día y la hora.

Ello significa que, si se inicia la confección de esta planilla, dentro de la unidad básica de riego, a partir del principio del periodo (el 1° de agosto, pongamos por caso), se cuenta con un documento en el cual se conoce con anticipación, para todo el periodo o año agrícola, el momento del riego de cada propiedad, conociendo previamente las superficies parciales de cultivos.

Esta utilísima planilla se deja de confeccionar en un gran número de distritos, en razón de lo laborioso de su confección, pero, cabe recordar que este diagramado se lleva a cabo una sola vez en el periodo y ya actúa como elemento de base para la función tiempo lo que es muy útil.

### 3.B.2.6. Planilla de Turno de riego por Propiedad o Regante

Completando el concepto anterior y, en conocimiento cada regante de su turno respectivo dentro de la unidad básica de distribución y entrega, se elabora la planilla que permite obrar a cada regante de por sí y contar con la información de trabajo.

De acuerdo al esquema que se muestra en el Cuadro N° 25, para cada mes, el regante consignará la siguiente información:

- i) Día y hora en que principia su turno (en el mes, generalmente entran de 3 a 4 turnos, de aquí que

cada mes tiem entre tres a cinco renglones a llenar).

ii) Día y hora en que termina o concluye su turno de riego.

Esta planilla es de confección común en vastas áreas regadas que se manejan por turnado, como las quinientas mil hectáreas, con seis distritos regados, de la zona de Mendoza, Argentina, para citar un ejemplo de aplicación masiva.

Una vez confeccionada por el técnico a cargo de la propiedad, regante u operario según las características del predio, esta planilla es avalada por la autoridad respectiva, ya sea el Administrador de Riego, Inspector de Cauce o Intendente de Aguas.

### 3.C. Desarrollo de la Etapa Operacional Tercera: Administración y Control de la Distribución y Entrega a nivel de Distrito

Esta parte final del proceso integrado del manejo del recurso, ha dado origen a una metodología que se caracteriza por ser sumamente variada, planteándose la diferencia, en cada caso, de acuerdo al país a que pertenece la "escuela" adoptada para el movimiento administrativo.

Asimismo, dentro de un mismo país puede suscitarse diferencias en razón del grado de adelanto tecnológico del área explotada o, del grado de implementación que posee el distrito de riego.

A fin de situarnos dentro de un nivel lógico que, por una parte, satisfaga los requisitos mínimos que hacen al proceso administrativo y, por otra parte, constituya un "modus operandi" sencillo y de aplicación real, se adoptará para este desarrollo el procedimiento de Balan-

**PLANILLA GENERAL DE TURNOS DE ENTREGA**

CRONOGRAMA

DISTRITO \_\_\_\_\_ CANAL \_\_\_\_\_  
 SUB DISTRITO \_\_\_\_\_ LATERAL DE 1er. ORDEN \_\_\_\_\_  
 SECTOR \_\_\_\_\_ LATERAL DE 2do. ORDEN \_\_\_\_\_  
 SUB SECTOR \_\_\_\_\_ TURNO \_\_\_\_\_

**Cuadro: 24**

PERIODO O AÑO \_\_\_\_\_

Orden de Riego N°	Titular o Usuario	Codigo de Propiedad N°	Superficie Regada Has.	Cronograma de Turno			Observaciones
				Mes	Dia	Hora	
1	2	3	4	5	6	7	8



TURNO DE RIEGO

DISTRITO \_\_\_\_\_

PREDIO \_\_\_\_\_

SUBDISTRITO \_\_\_\_\_

NOMBRE \_\_\_\_\_

SECTOR \_\_\_\_\_

PAORON Nº \_\_\_\_\_

SUBSECTOR \_\_\_\_\_

O CODIGO \_\_\_\_\_

TURNADO BASE \_\_\_\_\_

MES :				MES :				MES :			
PRINCIPIA		TERMINA		PRINCIPIA		TERMINA		PRINCIPIA		TERMINA	
DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA
MES :				MES :				MES :			
PRINCIPIA		TERMINA		PRINCIPIA		TERMINA		PRINCIPIA		TERMINA	
DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA
MES :				MES :				MES :			
PRINCIPIA		TERMINA		PRINCIPIA		TERMINA		PRINCIPIA		TERMINA	
DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA
MES :				MES :				MES :			
PRINCIPIA		TERMINA		PRINCIPIA		TERMINA		PRINCIPIA		TERMINA	
DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA	DIA	HORA



ce de asignación y entregas a nivel mensual, pero con partes diarios de operación.

Este sencillo método es aplicado con éxito en distritos conocidos como de "nivel avanzado o desarrollado". Al efecto puede citarse como ejemplo, entre otros, el Distrito de Riego de Lambayeque (Zona Agraria II) en el norte del Perú y el Proyecto IDEVI en Argentina.

El procedimiento presenta la ventaja de que, con contadas planillas y manteniendo el Padrón de regantes actualizado, es posible llevar un balance y estadística sumamente satisfactorios.

Desarrollado en forma sucinta, este procesado puede ordenarse dentro del siguiente esquema:

### 3.C.1. Actualización del Padrón de Regantes

Como requisito específico en lo que hace al control administrativo de cada unidad predial o regante, se requiere contar con el dato actualizado de la propiedad regada, sobre todo en lo que hace a áreas parciales cultivadas, superficie del predio bajo registro, etc.

El otro aspecto paralelo que se refiere a la superficie cultivada y regada para el periodo, ha quedado resuelto a través de los pasos mencionados con anterioridad, en especial los acápites 3.B.1. y 3.B.2.3.

A esta altura del desarrollo de este Instructivo, no se ha recomendado ningún tipo o sistema de "registro-padrón" dado que las distintas modalidades administrativas existentes, tienen más o menos definido el mecanismo de registro.

Por su sencillez y para seguir este ordenamiento, se muestra en la figura correspondiente al Cuadro N° 26 una ficha modelo de Padrón sugerida, la cual consta de siete columnas y es de aplicación corriente.

Toma como punto de partida el Número de orden en la columna primera, consignando en función ya sea del ordenamiento del registro de la cabecera de la Administración de Riego, o, mejor aún, con relación a la posición dentro del Lateral en la red.

En primer lugar se considera el lateral de 2° orden y, de faltar éste, el lateral de 1er orden. Este último criterio facilita notablemente la operación a nivel de laterales y unidas menores en general.

En la columna segunda se consigna el Número de Código catastral (corresponde a ubicación y ordenamiento "geográfico" dentro del registro).

La tercera columna se refiere al Número de toma de propiedad y facilita el ordenamiento en el proceso de entrega paulatina.

La cuarta columna queda registrada con el Nombre del usuario, regante y/o predio, según corresponda.

En la quinta y sexta columna se consigna la Superficie predial, en primer lugar total (según escritura, etc.) y en segundo lugar cultivada y regada.

Finalmente, se dispone de una columna para Observaciones.

### 3.C.2. Balance de Asignación y Entregas, a nivel mensual

Con los datos y elementos que se posee en su totalidad y que permiten establecer de inmediato un mecanismo de control progresivo, se procede a plantear el Balance de Entregas, el cual se apoyará en dos líneas de base:

- i) Volumen asignado y/o aprobado, por Plan de Riego para el periodo considerado, expresado en  $m^3$ /mes.

Este dato ya hemos visto como se obtiene. Recuértese al efecto el punto 3.B.1.

- ii) Entregas mensuales contabilizadas, que corresponde, como su nombre lo indica, al valor acumulado mensual de los volúmenes que la propiedad recibe en la toma, dentro de ese lapso.

Para cumplimentar este balance, se sugiere adoptar una planilla semejante a la que se ofrece en el Cuadro N° 27, de óptimos resultados en zonas como la ya mencionada del norte del Perú, sur de Argentina, etc.

Esta planilla de balance, corresponde que sea confeccionada para cada Usuario o regante.

Sucintamente, su implementación se lleva a cabo del modo siguiente:

- i) La primera columna corresponde al detalle de la Cédula de cultivos ya caracterizada en forma definida en los pasos anteriores. El orden prioritario lo define generalmente la superficie parcial destinada a cada explotación, comenzando de mayor a menor.
- ii) Esta área queda consignada en la segunda columna, con el total al pie.
- iii) Las columnas siguientes establecen lapsos mensuales y deben ser llenadas con el valor del volumen asignado y aprobado, preferentemente mes a mes y, más aún, cultivo por cultivo.

La unidad empleada es  $m^3$ /mes.

No obstante los volúmenes asignados pueden figurar también en una sola columna horizontal, a la altura del renglón que especifica "Total", ya que, lo que interesa en última instancia, es el total mensual asignado. El detalle por cultivo sólo ayuda a ejercer un mayor control del manejo y destino del agua.

- iv) Consignado el total de las asignaciones mensuales, se observa en el renglón inmediato inferior, lo relativo a Entregas mensuales.

Ello indica que, en este renglón y mes por mes, se contabiliza el agua entregada volumétricamente al predio.

- v) Desde este punto y, por simple enfrentamiento de asignaciones y entregas, es decir, por el procedimiento de balance, se establece los valores mensuales de "exceso (se entregó más volumen que el asignado) o de déficit".

(se entregó menos volumen que el asignado).

Para poder contabilizar los valores anteriores, debe recurrirse a los siguientes elementos auxiliares:

### 3.C.3. Movimiento y control de entregas

Todo el movimiento que corresponde al registro y control de las entregas que se van sucediendo a lo largo del periodo de riego con relación a un predio, puede contabilizarse en dos planillas de trabajo, cuya confección puede responder a los siguientes modelos:

3.C.3.1. Los Partes diarios de entrega, los cuales son llevados corrientemente por el Sectorista, con datos recibidos de él o los operadores de compuertas y tomas.

Su planteo es sencillo y un modelo de hoja de parte se muestra en el Cuadro N° 28.

Caracterizado el regante en función de las columnas primera y segunda, las tres columnas siguientes definen el "tiempo de riego" aplicado, es decir, el tiempo de entrega del caudal correspondiente al lateral que sirve a la propiedad (este caudal se había caracterizado como QIENTR). El tiempo se consigna en horas y minutos.

El valor del caudal medio mantenido durante este tiempo de entrega, queda consignado en la columna siguiente, la sexta, en unidades de lt/seg.

Finalmente, multiplicando Caudal x Tiempo, es decir, el gasto anterior, en lt/seg. por el tiempo en minutos y por el factor de tiempo (minutos a seg.), se obtiene los litros entregados en ese









riego, valor que dividido por mil, queda expresado como volumen en  $m^3$  a aplicación. Ello se anota en la columna final, la séptima.

### 3.C.3.2 Control volumétrico de las entregas

Dicho control o, más precisamente contabilidad, se lleva a cabo volcando los valores de los partes diarios de entrega, diferenciados por usuarios o regante a una planilla de control volumétrico, que puede confeccionarse según el modelo que se muestra en el Cuadro N° 29.. El mecanismo de esta planilla se opera del siguiente modo.

- i) En la primera columna, están anotados los meses del año, divididos en primera (1a) y segunda (2a) quincena.
  
- ii) Correlativamente a la diferenciación en quincenas, se observa que cada lapso mensual está provisto de dos renglones. En el superior, se anota los volúmenes que entran o se contabilizan dentro de la primera quincena, y, en el renglón inferior, los valores correspondientes a la segunda quincena. Una sola columna nos permite de este modo consignar los riegos en el día en que se ha producido.

Así, primera columna de 'Días y entregas en volumen' encabezada con los números 1 - 16 indica que:

- a) si la anotación se efectúa en el renglón superior es que el riego se cumplió el día 1 del mes.
  
- b) si en cambio la anotación queda registrada en el renglón inferior del mes, el riego se ha llevado a cabo el día 16.

Ello es así, sucesivamente, para cada columna siguiente, dentro de los días 2 y 17, 3 y 18, 4 y 19, etc. etc.

En la columna final puede totalizarse el volumen entregado en la quincena.

Sumando ambas quincenas se tiene el valor o volumen mensual entregado que se lleva a la planilla anterior N° 27 ya mencionada.

Como se comprenderá, esta sencilla contabilidad de entregas facilita notablemente el manejo del recurso y resuelve el problema de la necesidad de control volumétrico.

Para el sistema de distribución en demanda libre, este mecanismo contable resulta esencial y cumple los requisitos establecidos en la reglamentación de aguas.

#### 3.C.4. Aplicación y uso de las Ordenes de riego

Como puede deducirse, de acuerdo al sistema de distribución y entrega adoptado, la administración de un Distrito puede trabajar con o sin órdenes de riego a nivel de usuario.

En el procedimiento de entrega por demanda libre, a requerimiento del regante, la orden de riego resulta esencial para iniciar el mecanismo de entrega.

Evidentemente, ello presupone la aceptación de ciertas premisas, según se ha visto oportunamente en los puntos 1.1. y 1.1.1. Como se consignara, el agricultor "de por sí o convenientemente asesorado", debe definir con acierto el momento de efectuar el pedido correspondiente al riego que necesita.

- En un distrito moderno, no densificado y con un sistema técnico de apoyo, estos pasos secuenciales pueden ser cumplidos con solvencia en lo que hace al factor tiempo. A medida que la situación del distrito es más compleja, el mecanismo de distribución fundado en el pedido previo que se asienta a través de la orden de riego, sufre distorsiones que alteran sus reales beneficios.

Por otra parte, se ha constatado en la mayoría de los distritos, la tendencia del agricultor a retacear agua al cultivo, debido a que el pago del servicio se cumple

**CONTROL DE ENTREGAS POR VOLUMEN - Planta General**

CUADRO N° 29

DISTRITO \_\_\_\_\_ SUB DISTRITO \_\_\_\_\_ NUMERO PADRON/ORDEN \_\_\_\_\_

SECTOR \_\_\_\_\_ SUB SECTOR \_\_\_\_\_ USUARIO \_\_\_\_\_

AÑO PERIODO AGRICOLA \_\_\_\_\_ SUPERFICIE DE RIEGO \_\_\_\_\_

		Días y entregas en volumen (metros cúbicos)													QUIN.		
		1-16	2-17	3-18	4-19	5-20	6-21	7-22	8-23	9-24	10-25	11-26	12-27	13-28	14-29	15-30	QUIN.
JUL	10 20																
AGO	10 20																
SET	10 20																
OCT	10 20																
NOV	10 20																
DIC	10 20																
ENE	10 20																
FEB	10 20																
MAR	10 20																
ABR	10 20																
MAY	10 20																
JUN	10 20																



en razón volumétrica de la entrega.

Aunq<sup>ue</sup> esto aparentemente ayudaría a ahorrar agua y por lo tanto a incrementar la eficiencia del manejo del recurso, es ta última premisa es válida sólo en distritos bien provistos y donde es norma regar con exceso.

En la mayoría de las áreas regadas de la vertiente occidental andina y de la costa del Pacífico, el recurso hídrico actúa como factor limitante y, en gran parte del periodo, retar o disminuir la dotación de agua a los cultivos trae como consecuencia una disminución de la producción esperada. Las cosechas son menores.

Las órdenes de riego presentan corrientemente un formato similar que responde al modelo presentado en el Cuadro N° 20 el cual suele estar confeccionado en talonarios por triplicado: el original queda para control en la administración del distrito; el duplicado se archiva en el sector o unidad operativa y el triplicado, se le entrega al usuario.

Estas órdenes no son utilizadas en los grandes distritos donde predomina el sistema de distribución por tandeo o turnado, ya que el regante conoce con anticipación y así lo certifica su planilla predial de riegos, cuando le corresponde el agua y durante qué lapso o tiempo.

Queda por analizar en las mesas de trabajo la conveniencia o no del uso y adopción de este elemento de control de entrega en las cuencas regadas.

Se ha presentado de este modo, en forma sucinta, el proceso secuenciado de la Operación de Riego a nivel de Distrito pero en función de la relación "ente administrador del riego"

usuario".

Aunque la influencia o gravitación del sentido regional es muy grande, sobre todo en aquellos distritos regados que ya poseen "herencia o cultura hidráulica" se ha tratado no obstante de estandarizar el procedimiento, con miras a unificar la metodología en este aspecto, circunstancia ésta que de lograrse aún en menor medida, traería resultados y proyecciones beneficiosas.

En la relación "agua-suelo-planta", el primer recurso (el agua) suele actuar como variable independiente, de aquí la importancia de optimizar su manejo en la medida de lo posible.

I.I.C.A.  
Dirección Regional para la  
Zona Andina

Apartado 41185  
Lima, Perú

Orden de Riego N° \_\_\_\_\_

Distrito:

Sector \_\_\_\_\_

Sub-Sector \_\_\_\_\_

Predio:

Código N° \_\_\_\_\_

Usuario \_\_\_\_\_

Turno:

De día \_\_\_\_\_ horas

A día \_\_\_\_\_ horas

Volumen \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

Fecha \_\_\_\_\_

-----  
Canalero o Vigilante

-----  
Funcionario Responsable

Orden de Riego.— Su empleo se generaliza a nivel de Sub-Sector y se emite por triplicado (1: control administración - 2: archivo sector o distrito -3, usuario).



## BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA

- (1) BURGOS, J.J. y VIDAL, A.L. Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite. Año I N°1 Buenos Aires, Argentina (1951)
- (2) CORNEJO, ARTURO T.- El Riego en el Perú - Dirección General de Aguas - CENDRET-UNA Lima, Perú 1972
- (3) CRIDDLE, W.D. Use of Water and Irrigation Requirements Journal of Soil and Water Conservation, Vol. 8 N° 5 Sept. USA (1953)
- (4) CHANG-NAVARRO, L. y ARTURO CORNEJO T. Funciones de producción del agua de Riego de los principales cultivos de la Costa Peruana. Publicado por el Instituto para el Desarrollo de los Recursos de Agua y Tierras de la Fundación para el Desarrollo Nacional, Año II N°5 Lima-Perú (1972)
- (5) DIRECCION GENERAL DE AGUAS- Ministerio de Agricultura - "Ley General de Aguas - Dto. Ley N° 17752 y Reglamento de sus Títulos I,..X". Lima, Perú, 1972.
- (6) DIRECCION GENERAL DE AGUAS- Min. de Agricultura - Normativo para la Formulación de los Planes de Cultivo y Riego. Lima, Perú, Noviembre de 1973.
- (7) ESPINOSA VICENTE, E. Los Distritos de Riego. Comp. Edit. Continental S.A. México (1962)
- (8) GRASSI, CARLOS Estimación de los usos Consuntivos de Agua y Requerimiento de Riego con fines de Formulación y Diseño de Proyectos. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. Mérida-Venezuela, enero (1968) Lima-Perú (1972)

- (6) HAGAN, R.N. HAISE H. and EDMINSTER, T.  
Irrigation of Agricultural Land  
Amer. Soc. Agronomy, N° 11  
Serie Agronomy
- (10) ISRAELSEN, O.W. and HANSEN, V.E.  
Principios y aplicaciones del  
Riego. Edit. Reverté. S.A. 2da  
Edición, México (1965)
- (11) LINSLEY, R.K., KOHLER, M.A. and PAULHUS, J.L.  
Hydnologie for Engineers. Mc  
Graw-Hill Book and Company, Inc  
New York, USA (1958)
- (12) LINSLEY, R. K. and FRANZINI J.B.  
Water Resources Engineering  
Mc Graw, New York, USA (1964)
- (13) LUQUE, J.A.  
Aplicación del método de Blan -  
ney y Criddle Ajustado para la  
Determinación del Uso Consuntivo,  
Lámina Neta y Requerimiento  
de Riego en el País. Revista  
IDIA, N° 266, págs. 61-69.  
INTA. Buenos Aires, Argentina.  
(1969)
- (14) LUQUE, J.A.  
Necesidades de agua y bases pa  
ra la determinación del Uso  
Consuntivo en Pedro Luro. Pu  
blic. del Inst. de Edafología  
e Hidrología de la U.N.S.- N°7-  
Bahía Blanca (1965)
- (15) LUQUE, J.A.  
Agricultura Bajo Riego (Manual)  
Edit. Riagro. Buenos Aires. Ar  
gentina (1956)
- (16) LUQUE, J.A.  
Caracterización del Rio Colora  
do con fines de Riego C.E.C.I.  
R.N.A., UNS. Bol. N°1 - Bahía  
Blanca - Argentina (1967)
- (17) LUQUE, J.A.  
Uso Consuntivo en Explotacio -  
nes del Valle Bonaerense del  
Rio Colorado. Public. del  
Inst. de Edafología e Hidrolo  
gía de la U.N.S. N°8. Bahía  
Blanca-Argentina (1966)

- (18) LUQUE, J.A. Procedimiento para el Cálculo de Lámina de Riego Guía de Riego. Public. del Dpto. de Ingeniería. UNS. N°1. Bahía Blanca Argentina (1967)
- (19) LUQUE, J.A. Técnicas de Programación y Análisis de Ingeniería Ediciones Riagro. Bahía Blanca-Argentina (1969)
- (20) LUQUE, J.A. y PAOLONI, J.D. Manual de Operación de Riego Edit. Riagro. Buenos Aires-Argentina (2da. edic. 1974)
- (21) LUQUE, J.A., PAOLONI, J.D., DELL'ORO, B.J. Modelos Operacionales para Riego. Min. de Agricultura, Ganadería y Minería. Rio Negro, Argentina (1973)
- (22) LUQUE, J.A., y PAOLONI, J.D. Estudio de las Dotaciones de Riego y Demanda de Agua para el Valle Inferior del Rio Colorado. Public. Técnico CORFO-Pedro. Argentina (1969)
- (23) LUQUE, J.A., GUTIERREZ, A.U. y PAOLONI, J.D. Requerimiento de Agua y Uso Consuntivo en Explotaciones de la Provincia de Rio Negro. Public. Técn. de la Subsecretaría de Asuntos Agrarios de la Pcia. de Rio Negro. Viedma. Argentina (1970)
- (24) LUQUE, J.A. y PEINEMANN, N. Propiedades Hídricas del Suelo del Valle Bonaerense del Rio Colorado. INTA IDIA. Vol. 5 N° 2, Serie "Clima y Suelo". Buenos Aires. Argentina (1968)
- (25) MIN. DE AGRICULTURA - Zona Agraria II - Administración Técnica del Distrito de Riego, Chiclayo - Antecedentes para la distribución de las Aguas. Lambayeque, Perú. 1974
- (26) PALACIOS VELEZ, E Cuanto, Cuando y Como Regar Mem. Tec. N°195-S.R.H. México (1963)



- (27) POIREE, M. et OLLIER. El Regadio  
Edit. Técnicos Asociados S.A.  
Barcelona, España (1965)
- (28) PAOLONI, J.D. y LUQUE, J.A. Proceso secuencial de la Opera-  
ción de Riego hasta nivel de  
Parcela. VII Congr. Nac. de  
Agua, Argentina. 1975.
- (29) RICHARDS, L.A. Diagnóstico y Rehabilitación  
de Suelos Salinos y Sódicos, Ma-  
nual de Agricultura N°60, Se-  
cretaría de Agricultura y Gana-  
dería, México (1962)
- (30) ROMANELLA, CARLOS A. Dotaciones de Riego Calculadas  
para el Rio Mendoza  
Dep. Gal de Irrigación, Memo -  
ria Mendoza (1960)
- (31) SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS - DEPARTAMENTO DE AGRI-  
CULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS  
DE AMERICA  
Relación entre Suelo-Planta-  
Agua. Editora Diana. 1era Edi-  
ción-Secc. 15-Colc. Ingeniería  
de Suelos. México (1972)
- (32) SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS DE MEXICO  
Metodología para la determina-  
ción y Cálculo del Uso Consun-  
tivo del Agua  
Memorándum Técnico N°290 (1963)
- (33) SHOCKLEY, DR. Capacity of Soil to Hold Mois-  
ture  
Agricultural Engineering, Vol.  
35 N°2, feb. USA (1955)
- (34) SOIL CONSERVATION SERVICE-USDA-Irrigation, Section 15-  
Washington D.C.USA (1967)
- (35) SOIL CONSERVATION SERVICE-USDA Instructions and Criterio  
for Preparation on Irrigation  
Guides. Oregón, USDA USA  
(1957)
- (36) THORNTWAITE, C.W. The climates of Northamerica  
according to a new classifica-  
tion. The Geographical review  
(633-655) (1931)



- (36) - El agua en la agricultura.  
"Irrigación en México", 27(2)  
-19-43 Méx. (1946)  
- An approach toward a rational  
classification of climate.  
Geographical Review 28(1)-55,  
94-USA.
- (37)TOPOLANSKI, E.M. Arroz y Riego  
Int. Nac. Colonización. Monte-  
video, Uruguay (1956)
- (38)THORNE, D.W. y PETERSON, H.B. Técnica del Riego  
Comp. Edit. Continental S.A.  
México (1969)





IICA CH